

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОЭКОЛОГИИ

МОСГОРТЕОТРЕСТ



МОСКВА

Геология и город

Под редакцией

В.И. Осипова и О.П. Медведева

Москва

Московские учебники и Картолитография

1997

СОДЕРЖАНИЕ

Введение (<i>В.И.Осипов, О.П.Медведев</i>)	6
Часть I. Геологический очерк	9
Глава 1. Физико-географический очерк	11
1.1. Географическое положение столицы (<i>Э.А.Лихачева</i>)	11
1.2. Ландшафтно-геоморфологические районы (<i>Э.А.Лихачева</i>)	12
1.3. Климат (<i>Э.А.Лихачева</i>)	21
1.4. Почвы и культурный слой Москвы (<i>А.Л.Александровский</i>)	24
1.5. Гидрографическая сеть (<i>Ю.А.Насимович</i>)	27
1.6. Флора и растительность (<i>Ю.А.Насимович</i>)	34
Глава 2. Геологическое строение	38
2.1. История изучения (<i>В.И.Осипов, В.И.Макаров, Е.А.Гаврюшова</i>)	38
2.2. Кристаллический фундамент (<i>Ю.Т.Кузьменко</i>)	44
2.3. Осадочный чехол (<i>Ю.Т.Кузьменко, Е.А.Гаврюшова, О.Н.Лаврович</i>)	48
2.4. Новейшая тектоническая структура и рельеф (<i>В.И.Макаров, В.И.Бабак, И.Н.Федонкина</i>)	86
2.5. Геологические памятники Москвы (<i>Я.Г.Кац, В.В.Козлов, В.И.Макаров, А.Е.Михайлов</i>)	105
Глава 3. Подземные воды	125
3.1. Основные водоносные горизонты (<i>В.Н.Селезнев, Ю.О.Зеегофер</i>)	125
3.2. Химический состав и свойства подземных вод (<i>И.С.Пашковский, В.Н.Дубровин, В.П.Зверев, И.В.Галицкая</i>)	141
3.3. Условия формирования и разгрузки подземных вод (<i>Ю.О.Зеегофер, И.С.Пашковский, В.Н.Селезнев</i>)	152
Глава 4. Геологические процессы и явления	167
4.1. Современные движения земной коры (<i>В.И.Макаров, А.К.Певнев</i>)	167
4.2. Землетрясения в Московском регионе (<i>А.А.Никонов</i>)	173
4.3. Денудация и аккумуляция (<i>Э.А.Лихачева, С.Г.Миронюк</i>)	180

4.4. Карст и суффозия (<i>В.М.Кутепов, В.П.Хоменко, О.П.Медведев, Р.С.Зиангиров, С.И.Петренко, В.П.Зверев, Л.Г.Чертков</i>)	187
4.5. Оползни (<i>М.Н.Парецкая</i>)	196
Часть II. Геологическая среда и город	203
Глава 5. Инженерно-геологические условия	205
5.1. Роль инженерно-геологических условий в развитии города (<i>Э.А.Лихачева, Р.С.Зиангиров</i>)	205
5.2. Инженерно-геологическое районирование для наземного строительства (<i>Г.А.Голодковская, Н.И.Лебедева</i>)	208
5.3. Инженерно-геологические условия подземного строительства (<i>Ю.К.Шипулин, Р.С.Зиангиров, М.Н.Румянцева, В.М.Кутепов, О.П.Медведев</i>)	222
Глава 6. Использование подземных вод	236
6.1. Хозяйственно-питьевое водоснабжение (использование пресных вод) (<i>Ю.О.Зеэгофер, И.С.Пашковский</i>)	236
6.2. Использование подземных вод в лечебных целях (<i>В.Б.Адилов</i>)	241
6.3. Использование подземных вод для технических целей (<i>Б.В.Боревский, Г.Е.Ершов</i>)	243
6.4. Перспективы использования подземных вод для водоснабжения Москвы (<i>А.Н.Клюквин</i>)	247
Глава 7. Активизация геологических процессов и устойчивость территории	256
7.1. Виды техногенного воздействия на геологическую среду города (<i>В.И.Осипов, Р.С.Зиангиров</i>)	256
7.2. Оседание поверхности территории города (<i>Р.С.Зиангиров, С.И.Петренко</i>)	259
7.3. Подтопление (<i>И.С.Пашковский</i>)	265
7.4. Провалы (<i>В.М.Кутепов, В.П.Хоменко, О.П.Медведев, Р.С.Зиангиров, В.П.Зверев, С.И.Петренко, Л.Г.Чертков</i>)	270
7.5. Оползни (<i>М.Н.Парецкая</i>)	281
7.6. Изменение физических полей (<i>А.Д.Жигалин, Н.С.Просунцова, Г.П.Локишин</i>)	285
7.7. Инженерные мероприятия (<i>В.П.Хоменко, Е.С.Дзекцер, И.О.Тихвинский</i>)	296

Глава 8. Загрязнение геологической среды	307
8.1. Источники, виды и масштабы загрязнения геологической среды (<i>В.П.Зверев, Т.Л.Онищенко, Е.П.Труфманова</i>)	307
8.2. Загрязнение атмосферных осадков (<i>В.П.Зверев</i>)	314
8.3. Загрязнение почвенного покрова (<i>Э.К.Буренков, Л.Н.Гинзбург, О.В.Менчинская</i>)	315
8.4. Загрязнение поверхностных вод и донных осадков (<i>И.В.Галицкая, А.В.Есин, Т.Л.Онищенко</i>)	323
8.5. Загрязнение подземных вод (<i>Ю.О.Зеегофер, В.Н.Дубровин</i>)	332
8.6. Геохимическая оценка качества среды обитания (<i>Э.К.Буренков, Л.Н.Гинзбург, О.В.Менчинская</i>)	336
8.7. Мероприятия по охране геологической среды (<i>В.Е.Василенко, Н.И.Зеленцова</i>)	348
Глава 9. Мониторинг геологической среды	352
9.1. Геодинамический мониторинг (<i>В.И.Макаров, И.П.Башилов, Л.Н.Солодилов</i>)	352
9.2. Геохимический мониторинг (<i>И.В.Галицкая</i>)	364
9.3. Гидрогеологический мониторинг (<i>Ю.О.Зеегофер</i>)	368
9.4. Постоянно действующая модель гидrolитосферы города (<i>И.С.Пашковский</i>)	372
Глава 10. Геологическая среда и будущее города	376
10.1. Основные направления градостроительного развития г.Москвы (<i>Р.В.Горбанев, Б.М.Дегтярев</i>)	376
10.2. Установление режимов регулирования застройки в условиях геологического и геохимического рисков (<i>В.И.Осипов, В.М.Кутепов, И.В.Галицкая, Б.М.Дегтярев</i>)	382
10.3. Управление геологической средой и безопасностью города (<i>В.И.Осипов</i>)	395

Введение

Развитие современного мира невозможно без крупных городов. Появившись на Земле почти пять тысячелетий назад, города постепенно стали центрами развития земной цивилизации. В настоящее время урбанизация превратилась в поистине глобальный процесс, темпы и масштабы которого катастрофически растут. Если в 1830 г. в городах проживало чуть более 3% населения Земли, в 1966 г. – 34%, то в 2020 г. ожидается, что городское население составит более 57%. На общем фоне урбанизации быстрыми темпами идет рост городов-мегаполисов. По числу жителей и насыщенности инфраструктуры современные мегаполисы не имеют исторических прецедентов. Ожидается, что суммарная площадь городов в мире возрастет к 2020 г. на 2,6 млн. км² и составит около 4% от площади суши.

Гигантская концентрация людей приводит к многократному увеличению поставок в города воды, энергии и продуктов питания, что вместе с наращиванием производства и услуг обуславливает накопление на их территориях огромного количества загрязненных вод, промышленных и бытовых отходов. Все это служит причиной обострения в крупных городах социальных, экологических и экономических проблем. В этих условиях вопросы урбанизации и градостроительства приобретают совершенно иную общественную значимость – они становятся неотъемлемой частью глобальной проблемы устойчивого развития современного общества.

Все сказанное выше полностью относится к Москве. Являясь одним из крупнейших мегаполисов мира, Москва переживает в настоящее время урбанистический бум. Динамично идет увеличение территории и населения столицы. Чтобы сопоставить современные темпы роста города, следует напомнить, что первые четыре столетия со дня основания население Москвы не превышало 100 тыс. человек, а в последующие два столетия (к 1800 г.) едва достигло 225 тыс. человек. Площадь города к этому времени составляла около 20 км². Во второй половине прошлого столетия начался более интенсивный рост города, и к 1900 г. население Москвы достигло уже 1,1 млн. человек, а ее площадь 71 км². Еще более стремительными темпами разрастание города происходило в XX столетии, особенно во второй его половине: численность населения Москвы за это время увеличилась в 8 раз и составила 8,6 млн. человек, а площадь возросла до 994 км².

За всю 850-летнюю историю существования Москва никогда не меняла свои облик так быстро, как это происходит сейчас. Только за последние годы в городе закончено строительство монументального памятника на Поклонной горе в честь Победы в

Великой Отечественной войне 1941–1945 гг., восстановлено Красное крыльцо Грановитой палаты, закончена реконструкция Третьяковской галереи, сдан в эксплуатацию музей Дарвина, заканчивается восстановление Храма Христа Спасителя и реконструкция Манежной площади, полным ходом ведется реконструкция Московской кольцевой автомобильной дороги и т.д. Разработана и начала реализовываться программа освоения подземного пространства Москвы: идет строительство подземных гаражей в центре и ряде других районов столицы, подземного комплекса Москва-Сити, глубокого коллектора и т.д.

В настоящее время по степени насыщенности и разнообразию инфраструктуры Москва представляет уникальный мегаполис. На ее территории расположено более 340 тыс. предприятий, в том числе 2800 крупных промышленных объектов, 39 тыс. жилых зданий, 12 ТЭЦ, 4 ГРЭС, 53 районных и квартальных тепловых станций. Создана разветвленная транспортная сеть автобусных, троллейбусных и трамвайных линии протяженностью около 6600 км, система метрополитена общей длиной около 256 км со 150 станциями. Подземная сеть водоснабжения включает 8240 км трубопроводов и более 10 000 км линий теплоснабжения и горячего водоснабжения. Канализационные устройства состоят из коллекторов протяженностью 5920 км, 98 насосных станций и очистных сооружений. Длина газопроводной сети составляет 6080 км; к этому следует добавить сети электроснабжения, радио и телефонной связи и т.д.

Гиперконцентрация людей, товаров и услуг, разнообразная инфраструктура создают территориально сосредоточенное воздействие на геологическую среду города, вызывая в ней необратимые изменения. Возникающие в геологической среде опасные процессы приводят к деформации зданий и сооружений, ускоренному разрушению подземных коммуникации, ухудшению экологической обстановки. Городу наносится огромный материальный ущерб, увеличивается риск возникновения чрезвычайных ситуаций, возрастает социально-психологическая напряженность населения.

Современная наука, по мнению мэра Москвы Ю.М. Лужкова, является «важным градоформирующим фактором». Это в полной мере относится и к геологии. Без знания геологических условий города невозможно принятие оптимальных архитектурно-планировочных решений, осуществление инженерной защиты территории для обеспечения безопасного функционирования городской инфраструктуры, выполнение расчетов и оценки несущей способности горных пород как оснований (или вмещающей среды) городских объектов. Поэтому изучение геологического строения территории города является важным звеном всех работ, связанных с градостроительным комплексом.

Первым фундаментальным трудом, обобщившим все данные по геологическому строению территории Москвы, была монография Б.М. Данышина «Геологическое строение и полезные ископаемые Москвы и ее окрестности (природная зона)», вышедшая в 1947 г. к 800-летию юбилею города. С момента издания книги Б.М. Данышина прошло 50 лет. У нашей столицы добавилось еще пятьдесят годовых колец на многовековом жизненном стволе. В геологическом масштабе времени это мгновение, но по глубине проникновения человека в тайны геологической истории этот период подобен яркой вспышке. Трудом двух поколений геологов получен новый уникальный материал, позволяющий проникнуть в толщу пород, хранящую тайны нескольких сот миллионов лет, воспроизвести историю геологических событий задолго до того, как здесь появился огромный мегаполис. Важно, что многовековой временной срез позволяет оценить роль города на фоне бесконечной геологической истории. Это и есть одна из основных целей настоящей монографии: обобщить весь имеющийся

геологический материал по территории города и вскрыть сущность образовавшейся ассоциации – геология и город, земная твердь и бурлящий клондайк. Следует глубже понять, насколько город способен повлиять на геологическую среду и какая ожидается реакция последней на воздействие, получившее название техногенеза. Сегодня этот вопрос вышел далеко за рамки сугубо научного интереса и имеет практическое предназначение, ибо устойчивость городской техносферы и комфортность жителей города, помимо всех прочих обстоятельств, во многом зависят от состояния геологической среды и происходящих в ней процессов. Чтобы быть уверенным в будущем и строить город, который бы радовал не только нас, но и грядущие поколения, необходимо познать закономерности развития и научиться осознанно управлять создаваемой крупномасштабной природно-технической системой.

Предлагаемая монография состоит из двух основных частей. Первая часть представляет собой геологический очерк, содержащий описание геологического строения и истории геологического развития территории, которая формировалась как естественно-историческое образование безотносительно к существующему сейчас городу. Вторая часть монографии содержит описание тех изменений в геологической среде, которые возникают под воздействием города, а также некоторых инженерных решений, направленных на оптимизацию функционирования городской природно-технической системы. Таким образом, на примере Москвы обобщается уникальный опыт коэволюции человека и природной среды.

ЧАСТЬ I.
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Глава 1.

Физико-географический очерк

*Что касается до Москвы,
столярного и главного города во всем Великом княжестве,
то она весьма заслуживает того, чтобы подробнее поговорить здесь о ней
Имя свое получила она от реки Москвы, которая течет через город
в южной его части и обтекает красную стену*

А.Оларио Описание путешествия в Московию (XVII в.)

1.1. Географическое положение столицы

В 1909 г. немецкий социолог А.Гетнер дал убедительное географическое обоснование развития г.Москвы как столицы Русского государства: «При взгляде на карту сперва можно удивиться, что Москва возникла не на Волге или Оке, а на маленькой Москве-реке. Первым поводом для основания ее послужило, должно быть, безопасное положение на крутом холме; со стороны реки Кремль выглядит величественным замком, и с сего возвышения открывается широкий горизонт. Но и Москва-река ведь не малая, она годится для судоходства и не очень маленьких судов. Как раз в этом положении между главными реками у Москвы удобная связь во все стороны, в то время как положение городов на Волге и Оке является гораздо более односторонним. Москва была естественной столицей великороссии, да и для всей восточно-азиатской равнины трудно найти другое место с таким удобным положением, с такими удобными путями сообщения» (1909) ¹

Москва расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины в бассейне р.Москвы (левого притока Оки), в подзоне хвойно-широколиственных лесов со сравнительно влажным, умеренно-континентальным климатом.

Находясь в центре Московской области, Москва образует вместе с пригородной зоной (в радиусе 60—70 км от границ столицы) так называемую Московскую агломерацию — самую крупную в России и одну из крупнейших в мире. Пригородная зона представляет собой территориально-планировочную единицу. Она состоит из лесопаркового защитного пояса (ЛПЗП), выделенного в соответствии с планом реконструкции Москвы в 1935 г. в целях улучшения санитарно-гигиенического состояния и создания около города мест отдыха населения (площадь его около 180 тыс. га, из них более половины заняты лесами и лугами), и внешнего пояса, где выделяется зона городов-спутников. Пригородная зона связана с Москвой производственными, трудовыми, культурно-бытовыми и рекреационными отношениями и рассматривается как единая система расселения с точки зрения экономической, градостроительной и природоохранной политики. В состав зоны входят: Мытищинский, Балашихинский, Люберецкий, Ленинский, Одинцовский, Красногорский, Химкинский, Пушкинский, Щелковский, Ногинский, Раменский, Домодедовский, Подольский, Истринский, Солнечногорский районы, северная часть Наро-Фоминского района Московской области.

1.2. Ландшафтно-геоморфологические районы

Москва возникла и долгое время развивалась в долине р. Москвы на ее террасах, постепенно осваивая долину Яузы и водораздельное пространство между Москвой и Яузой – пологие и низкие отроги Смоленско-Московской возвышенности. В 50-е годы нынешнего столетия Москва начала подниматься на Теплостанскую возвышенность и плоские поверхности Мешеры. Таким образом, современная Москва, имея площадь более 990 км², включает в себя территории трех физико-географических (ландшафтно-геоморфологических) районов: северо-западная часть столицы расположена на низких отрогах Смоленско-Московской возвышенности (Северная водораздельная равнина), восточная часть – на Мешерской низменности, юго-западные и южные районы Москвы – на Москворецко-Окской равнине. Долины рек Москвы и Яузы на территории города являются естественными границами между физико-географическими областями, которые различаются по истории геологического развития, геологическому строению, рельефу и другим природным показателям (Лихачева, 1990). Морфометрические характеристики выделяемых ландшафтно-геоморфологических районов представлены в табл. 1.1

Таблица 1.1

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАНДШАФТНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ РАЙОНОВ

Характеристики	Районы			
	Долины р. Москвы и ее притоков	Теплостанская возвышенность	Москворец- ко-Яузское междуречье	Яузско Пехорское междуречье
Абсолютные отметки, м	120–160 115.2*	175–250	175–185	155–165
Густота расчленения, км/км ²	средн. 0.5–1.5 макс. 2.8	0.5–2.5 4.3	0–1.0 1.9	0–0.5 1.7
Глубина расчленения, м/км ²	средн. 5–15 макс. 32 10–20**	20–30 75 20–30	2.5–10 22.5 5–15	2.5–10 20.2 5–12
Крутизна склонов в градусах	средн. 3 макс. 12–20	3–6 20	1.5 12–20	1.5 3
Мощность техноген- ных отложений, м	средн. 2.0–3.0 макс. 20.0	1.0 16.0	1.0–2.0 9.2	1.0–3.0 6.0

* Урез реки до строительства канала им. Москвы

** Глубина расчленения естественного рельефа

1.2.1. Долина р. Москвы

Долина р. Москвы – главный геоморфологический и ландшафтный объект на территории столицы, во-первых, потому что она занимает большую площадь города, пересекая его с северо-запада на юго-восток, во-вторых, здесь наиболее активны экзогенные процессы, в-третьих, она, вместе с долиной р. Яузы (главного притока на территории города), разделяет три физико-географические (ландшафтно-геоморфологические) области, обеспечивая естественный переход от одного типа ландшафта к другому. И, наконец, долина р. Москвы, ее ландшафтные особенности, структура гидросети определили и архитектурно-композиционные особенности города.

Река на территории города сильно меандрирует. Долина имеет асимметричное строение — террасы развиты преимущественно на левом берегу. Достаточно четко выделяются пойма и три надпойменные аллювиальные террасы. Ширина долины достигает наибольшей величины в юго-восточной части города (12 км), здесь же наблюдается и наиболее ярко выраженная ее асимметрия. Самая древняя и наибольшая по площади — третья надпойменная терраса — *Ходынская*; площади, занятые второй надпойменной — *Мневниковской* террасой, и особенно, первой надпойменной — *Серебряноборской*, значительно меньше.¹ Пойма р.Москвы тянется практически сплошной полосой вдоль реки (рис. 1.1).

Третья надпойменная (боровая) терраса выражена в рельефе наиболее четко. Это равнинное пространство с незначительными колебаниями высот. Относительная ее высота 30–35 м (абсолютная 135–160 м). Поверхность имеет небольшой уклон 1.5–3° в сторону реки. У бровки высота террасы нередко снижается до 25 м. От более низких террас она отделена, как правило, пологим уступом. На третьей (III) надпойменной террасе расположены Ходынское поле (отсюда и ее название), Покровское-Стрешнево, лесопарк «Сокольники», большая часть старого города (Белого и Земляного), Заяузье, Кузьминки. Улицы Тверская и Ленинградский проспект проходят практически по тыловому шву III надпойменной террасы. Ходынская терраса была сильно расчленена эрозионной сетью. В припойменных участках, в которых отсутствуют или слабо выражены низкие террасы, III терраса крутыми уступами высотой 25–30 м спускается к реке. Так в районе Боровицкой и Краснохолмской излучин терраса пересекается реками Пресней, Неглинной, Яузой и их многочисленными притоками, а также ручьями Сивкой и Черторыем. Именно здесь на живописных суходолах высокой III террасы, покрытых бором, возникла Москва и легенда о ее «семи холмах». Главные «холмы» столицы — это фрагменты III надпойменной террасы: Боровицкий образован врезом р.Неглинной; Красный (он же Швивая или Вшивая горка) — при слиянии рек Яузы и Москвы; «Три горы» — образован врезом р.Пресни; Введенские горы (Лефортово) — сильно изрезанный мелкой овражной сетью склон III надпойменной террасы на левом берегу р.Яузы; Церковная горка — участок III надпойменной террасы на правом берегу р.Яузы между речками Копытовкой и Горячкой.

Вторая (II) надпойменная терраса имеет высоту 12–18 м у бровки и 20–22 м у тылового шва (абсолютные отметки 130–140 м). Она хорошо выражена в рельефе, и ее фрагменты отмечаются по всей длине реки в черте города. Поверхность ее ровная, с небольшим уклоном в 1.5°. К первой террасе спускается пологим уступом. На второй террасе находится с. Нижние Мневники (здесь она наиболее четко выражена в рельефе); расположены Фили, Замоскворечье (ул.Шаболовка, Мытная, Люсиновская), Нагатино, Марьино. На бровке II надпойменной террасы построен Новодевичий монастырь. Шмитовский проезд проходит сразу по трем фрагментам II надпойменной террасы, разделенной на «холмы» ручьями Ермаковским и Студенцом.

Первая (I) надпойменная терраса в черте города встречается лишь отдельными фрагментами: в Серебряноборской и Мневниковской излучинах, в Замоскворечье (ул. Новокузнецкая, м. Полянка) Относительная высота террасы 8–10 м (абсолютные отметки 126–130 м)

Пойма р.Москвы сплошной полосой тянется вдоль реки. Большие участки поймы находятся в районах Тушина, Крылатского, Нижних Мневников, Лужников, Тек-

¹ Впервые собственные имена террасам были даны в 1932 г. ГФ Мирчинком в «Путеводителе по наиболее типичным разрезам четвертичных отложений Москвы»

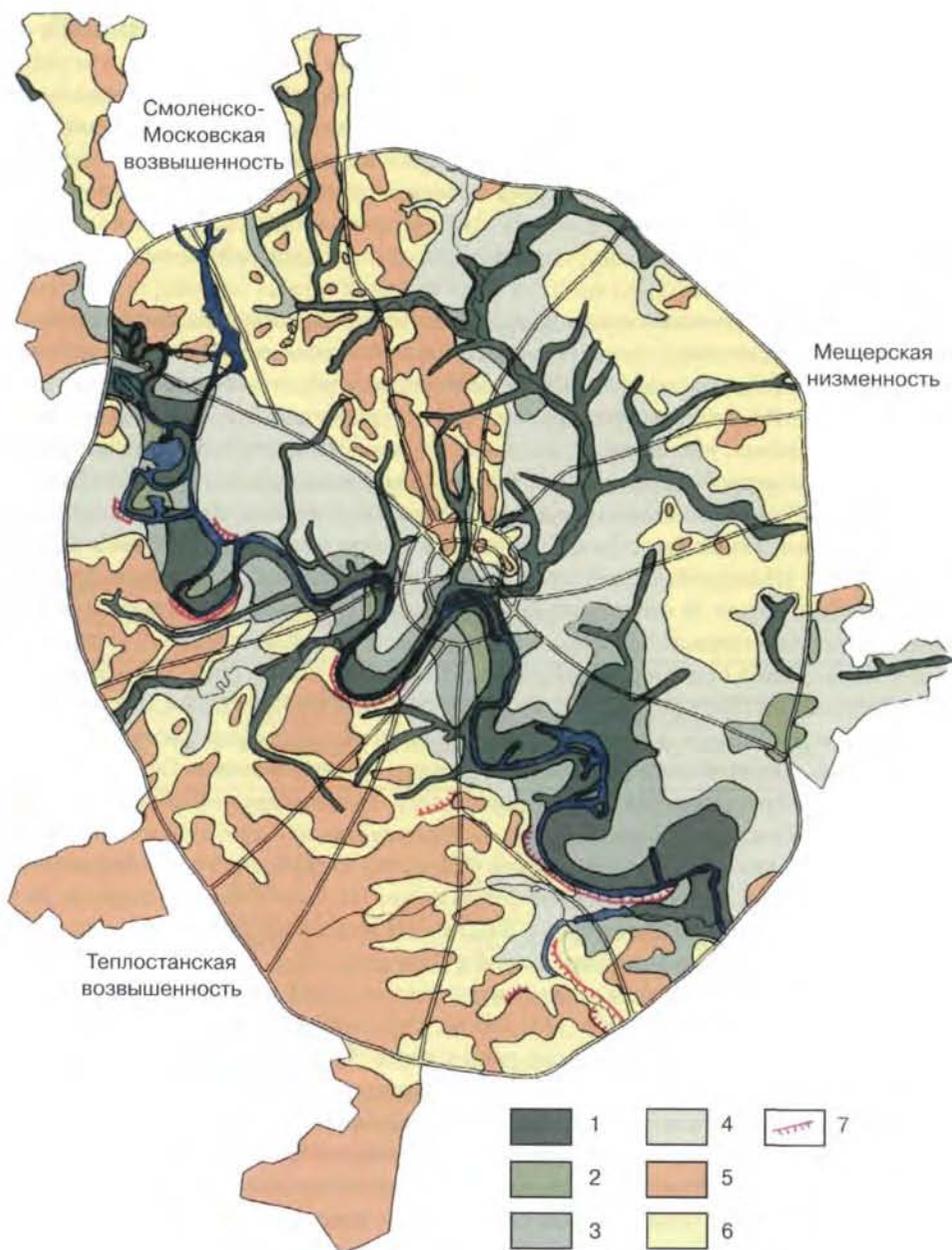


Рис 1 1 Геоморфологическая схема Москвы 1 – пойма, 2-4 – террасы 2 – первая надпойменная, 3 – вторая надпойменная 4 – третья надпойменная, 5 – моренная равнина, 6 – флювиогляциальная равнина, 7 – оползневые склоны

стильщиков, Марьина, Братеева. Понятие поймы в настоящее время утратило прежнее значение, т.к. русло ограничено набережными, пойма частично затоплена, а на большей части подсыпана. Относительная высота поймы составляла 4 м над урезом реки. Она регулярно затоплялась во время весенних половодий. Заливные луга с большим количеством озеровидных понижений и стариц, наряду с «холмами» и «чертовыми» (оврагами), составляли неотъемлемую часть древнемосковского ландшафта. В черте города на пойме были озера Батюнинское (узкое, извилистое, длиной почти 2 км), Большое Кривое, Долгое, Емельяново, Истружино, Карташиха, Кривая Баба, Кривое, Кругленькое, Лужи, Лягушатник, Малое Новинское, Ногтево, Радино, Черное и другие, а также обширные болота – Балчуг (что означает «грязь»), Кочки, Сукино, Чагинское и другие. Некоторые озера и болота уцелели на Мневниковской пойме и по обоим берегам р. Москвы у Коломенского.

По пойме вдоль р.Москвы по ее старицам когда-то протекали исчезнувшие теперь ручьи (например, Вавилон, протекавший в Лужнецкой излучине вдоль Комсомольского проспекта, и ручей у Камушков, справа впадавший в Ермаковский ручей). Такую же природу имел левый нижний приток р.Фильки. Старица на Великом лугу (напротив Кремля) была использована для прокладки водоотводного канала; старица в Крылатском – для постройки гребного канала. Наиболее значительные подсыпки поймы были проведены на территориях Болотной площади, Лужников. Таким образом, пойма существует как историко-геологическое образование. Абсолютные отметки поймы местами подняты до уровня первой надпойменной террасы, однако, относительные превышения над урезом реки остались практически прежними, т.к. благодаря сооружению канала Москва-Волга был поднят уровень воды в реке.

В целом долинный рельеф претерпел существенные изменения: значительно снижена густота расчленения за счет засыпки оврагов и мелких ручьев; спланированы прибрежные перегибы (остались преимущественно те, что создавали «взгорья», «горки»); изменена конфигурация береговой линии, глубина и ширина русла Москвы и Яузы; интенсивность русловых процессов регулируется плотинами и землечерпательными работами; изменены абсолютные отметки и относительные превышения террасовых и пойменных поверхностей за счет площадных подсыпок.

Москва возникла в долине р.Москвы, поэтому речная сеть здесь подверглась максимальному уничтожению или трансформации. Речки московского центра первыми потекли в подземных коллекторах (Неглинная, Черторый, Пресня, Рачка, Черногрязка, Чечера и другие). Некоторые небольшие речки были полностью уничтожены, а их долины засыпаны (например р.Хапиловка, впадавшая в Яузу справа вблизи ее устья).

Вдоль р.Москвы сосредоточены разнообразные в той или иной степени природные территории: на правом берегу – Строгинский залив со Строгинским полуостровом, Большое Строгинское озеро с Чистым озером и Шукинским полуостровом, Троице-Лыковский берег, Крылатский берег с Большой и Малой Гнилушами, Крылатская пойма и Крылатские холмы, Филя-Кунцевский лесопарк, Воробьевы горы, Нескучный сад, Коломенское, Братеевская пойма (низовье Городни); по левому берегу – низовье р.Химки, Соболев овраг, Серебряный Бор, Карамышевская набережная, Мневниковская пойма, Нагагинская пойма, Люблинские поля фильтрации (место гнездования ряда редких для города птиц). На некотором удалении от р.Москвы, но тоже в пределах ее долины, расположены такие природные территории как Серебряноборское лесничество (на правом берегу), Покровско-Стрешнево и Кузьминки (на левом берегу). В долину р.Яузы спускаются части Главного ботанического сада и Лосиногостовского острова, здесь же находятся Сокольники.

1.2.2 Смоленско-Московская возвышенность

К району Смоленско-Московской возвышенности относятся западные и северо-западные участки Москвы (Москворецко-Яузское междуречье) (рис.1.1). Это ее низкие южные отроги в междуречье рр. Москвы, Клязьмы и Яузы представляют собой аккумулятивно-эрозионную равнину, где на фоне плоских участков, сложенных флювиогляциальными отложениями, выделяются пологие моренные холмы. Для этой части Москвы характерны сглаженные формы рельефа с нечетко выраженными водоразделами малых рек, с абсолютными отметками 170–190 м и относительными превышениями над плоскими западинами 5–10 м, которые ранее были заболочены. Из этих болот брали начало левые притоки р.Москвы: рр.Ходынка, Пресня, Неглинная и правые притоки р.Яузы: рр.Каменка, Горячка, Копытовка и другие. Местность богата кирпичными глинами, здесь было множество кирпичных заводов, с существованием которых и связаны первые значительные изменения рельефа (карьеры, ямы, которые впоследствии были либо засыпаны, либо превращены в пруды).

В рельефе водораздельной поверхности четко прослеживаются главные фрагменты, составляющие своеобразие ландшафта севера столицы: междуречье Лихоборки и Чермянки с абсолютными высотами до 185 м – Бескудниково; междуречье Яузы и Чермянки – Медведково; междуречье Химки и Лихоборки – Химки-Ховрино; междуречье Химки и Сходни с абсолютными отметками 170 м – Тушино; междуречье Лихоборки и Жабенки – *Лихоборские бугры*; междуречье Баньки, Сходни и Москвы – Новобратцево (древнемосковское урочище *Всходня*); междуречье Пресни и Неглинной – по нему проходят улицы Бутырская, Новослободская, Чехова, его южное окончание названо *Страстной (Тверской) горкой*; междуречье Неглинной и ее притока Напрудной известно как *Напрудный (Сущевский) холм*; междуречье Неглинной и Яузы – по нему проходит начало проспекта Мира от Сухаревской пл. – *Сухаревский (Сретенский) холм*.

Рек, текущих по поверхности, осталось крайне мало – Лихоборка, Чермянка, Каменка, Химка, Сходня да ряд небольших речек на самых окраинах города, еще от нескольких уцелели короткие фрагменты (Ольшанка, Жабенка, Чернушка). Речные долины легко прослеживаются в современном урбанизированном рельефе, хотя они не так глубоки и живописны, как на Теплостанской возвышенности. Исключением является живописная долина Сходни в районе усадьбы Братцево и в районе Тушинской Чаши (так называется ограниченный с трех сторон холмами участок долины Сходни). Высокий левый берег р.Химки в Покровско-Стрешневке называют Елизаветинскими горами (по бывшей усадьбе Елизаветино).

Междуречье Москвы и Яузы – это давно освоенная территория. Здесь сначала строились усадьбы, а затем началось интенсивное освоение (в конце XVIII – начале XIX вв.), связанное с постройкой железных дорог и кольцевой железной дороги в том числе.

Усадебные постройки в этой местности были расположены вблизи больших по площади прудов, которые создавались либо в днищах долин небольших речек (запруда), либо в искусственных котлованах (рытые пруды): Алтуфьево у пруда на Самотеке, Михалково на Головинских прудах, Останкино у Останкинского пруда на р.Горячке, Петровско-Разумовское вблизи Большого Садового пруда и др.. Сначала выбиралось место около небольшой речки, а потом строилась усадьба и создавались пруд или несколько прудов, как правило, больших и довольно причудливой формы. Имеются и каскады прудов: на одном из истоков алтуфьевской Самотеки, на Дегунин-

ском ручье, на рр Каменке, Чернушке, Студенце (притоке р Москвы), на Фермском, Путяевском и Оленьем ручьях

Структурные особенности территории определили рисунок гидросети Москвы. Отличие гидросети этой части города – это преимущественно течение основных левых притоков р Москвы на юг. Так текут Сходня, Химка, Ходынка, Ермаковский ручей, Студенец, Черторый, Неглинная, Сорочка, Рачка и отчасти Яуза. Эта закономерность распространяется и на некоторые относительно крупные притоки второго порядка – Братовку, Таракановку, Кабанку, Напрудную, Чермянку, верховья Лихоборки (Бусинку). Так текут также левые притоки Лихоборки – Коровий Вражек, Спирков Вражек. Правые притоки Яузы в большинстве своем текут на восток, однако, сама Яуза, правда с отклонениями, но на юг.

1.2.3. Мещерская низменность

Восточная часть Москвы расположена на Мещерской озерно-ледниковой низменной равнине (рис 1.1). Здесь господствуют плоские поверхности с неглубокими и широкими флювиогляциальными ложбинами, освоенными современной гидрографической сетью. Москва расположена в той части Мещеры, которая называется Подмосковной равниной. Она представляет собой плоское водораздельное пространство Клязьмы и Москвы к востоку от Яузы, включающее ее левобережье и бассейн Пехорки. Пологая равнина с общим уклоном на юго-восток (с отдельными небольшими поднятиями) характеризуется относительно большой мощностью четвертичных водно-ледниковых и аллювиальных отложений и неглубоким залеганием глин и известняков карбона. Средние высоты около 100 м. В городе Москве и ЛПЗП абсолютные отметки несколько выше, но не превышают 140–160 м, относительное превышение над урезом р Москвы – 20–40 м. Для этой территории характерны песчаные дерново-подзолистые и болотно-подзолистые почвы с массивами торфяных болот.

Вся местность по левому борту Яузы (включая и долинный комплекс) носит название Заязулье, для которой характерна минимальная в городе густота изначальной и сохранившейся гидросети. Речные долины здесь не всегда четко выражены, не глубоки и с трудом прослеживаются в рельефе после застройки. Старинных усадеб, приуроченных к живописному рельефу, здесь практически нет. Каскадов прудов на этой территории мало: на Ичке, Серебрянке в Измайловском тесу, Черном ручье в Терлецком лесопарке, Кусковском ручье, Пономарке в Кузьминках. Да и представлены пруды не столько запрудами, сколько копанями. Форма таких прудов обусловлена, в первую очередь, не изначальным рельефом, а пожеланием прежних владельцев. Исключением из этого правила, возможно, являются пруды на р Серебрянке, р Пономарке в Кузьминках и Люблине.

В Мещерской части города сохранились большие по площади городские леса и лесопарки (Лосиный Остров, Измайловский лес, Кусковский лесопарк). Отчасти это может быть связано с плоскостью рельефа, слабой дренированностью местности, вследствие чего многие участки были заболоченными, сырыми. Леса Лосиного Острова, Измайлова и Соколиной горы, как и Сокольников, кроме того, были царскими охотничьими угодьями.

В городских лесах сохранилась изначальная речная сеть, обширные низинные болота (вдоль Ички, Серебрянки), последние в Москве фрагменты верховых и переходных болот (в Лосином Острове), а также озера ледникового происхождения (в

Кузьминках). Здесь имеется ряд маленьких чистых речек, бассейн которых полностью залесен (Лось, Харигозинский ручей, сток с Красного пруда, верховья Ички). Для этих речек характерен естественный режим. Летом они почти до самого устья пересыхают, а весной широко разливаются. Некоторые лесные речки загрязнены, но и они весной широко разливаются. Весенний разлив Серебрянки можно наблюдать каждый год из окна поезда метро между станциями Измайловский парк и Измайловская.

В современные границы города входит и Косино, где расположены три уникальных озера ледникового происхождения: Белое, Святое и Черное, каждое из которых имеет особый облик¹. Белое озеро — самое большое, имеет грушевидную форму; наибольшая глубина — 13,5 м, средняя — 4,5 м, мощность озерных отложений — более 10 м. Несмотря на близость поселка, охватывающего озеро почти со всех сторон, в нем пока еще водятся лини, окуни, караси, и рыбная ловля идет летом и зимой. Когда-то озеро служило рыбным садком для московских торговцев-охотнорядцев: сюда пускали на откорм стерлядей, судаков, лещей и других рыб.

Второе озеро — Святое сильно заболочено, торфяное болото с сосной окружает его кольцом шириной 150–200 м. Площадь озера — всего 0,08 км², глубина до недавнего времени составляла 3 м. В последнее время озеро обмелело после осушительных работ в прилегающей местности.

Третье озеро — Черное соединено заболоченной протокой с Белым. Оно лежит в вытянутой низине, через него протекает Косинский ручей (левый приток Пономарки). Площадь Черного озера 0,24 км², глубина — менее 3 м, мощность озерных отложений — до 15 м, берега заболоченные.

Косинским озерам «посчастливилось», их изучением занималась расположенная на берегу Белого озера Косинская биологическая станция. Она была организована в 1908 г. профессором Г.А.Кожевниковым для проведения практики со студентами Московского университета, несколько раз меняла хозяев и название и просуществовала до 1940 г. В ее Трудах в 1930 г. опубликовано «Исследование водной и прибрежно-водной растительности Косинских озер» Т.Менкель-Шаповои. В Святом озере и по его берегам зафиксировано 53 вида сосудистых растений, в Белом — 88, в Черном — 123. Эти цифры отражают разницу качества воды этих озер.

Вода в Святом озере наименее минерализована, не имеет связи с грунтовыми водами. Здесь смог прижиться мох сфагнум (белый мох, торфяной мох), не выдерживающий растворенной в воде извести и подкисляющей воду. По краям озера возникло типичное верховое болото с относительно малым числом видов растений, приспособившихся к сфагнуму. Среди них — растения из семейства вересковых (вереск, багульник, болотный мирт, подбел, голубика), а также шейхцерия, очеретник, пальчатокоренник пятнистый. Некоторые из перечисленных видов могли сохраниться здесь до настоящего времени. На других Косинских озерах этих растений не было и нет. Почти все эти виды давно отсутствуют и на всей остальной территории Москвы.

Вода в Черном озере наиболее минерализована, имеет связь с грунтовыми водами. Озеро окружено типичным низинным болотом с ивами, рогозом, лесным камышом. Здесь также отмечены раковые шейки (горец змеиный), белозор, телорез, осоки желтая, пузырчатая, дернистая и другие, которые отсутствуют на соседних озерах.

Белое озеро по характеру растительности промежуточно между Святым и Черным, но более сходно с Черным, впрочем, оно наименее заболоченное. Здесь отмече-

¹ Менкель-Шапова Т. Исследование водной и прибрежно-водной растительности Косинских озер // Тр Косинской биол. станции МОИП Вып. 11 М. Главнаука, 1930 С. 5–37

ны айр, тростник, камыши озерный и расходящийся, которых не было на соседних озерах. Все это типично озерные виды.

1.2.4. Теплостанская возвышенность

Теплостанская возвышенность (рис.1.1) относится к Москворецко-Окской пологоувалистой равнине, рельеф и геологическое строение которой во многом определяются особенностями развития московской стадии ледникового покрова, точнее краевой южной части ледника. Овраги и балки здесь почти всегда имеют длинные и пологие приовражные, прибалочные и придолинные склоны, что свидетельствует о длительном процессе их формирования.

Москва расположена на сильно расчлененном овражно-балочной сетью и имеющем наиболее высокие абсолютные отметки участке Москворецко-Окской равнины, который носит название Теплостанской возвышенности, а точнее Теплостанской останцовой эрозионной возвышенности. Поверхность возвышенности имеет ступенчатый характер. Нижние ступени перекрыты флювиогляциальными и озерноледниковыми отложениями, с отдельными линзами морены в разрезе и представляющей собой флювиогляциальную равнину, высокие ступени – мореной московского и днепровского (донского) ледников. Мощность четвертичных отложений 10–20 м, максимальная – не более 30 м. Ступени-холмы от реки Москвы поднимаются к Теплому Стану (с максимальной отметкой 255.2 м). Абсолютные отметки ступеней – 175–180, 190–200, 210–230 м. Теплостанская возвышенность расчленена глубокими эрозионными долинами, балками и оврагами, на склонах которых нередко имеются оплывины и оползни мелкого заложения. Здесь наблюдаются наибольшие для территории Москвы показатели глубины (20–30, макс. 75 м/км²) и густоты (до 3 км/км²) расчленения рельефа (табл.1.1). Особенно сильно изрезан склон восточной экспозиции – бассейн р.Городни и ее притоков. Тем не менее, Теплостанская возвышенность, в целом, характеризуется мягкими формами рельефа. В левосторонних (северо-восточных) излучинах р.Москвы, где к Теплостанской возвышенности примыкают аллювиальные террасовые уровни (ступени), наблюдается постепенный переход от долины к водоразделу. В правосторонних (юго-западных) излучинах, где лишь отдельными фрагментами сохранились высокие террасы, река врезается в коренной берег, образуя крутые оползневые склоны Фили-Кунцевского лесопарка, Воробьевых гор, Коломенского.

Все три ступени имеют довольно большие пологие и слабо расчлененные поверхности. Первая, нижняя ступень – наибольшая по площади, представлена между речьем Сетуни и Москвы с крутыми береговыми откосами, именуемыми Татаровскими высотами; между речьем Москвы, Чуры и Раменки, где расположен Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, с крутым береговым откосом – Воробьевыми горами; восточным отрогом Теплостанской возвышенности, разделенным рекой Городней и ее притоками на «холмы», на которых расположены Орехово-Борисово, Сабурово, Бирюлево, Коломенское. Этот восточный отрог также круто обрывается к Москве-реке Коломенским склоном. На холмах средней ступени находятся: станция метро «Проспект Вернадского» и ул.Новаторов, станции метро «Каховская», «Варшавская», «Коломенская». На высокой ступени располагаются Теплый стан, Ясенево, Беляево-Богородское, Профсоюзная улица (от Московской кольцевой автомобильной дороги до ул.Обручева).

Для Теплостанской возвышенности, занимающей все московское правобережье города, характерна максимальная густота изначальной речной и овражно-балочной сети и максимальная для Москвы глубина речных долин. На этой территории наилучшим образом сохранилась первоначальная овражно-балочная и речная сеть.

Одна из важнейших особенностей Теплостанской возвышенности — это преимущественное течение большинства крупных рек на восток с некоторым отклонением к северу. Так текут здесь важнейшие притоки р. Москвы: Филька, Сетунь, Чура, Котловка, Растань, Жужа, Городня и некоторые притоки второго порядка: Кровянка, Коршуниха, Котляковка, Чертановка и ее важнейшие притоки, Шмелевка.

Многие из теплостанских речек очень близко подходят к р. Москве, а потом удаляются от нее и впадают либо в следующую московскую излучину (Филька, Городня), либо в приток реки Москвы (Кровянка, Чертановка).

Верховья основных теплостанских речек тоже расположены определенным образом: вблизи самой высокой точки Теплостанской возвышенности (у метро Теплый Стан) берут начало сразу четыре относительно крупные речки: Очаковка, Чертановка, Битца и Сосенка (вне города, приток Десны). Довольно близко от этой точки начинаются Самородинка, Городня, три значительных притока Чертановки, Сетунька и Сетунь. От этой центральной точки возвышенности речки сначала текут во все стороны. Те из них, направление течения которых не соответствует восточному (Сосенка, Сетунь, Очаковка), вскоре начинают поворачивать к востоку, описывая дугу вокруг центрального холма. Еще несколько довольно крупных речек: Раменка, Рогачевка, Котловка, Чура и Кровянка начинается на водораздельной линии, идущей от наивысшей точки возвышенности к Воробьевым горам.

Ряд особенностей свойственен маленьким ручейкам на оползневом склоне Теплостанской возвышенности вблизи р. Москвы (в Фили-Кунцевском лесопарке на Воробьевых горах, у подножия Дьяковского холма). Эти ручейки берут начало от ключей и часто текут в оползневых западинах параллельно р. Москве (по ее течению или против него), а потом, прорвав длинный оползневой бугор, резко поворачивают к р. Москве. Особенности течения таких ручейков легко объясняются спецификой оползневого рельефа.

Пейзаж Теплостанской возвышенности очень живописен, к сожалению, эта территория в настоящее время интенсивно осваивается. В долинах рек Чертановки, Городни сохранились участки лиственных лесов, наибольшим из которых является Битцевский лес. На речках созданы каскады длинных и сравнительно узких прудов (на Сетуньке, Навершке, Раменке, Очаковке, Самородинке, Городне, Язвенке, Битце, на правом притоке Котловки и правом притоке Чертановке в Узком), пруды имеются и на других реках. В живописных местах вдоль рек возводились усадьбы, рядом возникали вытянутые вдоль речек приусадебные парки. Эти участки не застраивались и со временем превращались в парки общего пользования: Таковы склоны Троице-Лыкова, Фили-Кунцевского лесопарка, Воробьевых гор, Коломенского, а также Узкое на р. Чертановке, Знаменские Садки на р. Битце, Царицыно на реках Язвенке, Городне и Черепишке. В начале века, когда здесь не было городской застройки, эта местность была весьма живописной, южный склон Теплостанской возвышенности был покрыт лиственным лесом. Ныне здесь строится новый район Москвы — Бутово.

1.3. Климат

Московская агломерация расположена в поясе умеренно континентального климата со следующими среднегодовыми показателями: температура — 3–3.5°, осадки — 500–650 мм, годовая амплитуда температур — 28°, число дней со среднесуточной температурой выше 0° — 210–214, продолжительность безморозного периода — 120–135 дней. Наибольшее количество осадков приходится на весенне-летний период. Зима длится 4.5 месяца (с середины ноября по март включительно). Типичная погода в это время пасмурная или облачная, с частыми снегопадами. Средняя температура января -10.5 — -11.0°. В суровые зимы морозы достигали в Дмитрове — -48°, Истре — -53°, Москве — -42°, Павловом Посаде — -45°. Количество осадков в январе — 25–39 мм (наименьшее в годовом цикле). Лето умеренно теплое и довольно влажное. Средние температуры июля 17.5–18.0°. Температурные максимумы, наблюдавшиеся в летние месяцы на территории агломерации, достигали 36–38°. Количество осадков в июле колеблется в среднем от 70 до 80 мм. Максимальное их количество выпадает в конце июля — начале августа

На территории города естественный ход температуры, солнечного сияния, распределения осадков и других метеорологических факторов значительно меняется. Возникающий над большим городом «остров тепла» выражен в Москве достаточно отчетливо. Наблюдения за тенденцией хода температуры воздуха в Москве по календарным сезонам за 1943–1977 гг. показали большое влияние техногенного фактора на климат города¹.

Для Московской агломерации А.А.Гербурт-Гейбовичем (1981)² проведено климатическое районирование. Автор выделяет четыре района. Границы климатических районов проведены с учетом характера подстилающей поверхности и плотности застройки (табл.1.2). Территориально эти районы размещаются следующим образом.

Таблица 1 2

Среднегодовые характеристики климатических районов

Номер района	Район	Среднегодовая температура, °С	Продолжительность безморозного периода на высоте 2м, сут.	Среднегодовая скорость ветра на высоте 2 м, м/с
1	Пригородный	3.2–3.5	< 150	2–4
2	Периферийный городской	3.5–4.5	< 150	2–4
3	Основной городской застройки	4.5–5.5.	150–160	1–2
4	Восточная часть центра города	5.5–5.7	160–170 и более (в пределах Садового кольца)	1–2

¹ Ремизов ГА Естественные и антропогенные тенденции температуры воздуха в Москве за 1943–1977 гг. // Тр. Центр. высот гидрометеорол. обсерватории 1982 № 16 С 12–15; Климат Москвы Особенности климата большого города. Л., 1969 С 250, 270

² Гербурт-Гейбович А А Мезомасштабное районирование по температуре и ветру Москвы и пригородов // Тр Гидромет. Н-И Центра СССР 1981 № 233

1. Пригородный район охватывает пригороды Москвы широкой полосой на расстоянии до 30 км от кольцевой автодороги.

2. Периферийный городской район включает Сокольники, ВДНХ, Измайлово, Лосиный Остров, Кунцево, Кузьминки, Царицыно, Битцевский лес, Серебряный Бор, Химкинское водохранилище, а также периферийные городские жилые массивы (в районе Ярославского шоссе, Ивановского, Вешняков-Владычина, Новогиреева, Выхина, Орехова-Борисова, Чертанова, Ясенева, Теплого Стана, Беляева-Богородского, Тропарева, Матвеевского, Кунцева, Коровина, Хорошева-Мневников), прилегающие к кольцевой дороге.

3. Район основной жилой застройки охватывает большую часть территории города.

4. Восточная часть центра города ограничена по следующим улицам и площадям: Красная площадь, пл. Театральная, Трубная, Колхозная, Спасская ул., Краснопрудная ул., Бауманская ул., Застава Ильича, Птичий рынок, станция метро «Волгоградский проспект», Восточная ул., Москва-Товарная, Павелецкая, Даниловская пл., пл. Гагарина, станция метро «Новокузнецкая», Устьинский мост, ул. Разина.

Наиболее характерные причины изменения климата территории города — загрязнение воздуха и высвобождение термоэнергии в производственных процессах. Особенно высока и постоянно прогрессирует степень загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом (на его долю приходится 70 % выброса вредных веществ в воздушный бассейн Москвы).

Повышенное выделение тепла городом приводит к образованию ограниченного инверсией температуры теплого купола, состоящего из более прогретого и насыщенного аэрозолями воздуха. Аэрозольная дымка уменьшает поступление прямой солнечной радиации и рассеивает в атмосфере эффективное излучение, что в конечном итоге приводит к повышению количества осадков, выпадающих над Москвой. Зона повышенного количества осадков в соответствии с формой теплого купола, его проекцией на поверхность и рельефом местности смещается относительно границ города. Повышенное количество осадков (более 700 мм) отмечается на западных и южных окраинах Москвы, а также в восточной ее части и прилегающих пригородах (675 мм), а пониженное (575–699 мм) — на юго-восточных окраинах¹ (в Москве в 1910–1962 гг. выпадало в среднем на 11 % больше осадков, чем на периферии города). Одновременно отмечается и значительное увеличение испарения (на 20 % больше, чем в ближайшей периферии).

Были выявлены метеорологические условия, способствующие накоплению вредных примесей над Москвой (эти же условия благоприятствуют развитию теплового купола): малоподвижные антициклоны и гребни со скоростью ветра у поверхности земли, равной или менее 4 м/с; размытое поле повышенного давления; ложбины с теплым фронтом и юго-восточным ветром; воздух умеренных широт, длительное время сохраняющийся над районом. Рассеянию примесей способствуют углубляющиеся циклоны, ложбины и волновые возмущения (при отсутствии юго-восточного переноса) со скоростью ветра более 5 м/с, быстродействующие антициклоны и гребни; периферийные участки малоподвижных антициклонов и гребней со скоростью ветра 5 м/с и более (но не при ветрах юго-восточного направления); свежая воздушная масса: осадки 2–3 мм и более за 12 часов.

Следует заметить, что средняя продолжительность циклонической погоды в Москве несколько меньше, чем антициклонической. При этом зимой наибольшей устойчивостью обладают северо-западные циклоны (44 % всех циклонов). Максимальная длительность такой серии достигает 13 дней. Летом наибольшей устойчивостью характеризуются местные и южные циклоны (7–10 дней). Максимальная продолжительность стационарирования антициклонов отмечается при восточных и северо-восточных траекториях¹.

Тепловой купол более резко выражен в зимнее и летнее время и меньше в переходные сезоны года, когда преобладает ветреная погода² и реже образуются инверсии. Зимой чаще развиваются приземные инверсии, промышленные и автомобильные выбросы, загрязняющие атмосферу, скапливаются в приземном слое под слоем инверсии, образуя дымку. Летом вследствие дополнительного нагрева (дополнительными источниками тепла являются асфальт улиц и площадей, каменные здания) приземная инверсия над городом ослабевает, а иногда и совсем разрушается. В результате усиливается турбулентность, и загрязняющие атмосферу примеси переносятся вверх и концентрируются на высоте 200–400 м.

Москва строится, растет, нужны новые проекты и новые методы строительства. В решении вопроса о создании комфортной среды в городе важное место занимают исследования температурно-ветрового режима районов строительства. Город несколько изменяет ход распределения температур по территории.

Установлена определенная связь между температурой воздуха, направлением и скоростью ветра. Эти данные имеют значение для расчета ветроохлаждения зданий и планировки внутриквартальных пространств. Увеличение в условиях застройки скорости ветра на 1–2 м/с приводит к образованию зон сильного и жесткого дискомфорта в зимнее время. В настоящее время выполнен ряд работ по турбулентному режиму стратифицированного планетарного слоя атмосферы, но остается почти неизученным вопрос о влиянии города на турбулентность в нижнем слое атмосферы, где наиболее существенны процессы распространения промышленных выбросов. По данным Центральной высотной гидрометеорологической обсерватории, средний суточный ход скорости ветра имеет хорошо выраженную временную составляющую. В нижнем слое (ниже 85 м) минимум скорости ветра наблюдается в ночные часы, максимум – в дневные, в верхней части слоя выше 85 м (до 300 м) – наоборот. Наблюдениями на Останкинской телевизионной башне отмечен рост скорости ветра до самого верхнего слоя. Высотные здания оказывают влияние на «искажение» воздушного потока, отмечается эффект обтекания здания воздушным потоком – «самоокутывание» и т.д.

Влияние города на климат еще недостаточно хорошо исследовано. Однако очевидно, что изменение климата на территории города и в его окрестностях усиливает и экзогенное воздействие на геологическую среду (повышенная влажность, увеличение количества осадков, повышение среднегодовой температуры, «кислые дожди» и т.д.), вызывает интенсификацию процессов размыва, выщелачивания, способствует возникновению природно-техногенных процессов (Лихачева, Смирнова, 1994)³.

¹ Климат Москвы. Особенности климата большого города. Л., 1969. С. 150, 270.

² Погосян Х. П. Особенности климата крупных городов и оздоровление городской среды // Климат-город-человек. М., 1975. С. 10–15.

³ Коньшев В. А. Математическое моделирование распространения газовых выбросов в атмосфере Москвы с использованием профилей ветра и температуры, получаемых на ВМК // Тр. Центр. высот. гидрометеоролог. обсерватории. 1982. № 17. С. 80–89.

⁴ Лихачева Э. А., Смирнова Е. Б. Экологические проблемы Москвы за 150 лет. М.: ИГ РАН, 1994. 247 с.

1.4. Почвы и культурный слой Москвы

Почвенному покрову Московской области был в свое время посвящен подробный научно-популярный очерк А.А.Завалишина¹. Автор указывал, что по всем направлениям от Москвы господствуют светлоокрашенные почвы с белесоватым подзолистым горизонтом (лесные подзолистые и т.п. почвы), что объясняется расположением Подмосковья в пределах лесной зоны. Встречаются также разнообразные болотные и аллювиально-луговые почвы. Все они сформировались на пестрых по литологическому составу отложениях. Соотношение занимаемой ими площади и их положение на различных элементах рельефа резко различаются с разных сторон от Москвы. Это объясняется нахождением города на стыке трех геоморфологических районов. Нужно также учитывать, что подмосковные почвы в большой степени окультурены и это сгладило ряд почвенных отличий

Городские почвы представляют собой сложное и быстро развивающееся природно-антропогенное образование (Blume, 1989). Основные отличия городских почв от природных обусловлены интенсивным накоплением антропогенных отложений (культурного слоя) особого состава и строения.

В профиле городских почв, в связи с постоянным действием седиментогенеза, подробно записана история развития ландшафтов, а также история хозяйственного освоения территории и взаимодействия человека и природной среды. С помощью методов почвоведения и палеогеографии эта история может быть реконструирована (Бойцов и др, 1993). Можно полагать, что городские почвы, включающие древние культурные слои, являются ценнейшим хранителем палеоинформации и должны быть признаны не только памятниками археологии, но и истории природы.

Для изучения городских почв предлагается особый археолого-геолого-почвенный подход, важнейшую информацию дает также применение методов палеоботаники, геохимии и др. (Александровский, Кренке, 1993)⁴.

Исследования в Останкине, Царицыне и Коломенском показали, что на их территории преобладающими почвами являются природные – дерново-подзолистые, но испытывавшие в историческом прошлом сельскохозяйственные воздействия. В почвах парка Останкино, заложенного в конце XVIII в., имеются мощные остаточно-пахотные горизонты и другие антропогенные признаки, существенно измененные под воздействием лесного почвообразования за последние 200 лет.

Почвы парка Коломенское испытали длительные воздействия человека, которые начались в I тысячелетии до н.э. – I тысячелетии н.э., когда здесь жили скотоводы и земледельцы. Их поселение известно как Дьяковское городище. С XV–XVI вв. территория, окружавшая села Коломенское и Дьяково, распаивалась. В результате этого дерново-подзолистые почвы местами трансформированы в пахотные смытые и намытые. Под лесными насаждениями восстанавливаются естественные почвенные горизонты.

Завалишин А А Почвенный покров // Природа города Москвы и Подмосковья М -Л , АН СССР, 1947 С 229–286

Blume Н -Р Classification of soils in urban agglomerations // Catena, 1989 V 16 No 3 P 269–275

³ Бойцов И А , Гунова В С , Кренке Н А Ландшафты средневековой Москвы археолого-палеонтологические исследования // Изв РАН Сер геогр , 1993 № 4 С 60–75

⁴ Александровский А Л , Кренке Н А Изучение средневековых пахотных горизонтов в Москве и Подмосковье // Кратк сообщ Ин-та археологии В 208, 1993 С 20–31

Наименее измененные почвы обнаружены в парке Царицыно. Здесь был кратковременный этап земледельческого освоения XII – начала XIII вв. и XIV в., следы которого приурочены, в основном, к долине речки Язвенки. После этого здесь восстановилась лесная растительность, затем существовали великокняжеские лесные охотничьи угодья и, наконец, лесопарковая территория. В профиле дерново-подзолистых почв лишь местами прослеживаются признаки маломощного остаточного пахотного горизонта, имеются небольшие участки с культурным слоем средневековых поселений.

Особый интерес представляют почвы центра Москвы максимально трансформированные в результате длительности освоения (рис. 1.2). В центральной части Москвы на поверхности исходной почвы залегают толщи техногенных отложений средней мощностью около 3 м на водоразделах и до 20 м в понижениях рельефа, существенно сnivelированного к настоящему времени. Для этой толщи в отличие от исходных почв характерна слоистость, наличие техногенных включений, каменистость, загрязненность рядом химических элементов, щелочность.

Эта толща имеет следующее строение.

1. В основании залегают исходная почва, обычно дерново-подзолистая, сформированная на ледниковых, водно-ледниковых, покровных, аллювиальных отложениях, супесчано-суглинистого состава, нередко двучленных. Иногда она заболочена, местами смыта или нарушена более поздними перекопами. Во многих случаях данная почва имеет пахотный горизонт, мощность которого 7–12 см. Во время раскопок фундаментов Казанского собора на Красной площади и на ул. Ильинке, около ее выхода на Красную площадь, под домонгольским культурным слоем XII–XIII вв. на глубине 3–3,5 м были обнаружены пахотные горизонты X–XI вв. В них были найдены мелкие обломки древесного угля, принадлежащие дубу и ясеню – остатки лесов покрывавших Боровицкий холм и выжженных под пашню. На горизонтальной зачистке по нижней границе пахотного горизонта были обнаружены следы лопаты оставленные средневековыми огородниками. На Ильинке огороды удобрялись золой, вместе с которой в этот пахотно-огородный горизонт попали угли другого состава: определены остатки березы, осины, сосны, ели, яблони и др. На рубеже XII–XIII веков на территорию Красной пло-

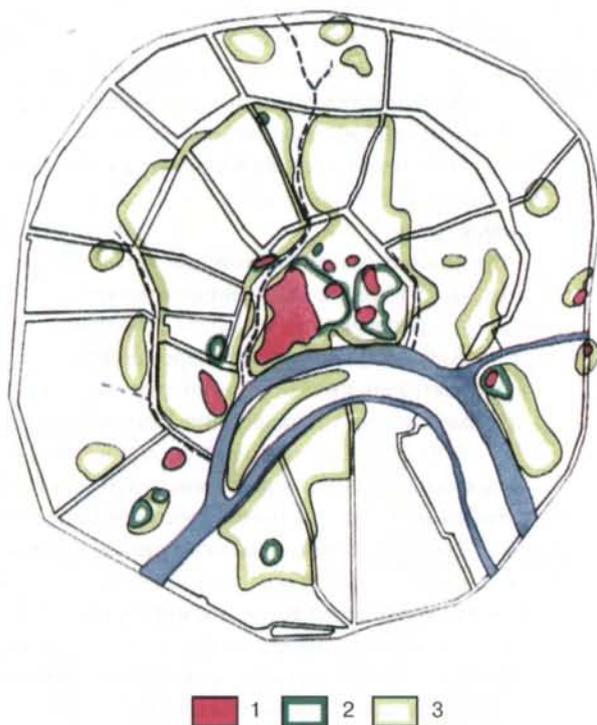


Рис 1.2 Распространение и начало формирования культурного слоя в центральной части Москвы 1 – XII – начало XIII вв (домонгольское время), 2 – XIII – первая половина XIV вв (время возникновения удельного Московского княжества), 3 – вторая половина XV – начало XVI вв (период возникновения централизованного государства)

шадя распространяется Великий посад Москвы, впоследствии обнесенный Китайгородской стеной, но огороды и сады существовали здесь и позже.

Во время археологических раскопок на Красной и Манежной площадях также были обнаружены явные следы пашенной эрозии, относящейся еще к XI–XIII вв. Так, на Манежной площади смытые почвы были найдены на уступе II террасы р. Неглинной вблизи от гостиницы Националь на глубине 2,5 м от поверхности. В сторону Александровского Сада поверхность исходного рельефа резко падала, и в 30 м к югу на поверхности I террасы реки на глубине 4,5–6 м были обнаружены намытые пахотные почвы, а еще дальше остатки жилищ XII–XIII вв. Здесь, на берегу р. Неглинной, предполагалось поселение, склоны распахивались, что привело к существенной эрозии почв (мощность смытого слоя до 50 см).

2. Над поверхностью погребенной почвы во многих случаях встречается сильногумусированный слой более глинистого состава, с малым количеством включений строительного материала (обломков кирпича, извести). Это слой времени деревянного строительства – «органогенный» слой. Его сохранность и мощность увеличиваются в условиях переувлажнения.

Местами, в пределах данного слоя, встречаются прослои органогенного материала коричневого цвета, представляющего собой остатки разложившейся щепы, перепревшего навоза, других растительных остатков. В условиях переувлажнения хорошо сохраняется древесина – сохранившие свою форму бревна, деревянные плахи, а также скорлупа лещины, обрезки кожи и др.

3. Выше лежит значительно более мощный слой, насыщенный обломками кирпича и остатками строительной извести – «литогенный» слой. Он соответствует периоду кирпично-каменного строительства. Для него характерна меньшая прогумусированность, большая опесчаненность и щелочность. Скорость его накопления значительно выше.

4. Современный слой еще более насыщенный остатками строительства, цементом, остатками бетона, металлическими предметами и перекрытый асфальто-бетонным покрытием.

5. Ямы, заполненные перемешанным материалом, во многих случаях являющиеся остатками жилищ (погребя, котлованы), в верхней части толши – это в основном траншеи, иногда занимающие всю многометровую стенку археологического раскопа.

6. В толще культурного слоя и на его поверхности встречаются преимущественно слаборазвитые почвы. Чаще всего они представлены единственным гумусовым горизонтом с постепенным переходом вниз к почвообразующей породе.

На Манежной площади в нижней части культурного слоя обнаружена почва, которая образовалась после большого московского пожара 1493 года. По указу Ивана III вокруг Кремля была создана зона безопасности, и было запрещено строительство. Отложение культурного слоя прекратилось, и под луговой растительностью началось формирование почвы. Но вскоре строительство вновь возобновилось, и почва оказалась погребенной.

Встречаются серии таких слаборазвитых погребенных почв. Например на Малом Вузовском пер. у церкви Трех Святителей на Кулишках, что свидетельствует о прерывистом накоплении культурного слоя

7. Признаки почвообразования рассеянные в толще культурного слоя, как перетолженные, так и образованные в процессе его нарастания.

8. Прослои аллювия, материнской породы, попавшей в толщу слоя при закладке ям, других отложений, являющихся «стерильными» в археологическом отношении

9. Привозная огородная или газонная земля — обычно представлена сильногумусированным, достаточно мощным слоем, в котором значительно снижается количество археологических находок.

Встречаются другие типы отложений, различные вымостки, развалы печей и скопления пачины — прожженная земля красного цвета, отходы металлургических и других производств, остатки пожарищ в виде слоев древесного угля.

Выявляются две линии развития городских почв и отложения — в условиях нормального увлажнения, проходившее на повышениях рельефа (например, на Красной площади) и в условиях переувлажнения и заболачивания — в понижениях (Манежная площадь). Выпояживание рельефа в связи с неравномерным нарастанием городского культурного слоя, вызвало ослабление дренажа, усиление заболачивания и увеличение органогенности культурного слоя и почв на низких геоморфологических уровнях (низкие террасы р.Неглинной на Манежной площади).

Таким образом, городская почвенно-грунтовая толща, слоистая, щелочная, с прослоями материнской породы (морена, пески), насыщенная кирпичом, органическим веществом и обладающая большой сорбционной способностью, представляет собой особую экологическую среду с разнообразными геохимическими барьерами и потоками вещества.

1.5. Гидрографическая сеть

Говоря о гидросети города, нельзя не затронуть вопрос о количестве имевшихся и сохранившихся рек и ручьев. Это вопрос кажется простым только на первый взгляд, но в различных литературных источниках приводятся по этому поводу разные и мало схожие цифры.

Во-первых, надо учесть, что Москва все время растет, и следует договориться о границах, для которых приводятся цифры. В настоящее время правильнее всего приводить цифры только для Москвы в пределах Московской кольцевой автодороги (МКАД), так как эта граница четко зафиксирована на местности и не меняется со временем.

Во-вторых, нужно объяснить, что понимается под реками и ручьями, так как в обиходе эти понятия часто смешиваются. Реки — это водные потоки, текущие постоянно или большую часть времени года по поверхности суши в *разработанных ими долинах*.

На приведенной схеме гидрографической сети города (рис.13) показано более 800 водотоков. Из них с поверхности города исчезли (заклучены в подземные коллекторы или полностью засыпаны) примерно 465 водотоков, а сохранились полностью или частично примерно 355 водотоков.

Как много среди этих водотоков рек? Исходя из данного определения, на приведенной схеме можно насчитать от 115 до 140 рек. Более точную цифру указать все равно нельзя из-за недостатка данных о некоторых водотоках

Уцелевшие водотоки классифицировать и подсчитать проще. Среди 355 учтенных на схеме сохранившихся водотоков около 70 — реки, около 80 — приречные родники с короткими ручьями, около 205 — учтенные временные водотоки, т.е. весенние ручьи в балках, лощинах и ложбинах.

Таким образом, на территории Москвы в пределах Московской кольцевой автодороги из имевшихся 115–140 рек к настоящему времени (1996 г.) полностью или частично уцелели около 70 рек, т.е. чуть больше половины

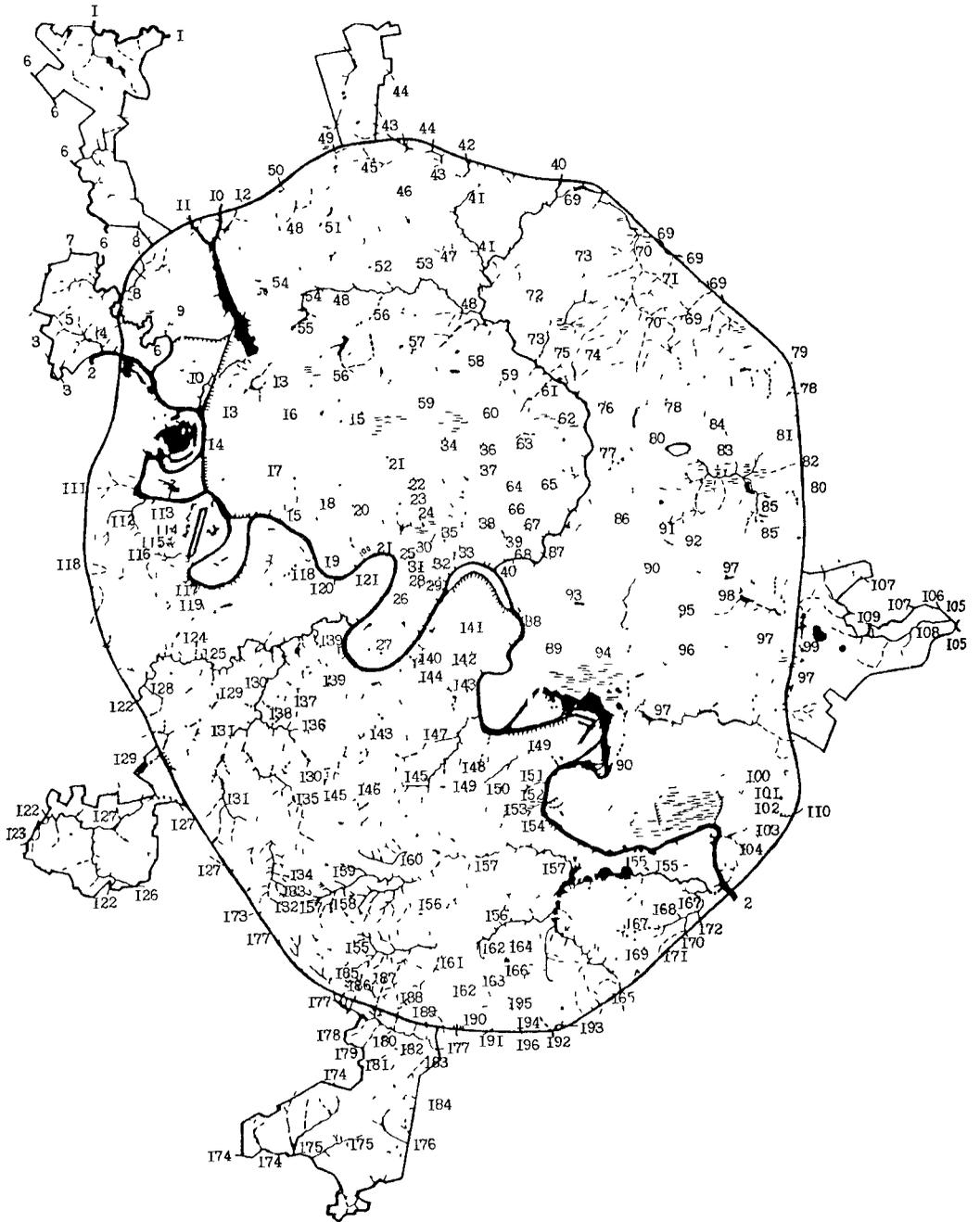


Рис 1 3 Схема гидрографической сети Москвы. Сохранившиеся постоянные водотоки – сплошная линия, сохранившиеся временные – штриховая, исчезнувшие – точечная, водохранилища – пруды и т.п. – сплошная заливка, каналы – сплошная заливка с черточками

Цифрами на схеме обозначены: 1 – Клязьма, 2 – Москва, 3 – Банька, 4 – Барышиха (Борисиха), 5 – Уваров овраг (верховье Барышихи), 6 – Сходня (Всходня), 7 – Журавка (Жеравка, Муравка), 8 – Братовка, 9 – Городенка, 10 – Химка (Хинка), 11 – Грачевка (Чернавка, Встречный ручей, Бугаковский залив), 12 – Воробьевка, 13 – Чернушка, 14 – Соболев овраг, 15 – Ходынка, 16 – Таракановка, 17 – Куминский овраг, 18 – Ермаковский ручей (Верхняя Черная Грязь), 19 – ручей у Камушковых, 20 – Студенец (Ваганьковский ручей, Черная, Нижняя Черная Грязь), 21 – Пресня, 22 – Кабанка, 23 – Кабаниха, 24 – Бубна, 25 – Проток (Песочный ручей), 26 – Пометный Вражек, 27 – Вавилон, 28 – Ясный овраг, 29 – ручей Зачатьевского переуллка, 30 – Черторый, 31 – Сивцев Вражек (Сивка), 32 – Ленивый Вражек (Ленивка), 33 – Неглинная (Неглинка), 34 – Самотека (Неглинная, правый и главный исток Неглинной), 35 – Успенский Вражек с Синичкой (правым притоком или истоком) и Белои (левым притоком или истоком), 36 – Напрудная (Рыбная, Синичка, левый исток или приток Неглинной), 37 – Капля, 38 – Сорочка, 39 – Рачка, 40 – Яуза, 41 – Чермянка (Черница), 42 – левый исток Чермянки (теперь – Чермянка), 43 – Самотека (теперь – тоже Чермянка), 44 – Девкин ручей, 45 – Лианозовский ручей, 46 – Ольшанка (Алчанка, Бибиревка), 47 – Козеевский проручей, 48 – Лихоборка, 49 – Коровий Враг (Лихоборка, левый исток Лихоборки), 50 – Бусинка (Лихоборка, правый исток Лихоборки), 51 – Спирков Вражек (Дегунинский ручей), 52 – Ржавец (Бескудниковский ручей), 53 – Владыкинский ручей, 54 – Норишка (Аксиньин ручей), 55 – Головинский ручей, 56 – Жабенка, 57 – Каменка (Кашенка, верховье – Березовка), 58 – Горячка (Горянка, Горленка, Останкинский ручей), 59 – Копытовка (Капитовка, Трестенка, Треланка), 60 – Студенец, 61 – Путяевский ручей, 62 – Олений ручей (Маланинский ручей), 63 – Рыбинка, 64 – Чечера (Ольховка), 65 – Кукуй, 66 – Ольовец, 67 – Черногряз, 68 – Серебрянка, 69 – Ичка, 70 – Лось, 71 – Лосенок, 72 – Леоновский ручей (Высоковский ручей), 73 – Будайка, 74 – Верхний Богородский ручей (Богатырский ручей), 75 – ручей Казенного пруда, 76 – Нижний Богородский ручей, 77 – Хапиловка, 78 – Сосенка, 79 – Абрамцевский ручей, 80 – Серебрянка (Измаиловка), 81 – Липинский ручей, 82 – Харигозинский ручей, 83 – Косинский ручей, 84 – Стекланка (Стекланный ручей), 85 – Черный ручей, 86 – Синичка, 87 – Золотой Рожок (Лефортовский ручей), 88 – Сара, 89 – Подон, 90 – Нищенка (Гравороновка, Ключики), 91 – правый исток Нищенки, 92 – Перовский ручей (ручей Хлудовского пруда, левый исток Нищенки), 93 – Хохловка (Калитниковский ручей), 94 – Угрешский ручей, 95 – Карачаровский ручей, 96 – Коломенка (Копань), 97 – Чурилица (Чуриха, Пономарка, Голодянка, Голяденка, Гольденка и т.п.), 98 – Кусковский ручей, 99 – Косинский ручей, 100 – Плинтровка, 101 – Средний ручей, 102 – Лесной ручей, 103 – Носковка (Большой Носков ручей), 104 – Малый Носков ручей, 105 – Пехорка, 106 – Чечера, 107 – Никольская, 108 – Рудневка, 109 – Банная канава, 110 – Люберка, 111 – Серебряный овраг, 112 – Гнилуша, 113 – Малая Гнилуша, 114 – Татарский овраг (низовье – Мневниковский Исток?), 115 – Каменные Заразы, 116 – Крылатский ручей, берущий начало от родника Руденская Божья Мать в овраге Каменная Клетва (Меленка), 117 – ручьи Проклятого места (Кунцевские Заразы), 118 – Филька (Хвилка), 119 – Кунцевская балка, 120 – Кобылий овраг (сухой), 121 – Буданка, 122 – Сетунь, 123 – Алешинка, 124 – Жуковский овраг, 125 – Лешин родник, 126 – Румянцевский ручей, 127 – Сетунька, 128 – Троекуровский ручей, 129 – Навершка (Новеш, Новишка, Натощенка), 130 – Раменка, 131 – Очаковка (Тропаревка), 132 – Ляхвинский овраг (прежний исток Очаковки), 133 – современный исток Очаковки (сброс сточных вод), 134 – Кукринский ручей, 135 – Самородинка, 136 – Рогачевка, 137 – Онучин овраг, 138 – Поперечный овраг, 139 – Кипятка, 140 – Андреевские Заразы, 141 – Кожевнический Вражек, 142 – Даниловка, 143 – Чура (Семеновский овраг, Бекетовка), 144 – Кровянка, 145 – Котловка, 146 – Старостин овраг, 147 – Коршуника, 148 – Растань, 149 – Жужа (Большой овраг), 150 – Савин овраг, 151 – Голосов овраг с родником Кадочка, 152 – Колотушкин овраг, 153 – Дьяковский овраг, 154 – Заразы (несколько оврагов), 155 – Городня (Городянка), 156 – Котляковка, 157 – Чертановка, 158 – Усков овраг (Дубинкинская речка), 159 – Коньковский овраг, 160 – Водянка, 161 – Сеньковский овраг, 162 – Тепляковский овраг, 163 – Попов овраг (правый отвершек предыдущего), 164 – Бояков овраг (Буяков овраг), 165 – Язвенка (Царицынский ручей), 166 – Черепишка (Бирюлевский ручей), 167 – Шмелевка (Хмелевка, Крупенка, Крупань), 168 – овраг Лыхина, 169 – Садковский овраг, 170 – Кузнецовка, 171 – Горбунганский овраг (сухой), 172 – Соровской овраг, 173 – исток Сосенки (приток Десны), 174 – Цыганка (приток Сосенки), 175 – Чечера, 176 – Гвоздянка (приток Пахры), 177 – Битца (приток Пахры), 178 – Марвинский овраг (Нижний Заречный), 179 – Садновской овраг (Знаменский), 180 – Ытцевский овраг, 181 – Качаловский овраг (Киовский), 182 – Салтыковский овраг, 183 – Ботанический овраг, 184 – истоки Козловки, 185 – Рузаев овраг, 186 – Попов овраг (Ясневский), 187 – Комаровская речка (Ярцовской овраг), 188 – Зениборовский овраг, 189 – Михайловский овраг, 190 – Завьяловский ручей, 191 – Петряев овраг, 192 – Журавенка, 193 – Попов ручей (верховье Журавенки), 194 – Никольский овраг, 195 – Пожинский овраг (верховье предыдущего), 196 – Гузеев овраг

1.5.1. Река Москва

Реке Москве посвящена обширная специальная и научно-популярная литература (Кравченко, 1930; Лушихин, 1947, Мячин, 1977, Нестерук, 1947, 1950; и др.). Поэтому ограничимся кратким очерком с освещением вопросов, которым уделялось мало внимания.

Москва – левый приток Оки. Ее длина – 502 км, а площадь бассейна – 17 000 км². Протяженность реки в городе в пределах МКАД – 75 км

Река Москва, как и другие реки Московской области, получает питание от талых снеговых вод – 61 %, дождевых – 12 % и грунтовых – 27 %. Вскрывается она обычно около 10 апреля. Средняя продолжительность весеннего половодья 48 дней, наименьшая – 21 день, наибольшая – 85 дней (в 1896 г). Наступление ледостава приходится на 19 ноября. В пределах центральной части города река замерзает крайне редко (оказывает влияние сток теплых отработанных вод). Модуль стока в бассейне р.Москвы в среднем составляет 6.2 л/км²/с, годовой сток равен 3.4 км³

В предыдущих разделах мы уже упоминали притоки р.Москвы, здесь же (впервые в литературе) приведем полный перечень рек, ручьев и оврагов (с указанием их современного состояния) – правых и левых притоков р.Москвы.

В пределах МКАД правыми притоками р.Москвы являются: ручьи выше Троица-Лыкова (теперь в коллекторе), Серебряный овраг, Большая и Малая Гнилуша, Крылатский ручей, 21 постоянный водоток из Фили-Кунцевского лесопарка (ручьи Проклятого места и других участков Кунцевских Зараз, 4 из них – в собственных долинах, выходящих за пределы коренного берега р.Москвы), Филька (в коллекторе), Кобылий овраг (засыпан), Будапка (в коллекторе), Сетунь, ручьи Воробьевых гор, ручьи Нескучного сада (в Андреевских Заразах, в Екатерининском и др. оврагах), Кожевнический Вражек (полностью засыпан или пушен по коллектору Жукова проезда), Даниловка (в коллекторе), Чура (в коллекторе), Котловка, Растань (в коллекторе), Новинская старица (видимо, частично сохранилась в виде Нагатинского рукава р.Москвы), Жужа, ручей в Голосовом овраге, Дьяковский ручей, многочисленные ручейки Дьяковских Зараз и Городня, т.е. не менее 40 притоков с постоянным течением и ряд четкого выраженных временных водотоков (Кобылий овраг и др.).

Левыми притоками р.Москвы являлись и являются. Сходня, Химка (воды ее притока Чернушки теперь подходят к р.Москве по специальному коллектору), Соболев овраг, овраг у Солдатской слободы (в коллекторе, на одной из схем назван Октябрьским ручьем), Студеный овраг (засыпан), Ходынка, Ермаковский ручей, Студенец, Пресня, Проток (все пять – в коллекторах), Пометный Вражек (засыпан), Вавилон (считается засыпанным, но по сути – в коллекторе, проложенном рядом), Ясный овраг (в коллекторе), ручьи в овраге по Зачатьевскому переулку (засыпан), Черторый (в коллекторе), Ленивый Вражек (засыпан), Неглинная (в коллекторе), Сорочка (в коллекторе), Рачка (отведена под землей в Язу), Язу, Сара (в коллекторе), Подон (в коллекторе), Нишенка с Пономаркой (в коллекторе), Плитовка (отведена в Главную отводную канаву на востоке Люблинских полей орошения, которая теперь – в колл-

Кравченко И П Исследование реки Москвы и ее описание М, Транспечать НКПС 1930 194 с
Лушихин Н Н Гидрографическая сеть//Природа города Москвы и Подмосковья М -Л, АН СССР, 1947 С 60–109

Мячин И К По Москве-реке М Московский рабочий, 1977 335 с

Нестерук Ф Я Гидротехническое прошлое великого города М, 1947

Нестерук Ф Я Водное строительство Москвы М Речиздат 1950

кторе под землей), Носков ручей (в коллекторе и впадает ниже прежнего ручья), т.е. не менее 20 постоянных водотоков и ряд крупных временных водотоков (Студеный и Кобылий овраги, Сара).

Таким образом, всего р.Москва принимала на современной территории города не менее 60 притоков с постоянным течением, около 40 из которых имели свои собственные названия. Многие из них сохранились в открытых руслах вблизи устья или чуть выше по течению (около 35 правых и 5 левых). Правых притоков было примерно в два раза больше, и они лучше сохранились.

1.5.2. Прежнее и современное значение гидросети

Среди примерно полтора сотен рек, протекавших по территории Москвы в ее современных границах, три реки сыграли особую роль. Отчасти из-за них город Москва возник именно там, где он находится сейчас. Благодаря им, он смог уцелеть в многочисленных войнах, вырос крупнее соседних городов и, в конечном счете, стал столицей великого государства. Эти реки – Москва, Яуза и Неглинная. Общеизвестно, что р.Москва имела транспортное и оборонительное значение. По Яузе шел кратчайший водный путь с юга России во Владимир на Клязьме, а потом Яуза стала внутригородской водной дорогой. Неглинная выработала глубокую долину с крутым левым берегом, на котором был построен Кремль. Позднее, пушенная по рву, Неглинная защищала Кремль с запада.

Другие речки будущего города имели столь же большое значение для многочисленных населенных пунктов, которые окружали Москву, а потом вошли в ее состав. Эти речки и пруды снабжали население питьевой водой, рыбой, привлекали к себе зверей и птиц, к ним стогнали на водопой скот. Приречная растительность была особенно разнообразной, здесь произрастали многие дикие пищевые и лекарственные растения. Весенние разливы способствовали плодородию почвы, и земля вблизи рек была лучшей для огородов и сенокосов. Энергия рек использовалась для работы мельниц. Живописные берега становились центрами усадебного строительства.

Однако в прошлом на Москве-реке нередко бывали наводнения, которые приносили значительные бедствия городу. «Берега Москвы-реки во многих местах обнажены от леса, снега тают бурно, и влага плохо впитывается в почву – весенние подъемы воды постоянно переходят в паводки и наводнения. Даже осенью дожди резко повышают уровень воды; в августе 1876 г. река меньше чем за сутки поднялась на 3,5 м» (Мячин, 1977).

Гидротехники говорят, что город сам топил себя паводками. Беспорядочная застройка берегов и многочисленные мосты сужали пойму реки, высокая вода неизменно выходила из берегов. Если за пределами города горизонт воды поднимался над нулем до 7,5 м, то в черте города – до 9 м. Достаточно было воде достигнуть отметки 6–7 м над московским нулем (нулевая отметка рейки у Бабьегородской плотины), чтобы река начала заливать более низкие прибрежные районы. Большие наводнения обычно повторялись через 10 лет.

Гидросеть, по-прежнему, очень значима в жизни города и во многом определяет его структуру. Но если в прошлом населенные пункты «прижимались» к рекам, а водораздельные пространства оставались нетронутыми, то в современном городе возникла противоположная ситуация. Город почти полностью освоил водоразделы, превратив их в жилую застройку и промзоны. Что же касается сохранившихся природных террито-

рий, то их остатки буквально «нанизаны» на гидросеть, так как сырые пониженные участки застраивались в последнюю очередь Цепочки пустырей, нарушенных поименных лугов, низинных болот и даже перетесков тянутся в Москве вдоль рек Яуза, Чермянка, Раменка, Очаковка, Самородинка, Котловка, Городня, Язвенка, Шмелевка. Неслучайно долины этих рек в 1991 году объявлены памятниками природы. Многие парки и лесные массивы города тоже приурочены к рекам: Серебряный Бор, Фили-Кунцевский лесопарк, Воробьевы горы, Нескучный сад и Нагатинская пойма (парк им 60-летия Октября) – к реке Москве, Матвеевский лес – к р. Сетуни, Теплостанский лесопарк – к р. Очаковке и Кукринскому ручью, Битшевский лес с усадьбой «Узкое» – к рекам Чертановка и Городня, Царицыно и Бирютевский лес – к рекам Язвенке и Черепишка, Усадьба «Братцево» – к реке Сходне, лесопарк «Покровско-Стрешнево» – к рекам Химка и Чернушка, Главный ботанический сад – к рекам Лихоборка и Каменка, Измайловский лес – к реке Серебрянке и ее притокам (Черному, Лепитинскому, Харигозинскому и Косинскому ручьям), Кузьминский лесопарк – к реке Пономарке.

Даже заключенные в коллектор подземные реки способствуют сохранению зелени в городе. Их поймы не были полностью застроены и стали бульварами. Так, Красногвардейский бульвар в районе Красной Пресни обязан своим существованием ручью Студенцу, Звездный и Ракетный бульвары в Останкино – Копытовке, Самотечный и Цветной бульвары, а также Александровский сад – Неглинной. О реке Ольшанке напоминает частично незастроенное пространство между улицами Пришвина и Костромская, о низовьях Самотеки (вытекающей из пруда в Алтуфьеве) – такое же пространство между улицами Леонова и Белозерская. Таких примеров можно привести множество.

Помимо участков с древесной растительностью, к рекам, и прежде всего к реке Москве, приурочены также последние в городе хорошо сохранившиеся луга – суходольные луга Крылатских холмов и Коломенского, пойменные луга Строгинского и Щукинского полуостровов.

С учетом сказанного не кажется удивительным, что флора и фауна достигают максимального разнообразия в городе именно вблизи рек. Здесь же сосредоточено наибольшее количество видов особо охраняемых растений. Такие орхидеи (представители семейства орхидных) как пальчатокоренники мясо-красный и Фукса, тайник яйцевидный, мякотница однолистная благополучно произрастают в Москве вдоль рек Москва и Серебрянка. В сырых местах вдоль московских речек можно встретить купальницу, горец змеиный, дикие ирисы, а в тенистых оврагах у рек – охраняемые виды колокольчиков широколистный, крапиволистный, персиколистный. На залесенных приречных склонах цветут все четыре подмосковные хохлатки – плотная, полая, промежуточная и Маршалла. Даже печеночница синее ранней весной на одном из косогоров у Сетуни.

Помимо природоохранной роли, сохранившиеся московские реки по-прежнему выполняют свою дренажную роль. Засыпка рек и ручьев, а также выравнивание рельефа даже с сохранением водотоков ведут к опасному для зданий подтоплению местности.

Реки и созданные в их поймах пруды продолжают выполнять декоративную и рекреационную роль, хотя из-за загрязненности ни для рыболовства, ни для купания они в большинстве своем теперь не используются. Велика также декоративная роль речных долин с большими перепадами высот.

Реки Яуза и в особенности Москва, как и раньше, выполняют транспортную роль. К числу судоходных рек добавилась и р. Химка, обводненная волжской водой, запруженная и превращенная в Химкинское водохранилище.

1.5.3. Изменение гидросети в процессе строительства

Гидросеть Москвы очень сильно изменена в процессе строительства города. В истоках некоторых московских рек были расположены болота, которые теперь исчезли. Так, не стало Пашенского болота в истоках Неглинной и Горелого болота в истоках Пресни (рис.1.3), нет и растений, свойственных верховым болотам.

На пойменных берегах р. Москвы было много озер-старич и низинных болот, которые теперь тоже исчезли, нет старичных озер близ Дорогомилова и в Лужниках. Многочисленные озера Нагатинской поймы стали акваторией Южного порта или засыпаны. Осушено и частично застроено обширное Сукино болото между Кожуховым и Текстильщиками, а Чагинское болото превратилось в Люблинские поля фильтрации.

Небольшие ручьи и овраги, препятствовавшие развитию и благоустройству города, постепенно засыпались и исчезали. Более крупные реки перегораживались плотинами и превращались в цепочку прудов, которые со временем засыпались наносами, мелели и, в конечном счете, тоже исчезали. Это приводило к сглаживанию рельефа, уничтожению не только рек, но и речных долин.

Наиболее крупные водотоки – Неглинная, Пресня, Черторый, Нишенка и другие заключены в кирпичные коридоры и протекают под землей.

Многие изменения гидросети города связаны с сооружением в 1937 г. канала Москва-Волга (канал им.Москвы). 128-километровый канал обводнил обмелевшую и загрязненную р.Москву, а также реки Сходню, Язу, Лихоборку, Норишку. Через Деривационный канал вода из Химкинского водохранилища сбрасывается в р.Сходню, а потом – в р.Москву. Через Лихоборский обводнительный канал волжская вода из того же водохранилища через Головинские пруды, бывший Головинский ручей и р.Норишку поступает в Лихоборку, а потом – в р.Язу и р.Москву. Яза обводнена также почти от самого истока, выше Мытиш. Кроме того, этот канал снабдил Москву питьевой водой, дал дополнительный источник электроэнергии, превратил город в «порт пяти морей». Сооруженные в Карамышеве и Перерве гидроузлы обеспечили судоходные глубины в черте Москвы (3 м), при этом урез воды в р.Москве повысился со 115 до 120 м над уровнем моря. Это могло вызвать резкий подъем уровня грунтовых вод. Для того, чтобы избежать неблагоприятных последствий, в низко расположенном Замоскворечье, была сооружена сложная сеть глубокого дренажа (Мячин, 1977).

В целях судоходства некоторые излучины р.Москвы были спрямлены каналами. Благодаря этому Серебряный Бор и территория Нижних Мневников стали островами, а участок Нагатинской поймы у Южного порта стал полуостровом. Еще раньше из-за строительства водоотводного канала островом стала пониженная часть Замоскворечья напротив Кремля. Были также вырыты и затоплены водами р.Москвы обширные песчаные карьеры в районе Строгина. Так возникли Строгинский затон и Большой затон с Чистым «озером», а также соответственно Строгинский и Щукинский полуострова.

Ежегодно Москва получает из канала Москва-Волга для водоснабжения 800 млн. м³ воды, для обводнения реки Москвы – 1 млрд. м³, для обводнения Язы, Клязьмы и Учи – 300 млн. м³. В настоящее время Москва потребляет воды значительно больше, чем было в р.Москве до строительства канала.

По данным Н.М. Козловой (1983)¹, в структуре речного стока р.Москвы около 60 % составляет волжская вода, 20 % – сток притоков и ливнестоков (из города²) и только 20 % – собственный расход реки. Изменилась и структура стока малых и средних рек на территории Московского артезианского бассейна – произошло сокращение подземного притока на 20–30 % и общего речного на 5–25 % от годовых величин (Попов, 1978).

На территории города большие площади могут быть отнесены к водонепроницаемым участкам: те, что заняты зданиями, покрыты асфальтом и бетоном, участки с искусственно уплотненными почвами. Наличие таких участков в водосборном бассейне изменяет структуру стока и, как следует из работ М.И. Львовича, Г.М.Черногаевой (1976), И.В.Михайлова (1982)⁴, увеличивает поверхностный и снижает подземный сток при общем увеличении полного речного стока. Во время сильных дождей склоновый сток с участков, имеющих искусственное покрытие, составляет от 50 до 80 %, а в центральных частях города 80–90 % общего склонового стока в пригородных зонах, застроенных небольшими домами. Питание подземных вод осадками уменьшается на закрытых территориях по сравнению с сельскохозяйственными пропорционально доле, которую занимают непроницаемые площади.

Величина поверхностной составляющей речного стока с территории Москвы почти в 2 раза, а в пределах Садового кольца в 3–7 раза, больше, чем с окружающей Москву местности. Полный речной сток оказался выше соответственно в 1,5 и 2,5 раза.

Кроме того, нарушение структуры стока вызывается и внедрением технических сооружений, и сбросом вод в более глубокие горизонты, которые в естественном состоянии не оказывали бы прямого влияния на формирование стока в бассейне реки, освоенном городом. За счет этих глубоких горизонтов нередко идет и необходимое водообеспечение города. Определенную роль в нарушении структуры стока играют и потери воды из коммуникации.

1.6. Флора и растительность

Если под флорой понимается совокупность видов растений, то растительность – это совокупность растительных сообществ на той или иной территории, хотя в обиходе эти понятия смешиваются. Говоря о растениях Москвы, нужно учитывать ряд обстоятельств. Флора и растительность Москвы, во-первых, являются частью флоры и растительности области в целом; во-вторых, они специфичны; в-третьих, различны в разных частях города. Именно в Москве соприкасаются основные ботанико-географические районы области: Клинско-Дмитровский, Восточный (Мещерский) и Южный. Их границы соответствуют ландшафтно-геоморфологическим районам.

Подмосковная флора – самая изученная в России. Аннотированные списки видов сосудистых растений (папоротникообразных, голосеменных, покрытосеменных)

Козлова Н.М. Особенности формирования состава воды реки Москвы в нижнем течении и перспективы улучшения качества воды // Тез. Докл. Совещ. «Гидрологические исследования и водное хозяйство в бассейне р. Москвы». М., 1983. С. 27–30.

Попов О.В. Нарушения взаимодействия поверхностных и подземных вод под влиянием урбанизации // Гидрологические аспекты урбанизации. М.: МФГО СССР, 1978. С. 36–42.

Львович М.И., Черногаева Г.М. Преобразование водного баланса территории г. Москвы // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1976. № 3. С. 52–60.

⁴ Михайлов И.В. Влияние урбанизированных территории на формирование некоторых элементов водного баланса Курской модельной области // Взаимодействие хозяйства и природы в городских и промышленных геосистемах. М., 1982.

публиковались 7 раз, а с учетом переизданий и дополнении – примерно 10 раз. Опубликован также «Конспект флоры адвентивных растений Московской области». Есть соответствующая сводка по флоре мохообразных Изучались и другие отделы растительного царства. Посреди этой территории, флора которой хорошо изучена, расположено постоянно растущее «белое пятно» – Москва. Обширные гербарные материалы 19 и 20 веков не проанализированы и не обобщены, поэтому по численности флоры Москвы можно привести только приблизительные цифры

Общая численность зарегистрированной флоры Москвы должна составлять 1200–1250 видов. В это число входят все местные, случайно занесенные и одичавшие культурные виды сосудистых растений, которые были хоть однажды отмечены на территории современной Москвы в пределах МКАД за весь период изучения ее флоры (примерно 2 века)¹ Современная флора состоит примерно из 850–900 видов сосудистых растений.

Интересно, что на территории в пределах МКАД, которая по площади составляет только около 2% области, обнаружена большая часть видов имеющихся в области – 70–80%. Это объясняется разнообразием природных условий в Москве.

Представители различных групп растений отреагировали на урбанизацию по-разному. После постройки МКАД (с 1961 г.) в ее пределах найдены только по 10% видов ивовых и хвощей от числа имевшихся до этого. Число видов папоротников уменьшилось на 25%, орхидных – на 40%, а плаунов – на 100% (все четыре вида исчезли) Число особо охраняемых видов сократилось с 60 до 33, то есть уменьшилось на 45%

Однако многие виды – в том числе редкие и официально охраняемые – до сих пор сохраняются на окраинах Москвы, или в мало доступных частях лесопарков (в сырых местах, в оврагах и балках). На Щукинском полуострове, например, обнаружены большие популяции хвоща пестрого, тайника яйцевидного, пальчатокоренников мясо-красного и Фукса Любка зеленоцветковая и ветреница дубравная в недавнее время зарегистрированы в городской части Лосиногостовского Острова. Хохлатка полая продолжает сохраняться на Крылатских холмах, в Фили-Кунцевском лесопарке, на Воробьевых горах и в Битцевском лесу, хохлатка Маршалла – в двух точках Битцевского леса.

Говоря о сохранении в Москве видов местной флоры, необходимо упомянуть об адаптации некоторых из них к городским условиям Например, пузырник ломкий, который в естественном местообитании массово сохранился только в Фили-Кунцевском лесопарке, теперь иногда произрастает на стенах зданий и сооружений Этот маленький папоротник наблюдался на каменных ступеньках в Троице-Лыковке, на известковых кирпичных декоративных мостиках в Нескучном саду и даже на стене вокруг храма Василия Блаженного Можно привести другие подобные примеры Кроме того, в Москве сохраняются и даже увеличивают численность местные сорные виды, которые и раньше были спутниками человека

Одновременно с исчезновением некоторых местных видов флора Москвы обогащалась за счет случайно занесенных и одичавших культивируемых видов Занос расте-

Действительный член Российской Академии наук Л.А. Насимович Ю.А. Распространение охраняемых видов сосудистых растений на территории Москвы М.: 1995. Деп. в ВИНТИ. № 1637–В95. 43 с.

Ворошилов В.Н., Скворцов А.К., Тихомиров В.Н. Определитель растений Московской области М.: Наука, 1996. 367 с.

Флористические исследования в Московской области М.: Наука, 1990.

Игнатова М.Е. Рабочее совещание «Изучение флоры городов» // Ботанический журнал 1990. Т.75, №9 С. 1335–1337.

ний происходит, в основном, по железным дорогам, которые сходятся к Москве со всех концов страны. На железных дорогах выявлено примерно 700 видов растений, среди которых заносные виды преобладают над местными и по численности, и по количеству видов. Наиболее богат заносными видами юго-восточный сектор города, так как здесь концентрация железных и шоссеинных дорог максимальная¹. Возможны также заносы растений естественным путем: крупная популяция нимфеиника щитовидного, обнаруженная в 1994 г в одном из водоемов Крылатской поймы, по-видимому, обязана своим происхождением водоплавающим птицам. Особую группу заносных видов составляют дичающие культивируемые растения, в основном, из числа используемых в озеленении. Из них в Москве, например, широко распространились клен американский и ясень пенсильванский. Из декоративных трав аналогично ведут себя «иностранцы» — канадская золотая розга и американские многолетние подсолнечники (американизация флоры). За счет космополитических рудеральных растений флоры разных городов очень схожи: преобладают сложноцветные, крестоцветные, маревые и злаки. Число видов в городе оказывается больше, чем в пригородах, причем «пришельцы» концентрируются в центральной части города, где преобладают над местными видами.

Неотъемлемой частью московской флоры стала культурная флора — садовые, огородные и декоративные растения. Несколько сотен видов деревьев и кустарников используются в озеленении улиц и дворов, высаживаются в парках и скверах. 366 таких видов и форм, большинство из которых завезены из других регионов, перечислены в сводке Э И Якушиной. Для озеленения используются и некоторые местные деревья и (чуть реже) кустарники. Кроме того, москвичи высаживают около 70 видов трав природной флоры.

Сходные тенденции — исчезновение одних видов и появление других — можно проследить и на примере остальных представителей растительного царства, хотя они хуже изучены, а также на примере грибов, которые по традиции рассматриваются вместе с растениями. Специальных работ по микофлоре Москвы, видимо, нет, но некоторые тенденции в изменении микофлоры видны «невооруженным глазом». Особенно это касается макромицетов — грибов с крупными плодовыми телами. Вследствие избирательного сбора грибов в лесопарках встречаемость популярных видов резко упала. Так, например, обычный в прошлом и популярный у населения моховик зеленый стал редким в Москве. Подберезовики и подосиновики сохранились, в основном, только в больших по площади городских лесах или в мало доступных частях других природных территории. Встречаемость некоторых малоизвестных видов не изменилась, или даже возросла. Так, например, моховик пестрый (трещиноватый), тяготеющий к незадернованным лиственным лесам и склонам, стал кое-где массовым видом. Увеличилась доля видов, растущих на отмирающей и мертвой древесине. Вне природных территории возросла доля местных видов, которые и в прошлом были спутниками человека: свинушка тонкая теперь обычна во дворах, шампиньоны пробиваются сквозь асфальт в центре города, навозники облюбовали газоны и пустыри. С появлением новых видов деревьев появились и новые виды грибов: на древесине тополей часто поселяется чешуйчатка разрушающая; вместе с лиственницей в московские лесопарки пришел масленок лиственничный, который даже успел приобрести здесь новое народное название — «солнечник».

Бочкин В. Д. К флоре железных дорог Москвы // Пром Ботан. Состояние и перспективы развития. Киев. 1990. С. 56–57.

Якушина Э. И. Древесные растения в озеленении Москвы. М.: Наука. 1982. 158 с.

Работы по растительности именно Москвы практически отсутствуют. Но растительность городских лесов и тому подобных территорий сходна с растительностью Подмоскovie, а она достаточно подробно описана¹. Первая серьезная работа на эту тему была опубликована в 1947 г. В.В.Алехиным². С учетом иной направленности данной книги необходимо напомнить, что вся Москва расположена в лесной зоне умеренного пояса и окружена смешанными лесами. Этим определяется некоторое сходство всех ее природных территорий. Везде преобладают или, по крайней мере, имеются леса с хвойными (ель, сосна) и широколиственными породами (липа, дуб и другие), участки вторичных мелколиственных лесов (березняки, осинники), есть также вкрапления суходольных и пойменных лугов, низинных болот.

Кроме того, для всего города характерны культивируемая и сорная (рудеральная) растительность. Зброшенные и ухоженные сады сохраняются на месте многочисленных исчезнувших селений (Братцево, Захарково, Иваньково, Загорье, Коломенское и другие). Многочисленные огороды недавно возникли в поймах Сходни, Сетуни, Раменки, Городни, Язвенки и других речек; улицы и дворы озеленены. Сообщества рудеральных растений занимают пустыри, стройплощадки, свалки, железные дороги и насыпи, заброшенные огороды и сады, а также сильно нарушенные леса, луга и берега рек. Везде обычны сообщества с преобладанием мари, лебеды, полыни, птичьего горца, одуванчика, подорожника и других рудеральных трав, а также участки древесной растительности с преобладанием американского клена.

Что же касается соотношения перечисленных элементов, то оно в разных частях Москвы резко различается³. Это связано с принадлежностью этих частей к разным ботанико-географическим районам и с неодинаковой историей их освоения.

¹ Флора и растительность Московской области (История изучения и аннотированная библиография) М.: МГУ, 1972. 288 с.

² Алехин В.В. Растительность и геоботанические районы Московской и сопредельных областей М.: МОИП, 1947. 71 с.

³ Швецов А.Н. Интродукция растений природной флоры в г.Москве / Особенности развития редких растений при культивировании в центре европейской части СССР М., 1986. С. 26–27.

⁴ Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Биофлора Кунцева. Изменения за полтора века. Бюл. ГБС. 1986. Вып. 141. С. 31–36.

Глава 2.

Геологическое строение

«Во-первых, твердо помнить должно, что видимые телесные на Земле вещи и весь мир не в таком состоянии были сначала от создания, как ныне находим, но великие происходили в нем перемены, что показывает история и древняя география, с нынешней смешанная, и служащиеся в наши века перемены земной поверхности»

М.В. Ломоносов

2.1. История изучения

Согласно представлениям, сформулированным еще в Библии, в начале своем, после сотворения, Земля была «безвидна и пуста». Но в течение длительной эволюции, занявшей несколько миллиардов земных лет, произошли многократные удивительные и во многом еще не познанные превращения лика Земли. Человек, появившийся на самых поздних этапах этой эволюции, в четвертичном периоде или, иначе, в антропогене, оказался на планете, бесконечное разнообразие ландшафтов которой и их красоты не перестают поражать воображение и будоражить его ум. Осваивая Землю, человек постоянно открывает неповторимые грани своей Планеты. Она дает ему хлеб и кров, и она же для него главный источник эстетических и нравственных чувств.

Территория Москвы — малое пятнышко в пределах Евразийского континента. Она расположена в центральной части Русской плиты, которая включает всю восточную половину и значительную часть юга древней, докембрийской, Восточно-Европейской платформы. Внешние контуры этой плиты достаточно определенные. На северо-западе она ограничена обширным сводовым поднятием Балтийского щита, на северо-востоке — возвышенностями Тиманского кряжа, на востоке — горами Урала, на юге — молодой Скифской плитой, горными системами Кавказа, Крыма и Карпат. В полном соответствии с классическим представлением о континентальных платформенных плитах геологический разрез под Москвой характеризуется наличием двух резко различных этажей геологических образований: древнего, докембрийского кристаллического фундамента, погребенного на глубинах более 1 км, и залегающего на нем покрова осадочных пород (осадочного чехла) (рис. 2.1). Оба этажа сложены неоднородными комплексами разновозрастных и разнотипных горных пород, находящихся в сложных (особенно для фундамента) пространственных соотношениях. Они отражают всю историю преобразований, которые земная кора претерпела в этой части платформы и, прежде всего, два ее принципиально различных этапа.

Фундамент характеризует первый этап, который продолжался более 3 млрд. лет (архей и почти весь протерозой) и завершился около 700 млн. лет тому назад. Это — время активных тектоно-магматических процессов, в результате которых сформировалась земная кора континентального типа, обильно насыщенная магматическими и метаморфическими породами разного состава. Их аналоги можно видеть на дневной поверхности на обширных пространствах Балтийского щита, а также в пределах Украинского щита, где в течение последующей истории фундамент оставался высоко поднятым.

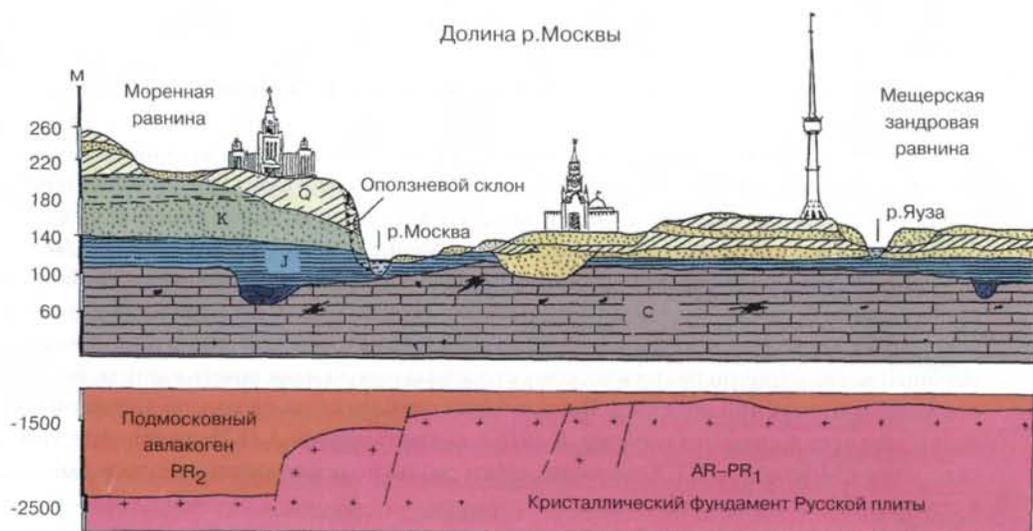


Рис 2 1 Схематизированный разрез верхней части земной коры территории Москвы
 Индексами обозначены AR-PR₁ – архейско-нижнепротерозойский комплекс пород кристаллического фундамента PR₂ – верхний протерозой С – палеозой J и K – юрские и меловые отложения мезозоя, Q – комплекс четвертичных отложений

Второй этап, охватывающий конец докембрия и все последующее время, характеризуется платформенным развитием территории и отличается медленными слабо контрастными колебательными движениями земной коры, широким развитием морских мелководных и континентальных отложений сравнительно небольшой мощности и очень слабыми деформациями. Вместе с тем этот этап не был однообразным. В позднем докембрии (рифее) и в среднем палеозое земная кора платформы подвергалась весьма активным процессам раскалывания с образованием структур рифтогенного типа (авлакогенов) и проявлениями магматизма. В рифее эти явления были столь значительными, что позволяют рассматривать это время в качестве самостоятельной авлакогенной предплатформенной стадии геологического развития территории.

Кроме этого, в течение всего фанерозоя, т.е. времени «явной жизни» (около 570 млн. последних лет геологической истории), платформа испытывала мощное динамическое воздействие со стороны окружающих ее активных тектонических поясов. В раннем палеозое наиболее активное воздействие шло с северо-запада, со стороны каледонид Норвегии, в среднем и позднем палеозое – с востока, со стороны герцинских структур Урала, в мезозой-кайнозойское время – с юга и юго-запада, со стороны Крымско-Кавказского и Карпатского сегментов Альпийского горно-складчатого пояса. В соответствии с этим изменялись структурный план и рельеф платформы, пространственное положение и конфигурация суши и моря, поднятий и впадин, границы распространения разновозрастных отложений и их состав, фашиальные и литологические особенности.

Эти закономерности развития платформы, впервые отмеченные выдающимся русским геологом А.П. Карпинским (1883), имеют важное значение, объясняя различия геологических разрезов в разных частях платформы, их неполноту, отсутствие в них тех или иных исторических звеньев, особенности палеогеографии, структурной эволюции и многое другое. Все вышесказанное в полной мере присуще геологическому разрезу территории г.Москвы

Первые геологические исследования территории Москвы и прилегающих к ней районов были начаты в конце XVIII столетия в связи с необходимостью водоснабжения города. В 1780 г генералом Бавэром была представлена «Проектная записка» об устройстве водопровода и выполнении геологических работ в Мытищенском районе.

В 1860 г замечательный российский геолог, основоположник московской геологической школы Г.Е. Шуровский дал первое описание геологического строения территории города. В разрезе Каменоломни, открытой в городе на левом берегу р. Яузы, им были описаны породы, которые ранее были исследованы в окрестностях Москвы.

Во второй половине XIX столетия проводятся первые региональные работы с применением бурения. К 1882 г на территории Москвы было пробурено 16 скважин, вскрывших коренные породы. Данные бурения позволили С.Н. Никитину провести обобщение сведений по геологическому строению города и составить карту поверхности юрских отложений долины р. Яузы, а также опубликовать сводку по артезианским водам верхнего и среднего карбона. В 1916 г выходят работы А.П. Иванова «Артезианские воды г. Москвы» и В.Г. Хименкова «Материалы по исследованию водоснабжения в селениях Московской губернии».

Выполненные геологические исследования явились основой для стратиграфического расчленения пород района и составления в 1897 г первой геологической карты окрестностей города. Немного позже Н.И. Криштафович и А.П. Павлов составили первую стратиграфическую схему расчленения четвертичных отложений района.

Геологические исследования на территории Москвы так или иначе были связаны с решением практических задач, о чем свидетельствует и «Докладная записка Московской Городской Управе» профессора Московского университета А.П. Павлова (1911) «Несмотря на то, что на Воробьевых горах геологические исследования производились неоднократно и по поводу геологии этой местности имеются многочисленные указания (в работах Мурчисона, Рулье, Ромера, Траутшольда, Эихвальда, С.Н. Никитина, А.П. Павлова и др.), отсутствуют данные о развитых там оползнях, имеющих столь существенное значение в строении этого косогора и столь важные для различных технических мероприятий и сооружений на нем». В результате проведенного исследования были предложены рекомендации по укреплению склона, по устройству стока для атмосферных вод и дренированию склона «для устранения на нем отрицательного влияния подземных вод».

После революции геологические изыскания на территории Москвы были возобновлены и вскоре, в связи с проектированием первой очереди метрополитена, стали носить систематический характер. В 1929 г при Моспроекте создается Бюро технических изысканий, преобразованное в 1937 г в Контору технических изысканий. Были начаты работы по изучению тектоники района и петрографическому описанию палеозойских и мезозойских пород. Эти исследования связаны с именами крупнейших советских геологов – академиков А.П. Карпинского, В.И. Лучинского и А.Н. Заварицкого, Б.М. Данышина и др.

Исключительно большой вклад в изучение геологии Москвы и Подмосковья внес Б.М. Данышин, посвятивший исследованию этого района значительную часть своей жизни. В период 1933–36 гг под его редакцией был издан ряд карт, в том числе геолого-литологическая карта г. Москвы и ее окрестностей в масштабе 1:50 000. В 1947 г к 800-летию юбилею города Б.М. Данышиным была выпущена моногра-

¹ Шуровский Г.Е. Каменоломня г. Алексеевых в Москве // Вестн. Естественных наук. 1860. № 32. С. 1019–1028.

фия «Геологическое строение и полезные ископаемые Москвы и ее окрестностей (природная зона)», которая начиналась с обзора геологических исследований в Московском регионе. Написанная занимательным и в то же время в высшей степени профессиональным языком монография Б.М.Даньшина в течение многих лет является настольной книгой ученых, инженеров, студентов геологических вузов, а также многих любителей подмосковной природы.

В 1938 г. Академией наук СССР издается сборник «Геология в реконструкции Москвы», в котором подытоживаются геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические исследования на территории Москвы в предвоенный период. Среди авторов сборника были академики А.Д.Архангельский и Ф.П.Саваренский, член-корреспонденты АН СССР Г.Н.Каменский и В.А.Приклонский, Г.Ф.Мирчинк, Б.М.Даньшин и многие другие крупнейшие геологи страны того времени.

В послевоенный период геологические работы на территории Москвы развернулись еще в больших масштабах. Этому способствовало образование ряда специализированных территориальных геологических организаций. Так в 1944 г. был создан Мосгоргеотрест, сконцентрировавший у себя все инженерно-геологические изыскания в городе. В Московском геологическом управлении Министерства геологии РСФСР организовывается Центральная инженерно-геологическая и гидрогеологическая экспедиция (ЦИГГЭ), которая в дальнейшем вошла в ПГО «Центргеология». В составе последнего в 1993 г. появилось специализированное подразделение «Геоцентр-Москва».

Гидрогеологические исследования на территории Москвы и Подмосковья выполнялись Вторым гидрогеологическим управлением Министерства геологии СССР, на базе которого в 1979 г. было сформировано ПГО «Гидроспецгеология». Для ведения работ под строительство метрополитена создается изыскательская организация «Мосгипротранс». Кроме того в решении отдельных вопросов участвовали ученые Московского государственного университета, Московского геологоразведочного института (ныне Московская государственная геологоразведочная академия), а также специалисты Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии Мингео СССР (ВСЕГИНГЕО) и Производственного и научно-исследовательского института инженерных изысканий в строительстве (ПНИИИС) Госстроя РФ.

Все перечисленные организации сыграли исключительно важную роль в изучении геологии Московского региона. Так, уже в 1951–63 гг. в Мосгоргеотресте при активном участии Ф.В.Котлова возобновились работы по составлению инженерно-геологических карт. Большой вклад коллектив Мосгоргеотреста внес в широко развернувшиеся в Москве изыскания под высотные здания, которые возводились не на прочных скальных основаниях, как это было принято в то время в мировой практике, а на песчано-глинистых отложениях четвертичного возраста, обладающих значительной сжимаемостью. С началом массового жилищного строительства в 1961–62 гг. Мосгоргеотрест проводил обобщение накопленной информации, что позволило ему сократить объем изыскательских работ и перейти к созданию и использованию региональных таблиц свойств основных разновидностей грунтов города. В это же время для территории в пределах Садового кольца был составлен комплект инженерно-геологических карт масштабов 1:10 000 и 1:5000, а также комплект литолого-геологических карт масштаба 1:25 000.

Большая заслуга принадлежит Мосгоргеотресту в изучении активных геодинамических процессов на территории города. Эти работы приобрели особую значимость

после образования в конце 60-х и 70-х годах в Хорошевском районе серии карстово-суффозионных провалов. В работах Мосгоргеотреста активное участие принимали его ведущие специалисты: О. П. Медведев, С. Г. Майоров, В. И. Козловский, Б. Н. Румянцев, П. Г. Кузьмин, А. С. Черненко, И. С. Куликов и многие другие. В качестве консультантов в этих работах участвовали ученые академических и вузовских организации: Е. В. Шанцер, А. И. Москвитин, И. В. Попов, Н. М. Герсевич, Г. В. Богомолов, Н. В. Коломенский, Ф. В. Котлов, И. С. Комаров и др.

Крупные региональные исследования в послевоенные годы на территории Московского региона выполнялись организациями Мингео. В связи с поисками структур для подземного хранения газа Союзная геолого-поисковая контора в 1947 г. начала работы по глубокому бурению недр Подмосковья. Важной обобщающей работой была подготовка 2-го издания геологической карты листа № 37 (Москва) масштаба 1:1 000 000, составленной под редакцией А. В. Симонова при участии Д. Н. Утехина (1956). В 1961 г. подготовлена и в 1965 г. издана геологическая карта масштаба 1:200 000 по листу № 37-П (Москва) (С. Л. Бреслав, К. К. Рождественская). Позднее в таком же масштабе составлена гидрогеологическая (1968) и инженерно-геологическая (1986) карты. При работе над картами были учтены данные глубокого бурения и результаты тематических работ Е. И. Ивановой и И. В. Хворовой по изучению среднего и верхнего карбона Подмосковья (1955), а также П. А. Герасимова по юрским и меловым отложениям (1959, 1960).

Для изучения глубинного строения в 60–70-е годы была проведена гравиметрическая и магнитометрическая съемка Московского региона в масштабе 1:200 000, на основе которой была составлена первая схематическая структурная карта поверхности кристаллического фундамента.

Новым обобщением геологических знаний по Московскому региону стал IV том «Геологии СССР», опубликованный в 1971 г.

В 60–80-е годы в ПГО «Центргеология» коллективом геологов под руководством Ю. Т. Кузьменко составлены и уточнены структурные, палеотектонические и тектонические карты кристаллического фундамента и осадочного чехла масштаба 1:500 000 и 1:1 000 000. В 1986 г. Е. М. Крестиным была составлена геологическая карта раннего докембрия масштаба 1:1 000 000. В 1978 г. Е. А. Гаврюшовой с коллегами составлена неотектоническая карта масштаба 1:200 000, а И. Н. Федонкиной (1982 г.) аналогичная карта в масштабе 1:50 000 для территории города.

В 1990 г. в ГПП «Аэрогеология» для обширной территории центра Русской плиты был изготовлен комплект космофотогеологических карт масштаба 1:500 000 (ответственный исполнитель Л. И. Соловьева). В 1992–95 гг. ГНПП «Аэрогеофизика» выполнило высокоточную аэромагнитную съемку масштаба 1:50 000 на большей части территории города.

Специалистами ПГО «Гидропещгеология» длительное время изучаются экзогенные процессы на территории города и ведутся изыскания под строительство коллекторов глубокого заложения. В 1980–1993 гг. ими выполняется инженерно-геологическое картирование на новостройках вновь присоединенных территории Москвы. Одновременно силами этой организации продолжается глубокое бурение на территории города. В последние годы эти работы ведутся в связи с решением проблемы захоронения отработанных технологических растворов ТЭЦ в глубокие горизонты пород. Работы ПГО «Гидропещгеология» сыграли большую роль в изучении строения осадочного чехла, особенно его глубоких слоев. Активное участие в них принимали ведущие

специалисты этой организации: Э.В.Агафонова, А.В.Иванов, И.А.Кравцова, В.Л.Петухов, В.Г.Рыженков, Л.Г.Чертков, Ю.К.Шипулин, И.Л.Зайцев.

Накопленные данные позволили ПГО «Центргеология» в 1990 г. подготовить к изданию Московскую группу листов государственной геологической карты масштаба 1:50 000 (ответственные исполнители Т.Ю.Жаке, И.В.Фурсикова и др.). Карта утверждена к изданию Редакционным советом Всероссийского научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ) и является сейчас базовой геологической основой для решения прикладных геологических задач на территории Москвы.

В 70–80-х годах проводилась работа по совершенствованию стратиграфических схем докембрия и фанерозоя. Она осуществлялась под руководством Регионального межведомственного стратиграфического комитета по центру Восточно-Европейской платформы (председатель С.М.Шик). Существенный вклад в эти исследования внесли Ю.Т.Кузьменко (венд), А.Г.Олферьев (юрская и меловая системы), И.В.Фурсикова (неоген и эоплейстоцен), С.Л.Бреслав, М.И.Маудина, И.П.Бирюков, И.В.Фурсикова (четвертичная система). Новые стратиграфические схемы были положены в основу подготовленных в 1994–96 гг. к изданию геологических карт масштаба 1:500 000 по территории Московской области и государственной геологической карты масштаба 1:200 000 по листу № 37-II (Москва) второго поколения (ответственные исполнители Е.С.Артемова, С.Н.Никитин и др.).

Наряду с геолого-съёмочными работами, начиная с 60-х годов, проводятся работы по обобщению инженерно-геологической и гидрогеологической информации, накопленной в различных организациях Москвы, инженерно-геологическому районированию, геодинамическому и гидрогеологическому мониторингу территории города. Большое внимание в этих исследованиях уделяется роли техногенных факторов в развитии экзогенных процессов и проблеме охраны геологической среды города. Значительный вклад в развитие этих работ внесли исследования Ф.В.Котлова. Написанная им монография «Изменение природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение» (Издательство АН СССР, 1962) явилась основополагающей работой по проблеме инженерной геологии больших городов. Позднее эта проблема получила дальнейшее развитие в монографических работах В.М.Кутепова и В.И.Кожевниковой (1989), Г.А.Голодковской и Ю.Б.Елисеева (1989), Э.А.Лихачевой (1990), Г.Л.Коффа (1989, 1990), написанных в основном по результатам исследований в Москве.

К крупным достижениям относится карта карстово-суффозионной опасности масштаба 1:25 000, составленная ГПП «Центргеология» (С.И.Парфенов). В «Геоцентре-Москва» были проведены исследования по обобщению гидрогеологических данных, гидродинамическому мониторингу и разработке постоянно действующей модели гидросферы города (Ю.О.Зеегофер, В.Н.Селезнев при участии И.С.Пашковского и А.А.Рошаля), изучению оползней и экзодинамическому мониторингу (М.Н.Парецкая, С.И.Петренко). В 1980 г. под руководством Г.А.Голодковской была завершена работа по составлению инженерно-геологической карты территории Москвы в масштабе 1:25 000, в которой приняли участие организации, занимавшиеся инженерно-геологическими и гидрогеологическими работами на территории города.

Следует отметить исключительно плодотворную деятельность в области координации инженерно-геологических и гидрогеологических работ в Московском районе специальной Комиссии АН СССР и Исполкома Моссовета по проблеме «Рациональное использование и охрана геологической среды на территории г. Москвы и лесопар-

ковой зоны», созданной в 1978 г под председательством академика Е М Сергеева. На заседаниях Комиссии проводилась инженерно-геологическая и гидрогеологическая экспертиза важнейших строительных объектов и исследовательских программ, анализировались ошибки, решались важные методологические вопросы инженерно-геологических изысканий

2.2. Кристаллический фундамент

Кристаллический фундамент территории Москвы сложен нижнеархейским, среднеархейским и нижнепротерозойским структурно-вещественными комплексами первично-осадочных пород, которые были метаморфизованы в условиях разных фации регионального метаморфизма (рис. 2.2). Их распространение и структура изучены, в основном, по особенностям поля силы тяжести и геомагнитным данным. Геофизические поля имеют широкое простирание, прослеживаются на значительных расстояниях и за пределами города и свидетельствуют о сложной дислоцированности пород. Вещественный состав пород изучен по единичным скважинам.

Более глубокие горизонты кристаллического фундамента района Москвы изучались в последние годы сейсмическими методами (И. В. Померанцева). В процессе этих работ были изучены изменения скорости распространения сейсмических волн до глубины более 40 км, что позволило установить более глубокие разделы земной коры и наметить зоны глубинных разломов (рис. 2.3). Последние особенно интенсивно проявились в пределах грабенообразного прогиба — Подмосковского авлакогена, где в процессе позднекембрийского растяжения коры действовали процессы скалывания и опускания блоков. Здесь отмечено изменение морфологии сейсмических границ, что является характерным для такого вида структур, подтвержденным и сейсморазведкой МОГТ.

Нижнеархейский структурно-вещественный комплекс вскрыт скважиной. Вскрытая часть разреза представлена мигматитами обоянской серии, образовавшимися в процессе внедрения гранитной магмы в осадочные породы, а также продуктами глубокого метаморфизма глинистой осадочной толщи биотитовыми, гранат-биотитовыми, силлиманитовыми и другими гнейсами.

Нижнеархейские гнейсы, метаморфизованные вулканические породы и сланцы выделяются также на северной окраине города (рис. 2.4). В скважине № 7, пробуренной на территории ТЭЦ № 21, были встречены плагиоклаз-пироксеновые, биотит-плагиоклазовый чарнокитизированный и гранат-плагиоклазовый гранулиты.

Плагиоклаз-пироксеновый гранулит имеет массивную текстуру и средне-мелкозернистую структуру. Порода состоит из клинопироксенов и основных плагиоклазов и, частично, из биотита, магнетита и оливина, а также зерен апатита и доломита. Представленная темноцветными и светлыми минералами она имеет общий темно-бурый цвет. Присутствие в ней оливина и магнетита позволяет относить ее к магматиче-

Квзьменко Ю. Т. Тектоника осадочного чехла и кристаллического основания района Москвы // Бюлл. Моск. общества испытателей природы. Отд. геол. 1994. 69. Вып. 4. С. 10–18.

Лучицкии В. Н., Половинкина И. Ю. О научном и практическом значении результатов бурения Боевской скважины в Москве // Сов. геология. № 10. 1940. С. 3–16.

Заварицкий А. Н., Батулин В. П. Петрографические исследования нижней части палеозойского осадочного комплекса и его кристаллического основания в районе Москвы (по материалам скважины на старых бойнях). В сб. «Памяти академика А. Д. Архангельского». М.: АН СССР. 1951.

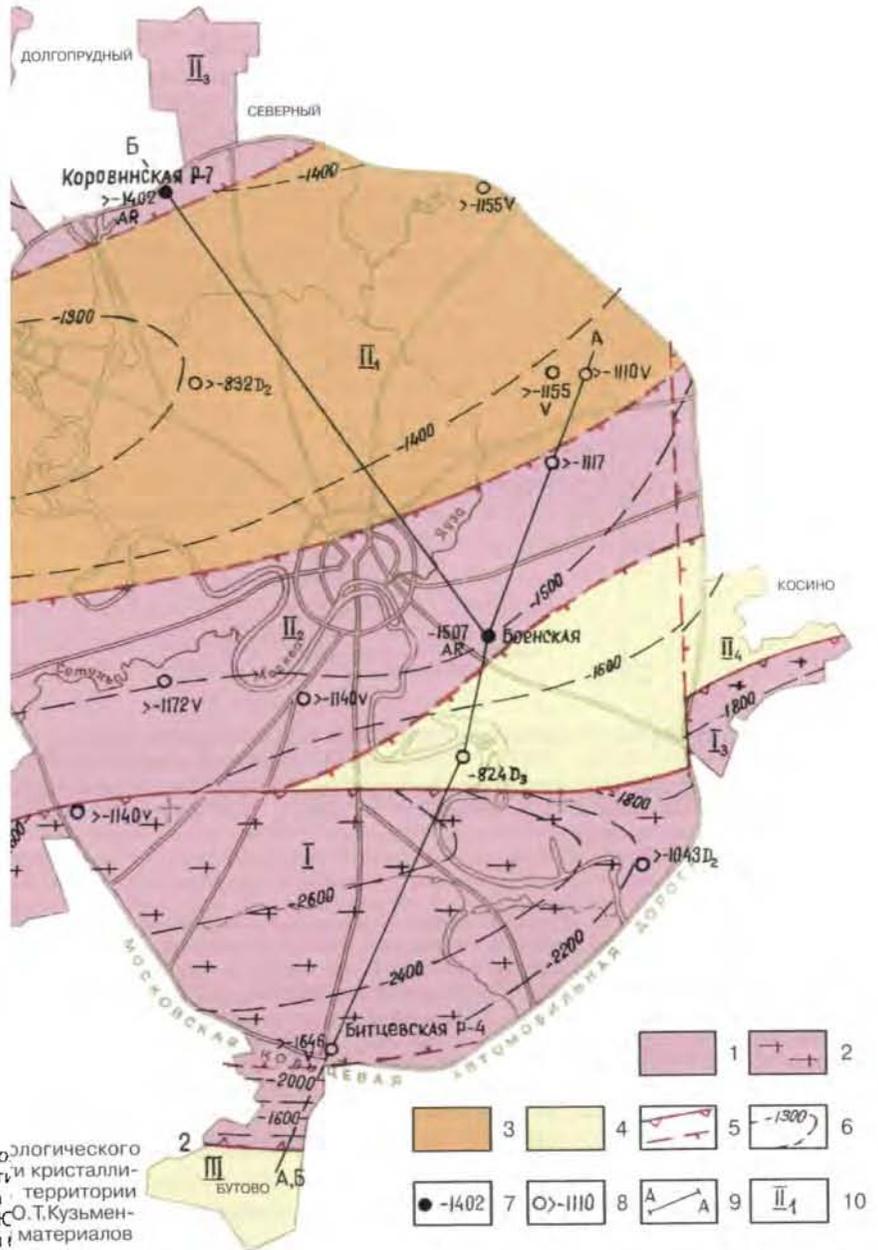


Рис 22 Схема геологического строения поверхности и кристаллического фундамента территории г. Москвы. Составил Ю. Т. Кузьменко с использованием материалов РС Красовицкой

1 – нижний архей (гнейсы, метаэффузивы и сланцы обоянской серии) 2 – мигматиты по породам обоянской серии 3 – 4 – нижний протерозой 3 – эффузивы основного состава с гластовыми телами магнитосодержащих пород 4 – высокомагнитные биотитовые и амфиболитовые гнейсы, кварциты 5 – основные разломы, контролирующие распространение рифейских отложений в Подмосковном авлакогене (1 – Павлово-Посадский, 2 – Раменский) 6 – выявленные по изменениям гипсометрии фундамента и характера магнитных полей – изогипсы поверхности кристаллического фундамента (в метрах ниже уровня моря) 7 – скважины, вскрывшие кристаллический фундамент (цифры – абсолютные отметки в метрах и возраст пород в забое) 8 – глубокие скважины, не достигшие фундамента (цифры – абсолютные отметки в метрах и возраст пород в забое) 9 – линии геологических разрезов (см. рис. 2.3 и 2.4) 10 – структурные элементы кристаллического фундамента: Подмосковский авлакогенный прогиб (I – Теплостанский грабен, I₃ – Люберецкий горстообразный выступ), Истринско-Кольчугинский выступ (II₁ – Красногорский горст, II₂ – Южная ступень, II₃ – Северная ступень, II₄ – Балашихинский грабен), Подольское поднятие (III)

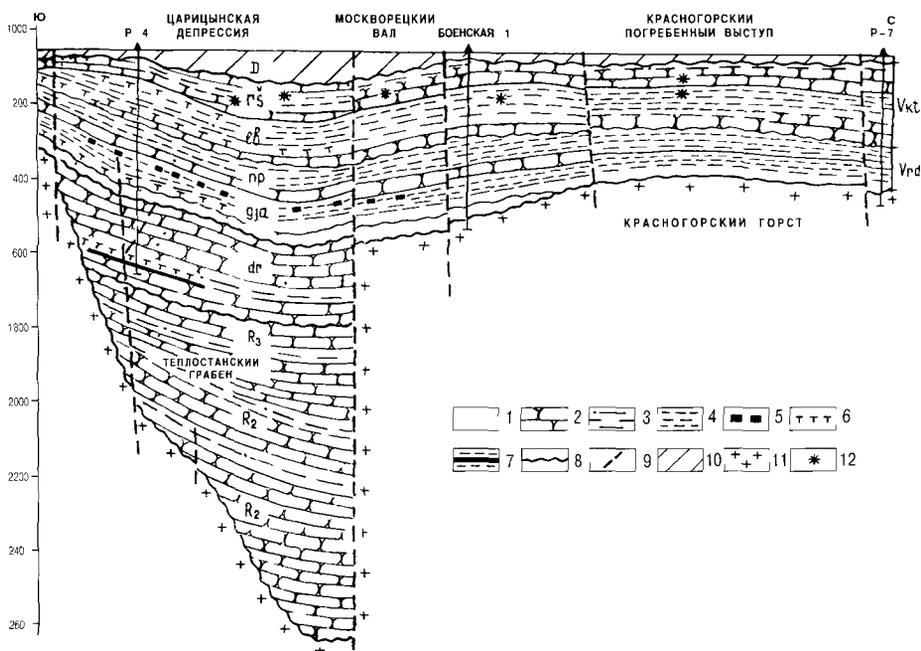


Рис 24 Геологический разрез верхнепротерозойских отложений по линии Б-Б между скважинами Р-4 (ТЭЦ-26), Боенская -1 и Р-7 (ТЭЦ-21) Составил Ю Т Кузьменко
 1 – пески с галькой 2 – песчаники 3 – алевролиты, 4 – аргиллиты 5 – черные аргиллиты, 6 – аргиллиты и алевролиты с тонкими прослоями пепловых туфов 7 – осадочно-вулканогенные (нефтематеринские породы) 8 – основные перерывы, 9 – разрывные нарушения 10 – нерасчлененные отложения нижнего и среднего девона 11 – кристаллический фундамент, 12 – железненность. Индексами обозначены стратиграфические подразделения вендская система (V_{kt} – котлинский и V_{rd} – редкинский горизонты rs – решминская, lb – любимская, pr – непейцинская и gja – гаврилов-ямская и dr – древлянская серия), R_3 – верхний рифей R_2 – средний рифей

Основные интрузивные породы, приуроченные к линейным магнитным аномалиям, развиты, по-видимому, не только в районе Москвы, но и на всем протяжении северной прибортовой части Подмосковного грабенообразного прогиба (авлакогена), осложненного разломами, что свидетельствует об их связи с нижними «базальтовыми» слоями земной коры.

Верхнеархейский структурно-вещественный комплекс, по сравнению с нижнеархейским, сохранился в виде эрозионных останцов в грабен-синклиналиях северо-западнее г. Москвы. В его строении участвуют эффузивные и эффузивно-осадочные образования, превращенные в гнейсовидные сланцы (Веселовская, 1971)

Нижнепротерозойский структурно-вещественный комплекс развит в узких грабенах северо-восточного простирания в пределах Красногорского выступа фундамента, а также в южной прибортовой части Подмосковного авлакогена. В строении комплекса участвуют эффузивы и метаморфизованные эффузивы основного состава с пластовыми телами магнитосодержащих пород. Скважинами не вскрывался. Мощность может достигать нескольких сотен метров.

Геолого-геофизические материалы позволяют уверенно говорить, что территория Москвы расположена в пределах древней шовной структурной зоны, разделяю-

шей крупные блоки земной коры. После образования платформы и длительного периода тектонического покоя возобновилась тектоническая активность, в результате чего платформа раскололась и сформировался весьма протяженный грабенообразный прогиб – Подмосковский авлакоген субширотного простирания. Одним из элементов его является Теплостанский грабен¹, расположенный на юге Москвы и ограниченный на севере Павлово-Посадским, а на юге Раменским разломами (рис. 2.2–2.4). Основание его, судя по характеру геофизических полей, представляет собой наклоненную на север ступенеобразную поверхность, возникшую, по-видимому, в процессе скалывания пластинообразных блоков фундамента под действием напряжений растяжения и последовательного опускания этих блоков в направлении Павлово-Посадского разлома. Максимальная глубина поверхности фундамента в приразломной части грабена в районе станции метро «Новые Черемушки» и около кольцевой дороги на западе (скв. 9 на ТЭЦ-25), достигает 2800 м. Амплитуда опускания фундамента относительно сводовой части его Красногорского выступа, расположенного в 10–20 км севернее, составляет более 1500 м. Амплитуда Павлово-Посадского разлома на этом общем фоне в пределах Москвы оценивается в 900–300 м, убывая с запада на восток. Ступенчатые же сбросы, предполагаемые на южном крыле грабена, имеют незначительные амплитуды смещения поверхности фундамента, не превышающие 100 м.

К северу от грабена под северной частью г. Москвы находится Красногорский горст (П₁) – западное окончание Истринско-Кольчугинского выступа фундамента (см. рис. 2.2). Он простирается почти параллельно авлакогену и ограничен согласными разломами. Горст на значительном расстоянии прослеживается и за пределами МКАД. Амплитуда его по отношению к южной (П₂) и северной (П₃) ступеням выступа составляет 300 м. Амплитуда смещения блоков по разломам незначительная. Подвижки по ним проявлялись с разной интенсивностью в течение позднего протерозоя.

2.3. Осадочный чехол

2.3.1. Верхний докембрий (рифей, венд)

Поздний протерозой, являющийся крупным этапом развития земной коры, характеризуется двумя различными по объему, площади развития и характеру строения стратиграфическими подразделениями. Это рифей и венд. По комплексу признаков в рассматриваемом районе выделяются среднерифейский, верхнерифейско – древлянский и валдайский структурные комплексы, сформировавшиеся в байкальскую тектоническую эпоху. Древлянский и валдайский комплексы относятся к венду.

Среднерифейский структурный комплекс локализован в Подмосковном авлакогене (рис. 2.2–2.4), где контролируется бортовыми разломами. В строении этого комплекса участвуют отложения *руновской, мошинской, улитинской, игнатьевской* и *логиновской* свит, проиденных Павлово-Посадской и Апрелевской скважинами соответственно к востоку и западу от Москвы. Разрез рифея расчленяется исследователями неоднозначно. На основании общности формационного состава с другими авлакогенами и геологических особенностей разреза эти отложения относятся нами к среднерифейским. Их характеристика приводится по Павлово-Посадской скважине.

¹ Кузьменко Ю. Т. Тектоника осадочного чехла // «Геология СССР Центр Европейской части СССР» М. Недра 1971 Т. I С. 637–658

Рассматриваемые образования представлены красноцветной песчаной и песчано-алевролитом-глинистой формациями. Первая сложена крепкими массивными песчаниками кварцевыми с небольшим содержанием полевого шпата, с обломками кремнистых и метаморфизованных пород очень плохо отсортированными. В тяжелой фракции много циркона, турмалина, анатаза, гранат отсутствует.

Песчано-алевролитом-глинистая формация в основании сложена слюдястыми аргиллитами темно-коричневого и зеленовато-темно-серого цвета, крепкими, горизонтально и косослоистыми, с прослоями пестроцветных песчаников, алевролитов и карбонатных пород. Выше расположена толща чередующихся пачек полевошпатово-кварцевых пестроцветных песчаников, слюдястых алевролитов и слюдястых аргиллитов черных, темно-серых и коричневых. В тяжелой фракции отмечается высокое содержание граната. Общая мощность среднего рифея в Теплостанском грабене, по-видимому, составляет 600 м.

Верхнерифейско-древлянский структурный комплекс вскрыт без отбора керна скважиной Р-1 (ТЭЦ-26) на южном борту Теплостанского грабена. **Верхнерифейская формация** слагается в основании пачкой красноцветных песчаников и в верхней части алевролитами с редкими прослоями аргиллитов. Мощность превышает 200 м.

Древлянская серия нижнего венда пройдена скважиной Р-4 на юге Теплостанского грабена (ТЭЦ-26). Она представлена туфогенно-осадочными отложениями. Возраст ее установлен условно по аналогии с данными по Павлово-Посадской скважине и по наличию туфогенного материала, являющегося характерным для зубово-полянской свиты этой серии. В нижней части разреза залегают песчаники буровато-коричневые, местами более светлые, что придает им пятнистый характер. Песчаники крепкие и средней крепости, горизонтально- и косослоистые, слабо сортированные, разномзернистые, полевошпатово-кварцевые, с обломками метаморфических и эффузивных пород, с вертикальными и ветвистыми трещинами, вдоль которых порода обесцвечивается.

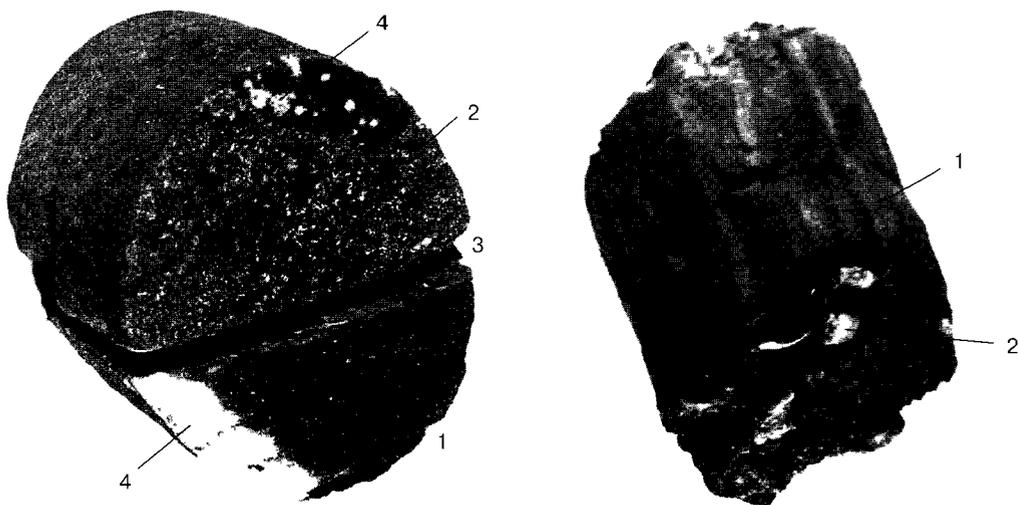


Рис 2 5 Фотография керна Битцевской скважины Р-4 (ТЭЦ-26) а – песчаник мелкозернистый (1) и среднезернистый (2), с субвертикальной трещиной (3) и следами обесцвечивания (4) – интервал 1679–1688 м (нижний венд?), б – глины темно-коричневые битуминозные со слоями ортоконглолитов (1) и прослоем полуокатанной гальки песчаника (2) – интервал 1800–1805 м (нижний венд?)

на, с глинистым материалом каолинитового состава (рис 2.5а). Трещиноватость связана с тектоническими нарушениями¹, подтвержденным и сейсморазведкой МОГТ

Отдельные прослои в разрезе образуют алевролиты и глины. Последние в интервале 1800–1805 м имеют буровато-черный цвет и тонкую слоистость, обусловленную чередованием мелкообломочных ортотуффитов и глинистых пород. Мощность слоиков от 0,2 до 1,6 мм. В породе присутствует грубообломочный материал в виде кварцита, песчаника, отмечаются зерна глауконита. Порода с резким запахом углеводородов и по всем признакам соответствует нефтематеринской. В ней присутствует значительное содержание гомологов нефтяного ряда (рис.2.5б).

Среднерифейские и верхнерифейско-древлянский структурные комплексы, расчлененные поперечными разломами на блоки, занимают различное гипсометрическое положение. Породы, слагающие их, наклонены на север – в направлении Павлово-Посадского разлома. Падение слоев достигает 20 м/км. Кроме того, структурные поверхности осложнены поднятиями. Наиболее крупным является Москворецкий вал инверсионного типа, сформировавшийся в прибортовой части Подмосквовного авлакогена в зоне Павлово-Посадского разлома.

Валдайский структурный комплекс на рассматриваемой территории объединяет плетневскую свиту нижнего венда, гаврилов-ямскую и непейцинскую свиты верхнего венда, а также любимскую и решминскую свиты поварской серии верхнего венда. Расчленение произведено по уточненной и детализированной стратиграфической схеме вендских отложений Московской синеклизы.

Плетневская свита, представленная песчаной формацией, залегает в области авлакогена несогласно на подстилающих образованиях, а трансгрессивно выходя за его пределы, непосредственно на кристаллическом фундаменте. Свита наиболее широко развита в авлакогене. Она пройдена скважинами Р-4 (глуб 1602–1640 м) и Р-1 и представлена гравелистыми песками светло-серыми, с зеленоватым оттенком, разнозернистыми, с окатанными угловатыми зернами и пластинками кварца, микроклина и ортоклаза, с глинистыми «окатышами» в основном каолинитового состава, неслоистыми. Отложения формировались в пресной воде в условиях активного опускания Теплостанского грабена по разломам. Мощность плетневской свиты около 40 м.

Гаврилов-ямская свита, представленная песчано-глинистой формацией, залегает с перерывом на подстилающих отложениях или на кристаллическом фундаменте (рис 2.4). Она состоит из двух циклов. В основании нижнего повсеместно развиты базальные песчаники, кварцево-полевошпатовые, серые и темно-серые, небольшой мощности. Выше залегают аргиллиты и аргиллитоподобные глины темно- и зеленовато-серые. Характерным для этого цикла является присутствие пепловых туфов и карбонатизированных глин.

Второй цикл сложен, в основном, аргиллитами, с полевошпатово-кварцевыми разнозернистыми песчаниками и алевролитами в основании. В глинистой части разреза породы темно-серые и черные, сильно обогащенные органическим веществом, иногда пиритизированные, горизонтально – и косослоистые. В скважине Р-4 в интервале 1551–1556 м залегает туфогенно-осадочная микрослоистая порода, с ритмичным

Кузьменко Ю.Т., Кулинский А.Я., Пименов Ю.Г. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности верхнего протерозоя района г. Москвы // Литология и полезные ископаемые. 1994, № 1. С. 109–118.

Кузьменко Ю.Т., Бурзин М.Б. Объяснительная записка к стратиграфической схеме вендских отложений Московской синеклизы (Под ред. Е.М. Аксенова и С.М. Шика) М. ИГиРГИ. 1996. 18 с.

чередованием мелких слоев мелкозернистого песчаника и мелкообломочных пепловых туфов. Последние содержат кварц характерной оскольчатой формы. Мощность свиты более 100 м на юге площади и 80 м – на севере.

Непейцинская свита, представленная алевроито-глинистой формацией, залегает согласно на гаврилов-ямской свите и имеет двухчленное строение. В подошве она сложена, в основном, аргиллитами и алевролитами зеленовато- и темно-серыми, с пленками органического вещества, пиритизированными, с прослоями песчаников и алевролитов. Верхнюю часть этой формации в большинстве своем составляют аргиллиты и аргиллитоподобные глины темно-серые, серо-зеленые, алевроитистые с подчиненными прослоями алевролитов и песчаников. Базальная их часть сложена песчаниками и алевролитами кварцевыми, мелкозернистыми и слюдястыми. Мощность свиты в Теплостанском грабене превышает 100 м, а в пределах Красногорского выступа сокращается до 30 м. Последнее указывает, что наиболее устойчивое прогибание в это время наблюдалось в области Подмосквовного авлакогена, особенно в прибортовой его части, расположенной в зоне Павлово-Посадского разлома, где сформировалась Царицынская депрессия. Дальнейшее развитие получил и Москворецкий вал.

В пределах Красногорского выступа прогибание было значительно меньшей амплитуды, седиментация осадков замедленная, что привело к резкому сокращению мощности. Кроме того, в предповаровское время верхняя часть накопленных осадков была уничтожена, сформировался выступ, осложненный тектоническими нарушениями северо-восточного простирания. В сводовой части Красногорский выступ осложнен локальной структурой – Химкинским поднятием, на востоке – сочленяется с Пушкинской депрессией.

Любимская свита поваровской серии, представленная песчано-алеврито-глинистой формацией, залегает с перерывом на подстилающих отложениях. Породы, составляющие формацию, имеют циклическое строение. Базальные части циклов сложены разнозернистыми полевошпатово-кварцевыми песчаниками и алевролитами буровато-коричневыми и зеленовато-серыми с глинистым или карбонатным цементом, с горизонтальной и косою слоистостью. Аргиллиты зеленовато-серые и темно-серые, с буроватым оттенком, горизонтально-слоистые, алевроитистые, слюдястые, с тонкими прослоями алевроита по наслоению, с зернами глауконита и пирита, присутствует обломочный материал.

В интервале 1390–1396 м скв Р–4 (ТЭЦ 26) обнаружен мелкообломочный ортофуффит, в виде чередующихся тонких (до 1–2 мм) прослоев с пирокластикой до 60% от объема породы (рис. 2.6). Кварц оскольчатый, веретенообразный, серповидный, с многочисленными вогнутыми сферами. Цемент хлорид-гидроslюдястый, с реликтами пепла, текстура породы горизонтально-микрослоистая.

В верхней части любимских отложений также впервые встречена осадочно-туфогенная порода, микрослоистая, с ритмичным чередованием тонких слоев мелкообломочных ортофуффитов, мелкозернистых аркозовых песчаников и разделяющих их маломощных (1–3 мм) аргиллитов. В ортофуффитах обломочный пирокластический и терригенный

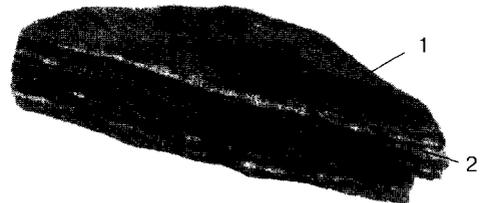


Рис 2.6 Фотография керна аргиллиты темно-серые (1) с тонкими слоями мелкообломочных ортофуффитов (2) – интервал 1390–1396 м (верхний венд любимская свита)

материал составляет 60–70% от объема породы, отмечается пиритизация. Пирокластический материал представлен оскольчатыми, верегенообразными формами, с выпукло-изогнутыми ограничениями

Мощность любимской свиты составляет на Красногорском поднятии 83 м (скв. Р-7) и на юге рассматриваемой площади 116 м (скв. Р-4). Таким образом, проявляется та же структурная дифференциация, что была отмечена для непейцинской свиты.

Красноцветная глинисто-алевролитно-песчаная формация, выделяемая в объеме *решиминской свиты*, венчает разрез докембрия. Она развита повсеместно и представлена чередующимися пачками темно-коричневых слюдястых песчаников, алевролитов и аргиллитов. Мощность этих отложений на севере г. Москвы составляет более 70 м. В южном направлении она сокращается до 45 м, и за МКАД эти отложения отсутствуют в связи с преддевонским размывом

2.3.2. Палеозой

На рубеже протерозоя и палеозоя (около 570 млн. лет тому назад) в пределах рассматриваемой части платформы, по существу закончившей свое формирование как таковой, произошли значительные изменения. Общее заметно дифференцированное прогибание земной коры с накоплением толщи осадочных пород мощностью до 350–500 м, которая составила первый ритм осадочного чехла Русской плиты, сменилось длительными и медленными восходящими движениями, охватившими обширную область платформы. И начиная с кембрийской эпохи в течение около 170 млн. лет территория Московского региона располагалась в области суши. В ее пределах господствовали процессы эрозии и денудации, в результате которых была уничтожена некоторая часть протерозойских отложений. И только в конце раннего девона (около 400 млн. лет тому назад) в результате региональной перестройки поля тектонических движений, охватившей Восточно-Европейскую платформу, ее центральные районы снова вовлекаются в длительное прогибание. В итоге в течение среднего девона-карбона (в течение более 100 млн. лет) здесь господствовал морской режим.

Девонская система (девон)

Девонские отложения в районе г. Москвы сформировались в основном в условиях морского бассейна, существовавшего с некоторыми перерывами в пределах Московской синеклизы. Наибольшая мощность девонских отложений, накопившихся примерно за 40 млн лет в центральной части этой крупнейшей впадины, составила более 1000 м. В районе г. Москвы она несколько меньше, но так же значительна – около 920 м. Морской бассейн в девонскую эпоху был типичным мелководным внутриконтинентальным морем, периодически то засоляющимся, то приобретающим нормальную соленость. В условиях хорошего газового обмена в нем существовала богатая и разнообразная морская фауна.

Девон Московского региона находится исключительно в погребенном залегании. Его изучение началось только после бурения глубоких скважин. Впервые девонские отложения были вскрыты в г. Москве в 1870 г. Скважина, пробуренная на Яузском бульваре, прошла по ним 100 м. В 1940 г. на территории городской бойни было завершено бурение скважины, прошедшей весь осадочный чехол и на глубине 1648 м вскрывшей кристаллический фундамент. Полученный керновый материал позволил разработать стратиграфическую схему девонских отложений, которая в последующие годы лишь

уточнялась в деталях. Необходимо отметить значительный вклад в изучение девона таких геологов как Р.М. Пистрак, М.С. Швецов, М.А. Болховитинова, Ю.М. Феофанова, Б.М. Данышин, а в послевоенные годы Д.Н. Утехин, Р.Б. Самоилова, В.Т. Умнова.

Девонская система в рассматриваемом районе распространена повсеместно, залегая на различных горизонтах размытого венда. Она представлена нижним, средним и верхним отделами (рис.2.7)

Нижний отдел

Эмский ярус. В самом основании девонского разреза выделяется *ряжский горизонт*, отнесенный по данным анализа ископаемых спор и пыльцы растений к верхней части эмского яруса (верхи нижнего девона). Он представлен базальными песками и алевритами, переходящими вверх по разрезу в темно- и зеленовато-серые тонкоплитчатые аргиллитоподобные глины с маломощными прослоями глинистых доломитов. Органическими остатками эти отложения бедны: встречены только обломки костей рыб.

Наибольшая для Московского региона мощность ряжского горизонта — 62 м (скв.511. Бойня) отмечается над Подмосковным авлакогеном. По-видимому, это связано с определенным наследованием древнего Подмосковного авлакогена, относительно более активным прогибанием над ним в конце раннего девона.

Средний отдел

Эйфельский ярус начинается *дорогобужским горизонтом*, сложенным чередующимися между собой сульфатными (ангидриты, гипсы) и глинисто-карбонатными (доломиты, доломитовые мергели и глины) породами. В виде включений встречается целестин (сульфат стронция). Из органических остатков содержатся остракоды, лингулы, обломки раковин брахиопод и костей рыб. Мощность дорогобужских отложений 30—48 м.

Вверх по разрезу они постепенно переходят в *клиновский горизонт*, сложенный доломитовыми глинами и мергелями с прослоями известняков и доломитов в его нижней части. Его мощность около 20 м. Возраст отложения подтверждается характерным комплексом остракод.

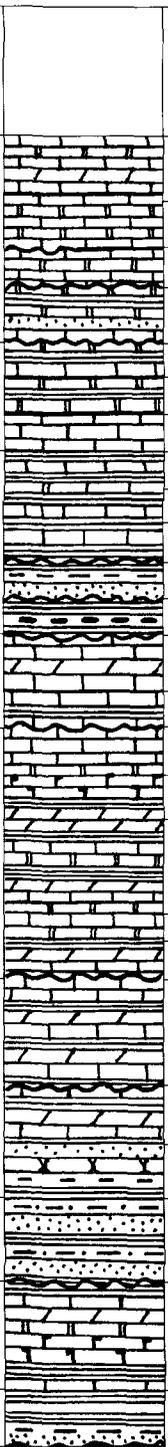
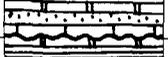
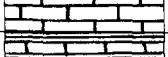
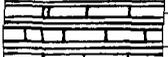
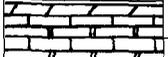
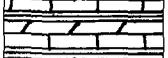
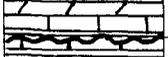
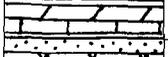
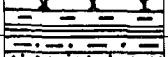
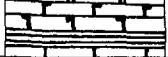
Выше развит *мосоловский горизонт*, представленный серыми, зеленовато-серыми неравномерно глинистыми, иногда органогенными известняками с тонкими прослоями мергелей и карбонатных глин. Их общая мощность составляет в среднем 40—45 м с заметным сокращением с юга на север. Возраст этих отложений подтверждается также характерным комплексом остракод. Они сформировались в морском бассейне с нормальной соленостью в так называемый мосоловский этап максимального развития эйфельской трансгрессии.

Залегающий выше *черноярский горизонт* венчает разрез эйфельского яруса. Он представлен темно-серыми и серыми тонкослоистыми известковистыми глинами с редкими прослоями глинистых мергелей и доломитов, сформировавшимися в фазу отступления эйфельского моря. В пределах г. Москвы черноярский горизонт сохранился неповсеместно, т.к. он был частично уничтожен в результате последовавшего за его накоплением кратковременным предживетским поднятием и размывом. Так, черноярские отложения не были вскрыты в центре города, в разрезе *Боенской скважины*. На остальных участках их мощность составляет первые метры.

Жакс Т.Ю. и др. Государственная геологическая карта СССР Масштаб 1:500000 Московский административно-хозяйственный район. Листы № 37-3, № 37-15-А. М.: Центргеология, 1990 (в издании)

Порядок системы	Ярусы		Индексы	Мощность, м	Описание пород	
	верх	нижний				
ИВАЯ	Сантонский-Коньякский	Хотьковский	K _{2st-k}	5-14	Глины, песчаники, трепела, пески	
	Сеноманский	Варавинский	K _{2s}	до 6	Пески яхромской свиты	
	Альбский	Кольчугинский	K _{1al}	до 38	Пески, глины, алевриты (парамоновская свита) Пески глинистые с фосфоритами (гаврилковская свита)	
	Аптский	Котловский	K _{1a}	23-40	Алевриты, пески, глины и песчаники волгушинской и ворохобинской свит Пески белые с прослоями глин (икшинская свита)	
	Барремский		K _{1br}	3-13	Переслаивание алевритов и песков (бутовская свита)	
	-----	Владимирский	K _{1g}	12-25	Алевриты, глины, пески (котельниковская, гремячевская, савельевская, дьяковская свиты)	
	Готеривский	Ярославский		6-12	Пески с линзами глин (ростовская свита)	
	Берриасский	Лыткаринский	K _{1b}	35-60	Пески белые (люберецкая свита мощностью до 30 м) Переслаивание глинистых песков, алевритов и песчаных глин (кунцевская свита мощностью до 20 м) Пески со стяжением фосфоритов (лопатинская свита)	
	ОЗО	Титонский	Мневниковский Костромской	J _{3tt}	до 13	Алевриты и пески с фосфоритами, ниже глины и пески
		Кимериджский	Ермолинский	J _{3km-k}	5-12	Глины черные и очень плотные
		Оксфордский	Коломенский Подмосковский		15-27	Глины черные, серые, массивные сланцеватые
		ЮРС	Келловейский	Подосиновский	J _{3k}	3-16
Пронский				5-18		Глины, мергели, пески, песчаники (криушская свита)
Елатьминский				5-20	Частое переслаивание песков глинистых, алевритов и глин тонкопесчаных (люблинская свита)	
МЕС	Батский	Мещерский	J _{2bt-b}	6-29	Глины углистые и пески (москворецкая свита) Глины (кудиновская свита)	
	Байосский					
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ КАМЕННОУГОЛЬНАЯ	Гжельский	Добрятинский	C _{3g}	до 20	Глины, прослойки песков, редко мергелей, известняков и доломитов (речицкая свита)	
	Касимовский	Дорогомиловский	C _{3k}	до 29	Глины, мергели, доломиты с редкими прослоями известняков (второй ритм) Мергели, доломиты, глины, известняки и доломиты (первый ритм)	
		Хамовнический		12-19	Мергели, глины и известняки	
		Кревякинский		13-22	Переслаивание красноцветных глин и мергелей, ниже известняки, прослойки доломитов, в основании известняковый конгломерат	

Рис 27 Сводная стратиграфическая колонка дочетвертичных отложений территории г Москвы

но о а р э	р а з н о с т я	с и с т е м а	л е д т о	Ярусы	Горизонты	Ин- дек- сы		Мо- щно- сть, м	Описание пород				
Ф А Н Е Р О З О Й С К А Я	Д Е В О Н С К А Я	с р е д н я я	с р е д н я я	Московский	Мячковский	C _{2m}		21–26	Известняки с прослоями доломитов и реже мергелей				
					Подольский			32–41	Ритмичное чередование известняков и доломитов				
					Каширский			55–60	Известняки с прослоями доломитов				
					Верейский			14	Доломиты, глины, в основании пески и известняки				
				Серпуховский	Протвинский	C _{1v}		35	Доломиты, известняки, прослой глины				
					Стешевский			20	Доломиты с прослоями глины				
					Тарусский			9–10	Известняки				
				Визейский	Веневский	C _{1v}		10–15	Ритмично чередующиеся глины и известняки				
					Михайловский			15					
					Алексинский			15–16					
	Тульский		до 30		Глины, глинистые алевриты и пески								
	Турнейский	Бобриковский	C _{1t}		5–11	Глины с углистыми пропластками							
		Упинский			15–20	Известняки с прослоями мергелей							
	П А Л Е О З О Й С К А Я	в е р х н я я	с р е д н я я	с р е д н я я	Фаменский	Хованский	D _{3fm}		12	Известняки			
						Озерский			60–65	Доломиты с прослоями гипсов, ангидритов, глины и мергелей			
						Плавский Оптуховский Лебедянский			135	Мергели и глины иногда загипсованные, известняки и доломиты			
						Елецкий			25–35	Известняки и доломиты			
					Франский	Задонский	D _{3f}		15–20	Глины, мергели и известняки			
						Ливенский Евланский Воронежский Петинский			до 155	Известняки, глины и мергели			
						Семилукский Саргаевский			до 100	Известняки и глины с прослоями мергелей			
Д Е В О Н С К А Я					н и ж н я я	с р е д н я я	с р е д н я я	Живетский	Мулинский Ардатовский Воробьевский	D _{2gv}		100	Пески, песчаники, алевриты и глины
									Эйфельский		Черноярский Мосоловский Клинцовский Дорогобужский		до 120
								Эмский	Рязский	D _{1e}		62	Глины с прослоями доломитов и с песком, алевритами в основании

Докембрий

Следующий этап опускания и осадконакопления охватывает живет- раннефранское время, когда на рассматриваемой территории существовал мелководный опресненный морской бассейн.

Живетский ярус на территории г.Москвы представлен воробьевским, ардатовским и муллинским горизонтами, объединенными в *старооскольский надгоризонт*. *Воробьевский горизонт* сложен светлыми кварцевыми песками, иногда с глауконитом и желтовато-серыми алевритовыми слюдястыми глинами с растительными остатками. В *ардатовском горизонте* наблюдается чередование серых алевролитов с глинистым, карбонатным или сидеритовым цементом и темно-серых глин, содержащих обугленные растительные остатки. В *муллинском горизонте* – пестрокрашенные песчано-глинистые породы, слюдястые, с конкрециями сидерита и лимонита. Мощностъ старооскольского надгоризонта в г. Москве около 80 м.

Верхний отдел

Франский ярус в нижней части представлен отложениями *огаревской толщи (нашийский и тиманский горизонты)*, литологически сходной с нижележащими старооскольскими отложениями. В ее основании залегают светло-серые и серые, тонко- и мелкозернистые кварцевые и слюдястые пески, иногда рыхлые песчаники на сидеритовом цементе. Выше чередуются пестрокрашенные алевролиты и глины. Вблизи кровли иногда отмечаются прослои известковистых глин и мергелей. В породах определен характерны для огаревской толщи комплекс спор ископаемых растений. Мощностъ огаревской толщи в г. Москве около 100 м.

Вышезалегающие отложения *саргаевского горизонта* характеризуют начало следующей среднефранской морской трансгрессии. В ее начале оттагались глинистые и карбонатно-глинистые илы, сменившиеся позднее карбонатными. На территории г.Москвы саргаевский горизонт сложен известняками (серыми, иногда с зеленоватым оттенком, неравномерно глинистыми и доломитизированными) с редкими маломощными прослоями глин и мергелей одинаковой с известняками окраски. В известняках встречается характерный комплекс брахиопод. Мощностъ горизонта около 55 м, причем отмечается незначительное возрастание ее в северном направлении.

Семилукский горизонт приходится на максимум трансгрессии и имеет четкое ритмичное двучленное строение. Каждый из ритмов начинается глинистыми, иногда битуминозными породами и заканчивается известняками. В них встречаются остатки характерной фауны брахиопод и остракод, а также комплекс растительных спор. Мощностъ горизонта возрастает в северо-восточном направлении и в пределах города составляет около 45 м.

Верхнефранские отложения, сформировавшиеся в очередной трансгрессивный этап, с размывом залегают на семилукских. Начинаются они *петинским горизонтом*, сложенным в нижней части глинами и мергелями серовато-зеленого и коричневого цвета, а в верхней части светло-серыми слабо доломитизированными известняками. В последних встречаются брахиоподы и смешанные семилукско-воронежские комплексы остракод и спор (Жак Т.Ю..1990). Мощностъ петинского горизонта в г. Москве около 15–17 м.

Без следов размыва на нем залегают *воронежский горизонт*, представленный в нижней части разреза зеленовато- или голубовато-серыми глинами и мергелями, а в верхней части серыми слабо доломитизированными известняками. Мощностъ этого горизонта в г.Москве до 83 м (скв. 2Щбл).

Венчается разрез верхнефранского подъяруса *евлановским* и *ливенским горизонтами*, сложенными известняками (белыми и серыми с желтоватым оттенком), содержащими в средней части прослой мергели и глины. В них определены брахиоподы, а также комплексы остракод и спор, характерные для этих горизонтов. Их суммарная мощность составляет около 5–55 м, причем отмечается некоторое ее увеличение с северо-запада на юго-восток. На евлановско-ливенское время приходится максимальное развитие позднефранской морской трансгрессии.

Фаменский ярус. С размывом на ливенских отложениях залегает *задонский горизонт* нижнего фамена — глины, мергели и доломитизированные и органогенно-обломочные известняки общей мощностью около 15–20 м. В них содержится характерный комплекс спор.

Выше залегает *елецкий горизонт*, представляющий монотонный карбонатный разрез известняки и доломиты буровато- и желтовато-серого цвета, нередко кавернозные. Их в целом незначительная (25–35 м) мощность заметно возрастает в юго-восточном направлении. Общая мощность нижнего фамена также возрастает в этом направлении.

В составе среднего фамена в пределах территории г. Москвы выделены *лебедянский*, *оптуховский* и *плавский горизонты*, представленные доломитизированными известняками, доломитами, мергелями и глинами, иногда интенсивно загипсованными. Глины доминируют в лебедянском и низах оптуховского горизонтов, наоборот, чистые карбонатные разности тяготеют к верхам оптуховского и низам плавского горизонтов. В пределах г. Москвы мощность среднего фамена достигает значений максимальных для всего Московского региона — 135 м.

Верхний фамен, венчающий разрез девона, представлен *озерским* и *хованским горизонтами*. Первый без следов перерыва перекрывает плавский горизонт и сложен доломитами, часто строматолитовыми, с прослоями «угледоломитов», гипсов ангидритов, глин и доломитовых мергелей. Мощность озерского горизонта около 60–65 м. В породах определен характерный комплекс спор.

Хованский горизонт сложен светло-серыми пористыми известняками. Мощность его около 12 м.

Фаменский седиментационный цикл характеризует последнюю девонскую трансгрессию, максимум которой приходится на елецкое время.

Каменноугольная система (карбон)

Каменноугольные отложения, развитые в Подмосковье и частично выходящие здесь на поверхность, являлись объектом многочисленных геологических исследований второй половины XIX и начала XX веков. В тридцатые годы текущего столетия А. П. Левашовым были сделаны первые обобщения по стратиграфии, фауне и литологии среднего и верхнего карбона Московской области. Много новых данных было получено в предвоенные годы при изучении керна глубоких скважин, пробуренных на территории г. Москвы, а также при строительстве первых линий метро.

Большое внимание стратификации средне- и верхнекаменноугольных отложений уделял Б. М. Данышин¹. В частности, он впервые выделил в составе касимовского горизонта верхнего карбона четыре литологические толщи (сверху вниз) — яузскую, до-

¹ Данышин Б. М. Геологическое строение и полезные ископаемые Москвы и ее окрестности (природная зона). М.: Изд-во МОИП, 1947. 304 с.

рогомиловскую, хамовническую и кревкинскую. Меньшее внимание им было уделено стратификации нижнего отдела карбона в его известной монографии нижнекаменноугольные отложения были охарактеризованы лишь в обобщенном виде, с выделением верхней — карбонатной — и нижней — песчано-глинистой части разреза

В последнее время в ходе проведения крупномасштабного геологического картирования (С М Шик и И И Мешерякова 1990) и подготовки второго издания Московской серии листов Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 (И И Мешерякова, 1996 г) был скрупулезно переработан весь фактический материал, полученный в 50–90-е годы в процессе проведения различных инженерно-геологических изысканий. Предлагаемая характеристика каменноугольных отложений отражает современную степень их изученности.

Каменноугольная система на территории г. Москвы представлена всеми тремя ее отделами.

Нижний отдел

В его составе выделены (снизу вверх) турнейский, визейский и серпуховский ярусы.

Турнейский ярус с небольшим стратиграфическим перерывом перекрывает верхнефанадиевые отложения. Разрез его начинается *купавнинской свитой* сложной темно-серыми и серыми глинами и светло-серыми мелкозернистыми бисферовыми известняками. Мощность этой свиты — 2–3 м.

На ней согласно залегает *малевский горизонт*, в нижней части которого развиты глины зеленовато- и голубовато-серые, тонкоплитчатые, а в верхней — также окрашенные детритовые (состоящие из обломков фауны) известняки. В г. Москве мощность этого горизонта примерно вдвое превышает типичные для Подмосковья значения и равна 14 м. По-видимому, это связано с оживлением развития конседиментационной впадины, отмеченной над Подмосковным авлакогеном в конце раннего девона.

Малевские отложения согласно перекрыты *упинским горизонтом*, который сложен серыми и желтовато-серыми известняками, содержащими в основном в нижней части разреза, прослойки мергелей и глинистых известняков. Мощность его в г. Москве 15–20 м. Эти известняки завершают разрез нижнетурнейского подъяруса, формировавшегося в условиях морской трансгрессии, охватившей значительную часть Восточно-Европейской платформы. Максимум трансгрессии придется на малевско-упинское время.

Визейский ярус нижнего карбона включает (снизу вверх) бобринский, тульский, алексинский, михайловский и веневский горизонты. Характер фаций и условия залегания первого из них позволяют однозначно предположить наличие существенного поднятия рассматриваемого района в предбобринское время, в результате которого была в различной степени сокращена (размыта) мощность упинского горизонта и полностью уничтожены верхнетурнейские и нижневизейские отложения. Сформировалась крупная система предвизейских и ранневизейских палеорек, глубоко эродировавших карбонатную турнейскую поверхность. Территория города Москвы находится в пределах водораздела между двумя крупными палеодолинами — Древне-Пронской на западе и Скопинской на востоке.

По материалам бурения установлено, что в г. Москве *бобринский горизонт* с размытием залегает на упинских отложениях. Мощность его здесь относительно неболь-

Махлина М.Х., Вдовенко М.В., Алексеев А.С. и др. Нижний карбон Московской синеклизы и Воронежской антеклизы. М.: Наука, 1993.

шая: в Ордынской скважине 11 м, в Краснопресненской — 6 м, в Боевской — 5 м. Представлен бобриковский горизонт глинами темно-серыми и черными, каолиновыми, песчанистыми и углистыми с пропластками (3–5 см) угля. По данным С.М.Нау-мовой, по спорному составу уголь из Краснопресненской скважины идентичен ос-новному пласту южного крыла Подмоскownого бурогольного бассейна.

На неровной размытой поверхности бобриковского горизонта залегает *тульский горизонт*. В разрезе Краснопресненской скважины нижняя часть этого горизонта представлена песками и глинистыми алевритами, а верхняя — глинами и глинистыми алевритами. Эти осадки формировались в условиях мелководного морского бассейна, ингрессировавшего с юга по многочисленным предтульским долинам и их притокам, в значительной мере наследовавшим предбобриковские. Мощность тульских отложе-ний до 30 м.

Выше тульского горизонта с небольшим размывом последовательно залегают *алексинский, михайловский и венеvский горизонты*, которые объединялись в окскую свиту или подъярус. Каждый из них имеет ритмичное строение: в нижней части разре-за преобладают глинистые и песчано-глинистые, а в верхней — карбонатные породы. При этом отмечается, что карбонатность в целом возрастает вверх по разрезу. В Ор-дынской скважине значительная часть алексинского горизонта представлена глина-ми, которые включают прослой песка и два прослоя известняков — нижний мощно-стью 6 м и верхний — 2 м. Мощность алексинского горизонта 15–16 м. По данным той же Ордынской скважины, михайловский горизонт мощностью 15 м представлен в нижней части (около 5 м) терригенными породами и в верхней — органогенно-детри-товыми и пятнистыми известняками. В кровле этого горизонта развит слой ризоидно-го известняка. Венеvский горизонт, мощность которого составляет 10–15 м, имеет су-щественно карбонатный состав: преобладают светлые желтовато-серые стигмариевые известняки.

Алексинские осадки формировались в условиях расширяющегося морского бас-сейна на фоне устойчивого прогибания рассматриваемой территории. Максимальное развитие трансгрессии приходится на михайловское время, когда накопление осадков происходило в условиях теплого открытого морского бассейна.

Серпуховский ярус в пределах г. Москвы распространен повсеместно. В нижней части его выделен тарусский горизонт, согласно лежащий на венеvских известняках. Он представлен разнообразными светло-серыми и серыми известняками: массивны-ми, микрослоистыми детритовыми и фораминиферо-криноидными, в верхней части разреза — с конкрециями кремня. Мощность горизонта 9–10 м.

Верхняя часть серпуховского яруса представлена *стешевским и протвинским го-ризонтами*. Первый из них имеет мощность около 20 м и, по данным московских сква-жин, в основном состоит из серых или лиловых, часто глинистых доломитов, содержа-щих конкреции кремня. В качестве прослоев наблюдаются серые и красные глины. В основании разреза отмечается маломощный прослой известняков.

Протвинский горизонт, венчающий разрез нижнего карбона на территории г. Мо-сквы, имеет трехчленное строение. Внизу развиты известняки водорослевые с мало-мощными редкими прослоями доломита, выше лежат известняки, перекристаллизо-ванные до «сахаровидных» и с желваками кремней, и венчают разрез доломиты с мало-мощными прослоями глин. В г. Москве установлена максимальная для Подмосковья мощность этого горизонта — 35 м. Колебания ее (до 10 м) полностью определяются ин-тенсивностью последующего предсреднекаменноугольного (предверейского) размыва.

Формирование отложения серпуховского яруса происходило в условиях морской трансгрессии на фоне устойчивой прогибания южного борта Московской синеклизы. В стешевское время существовал открытый мелководный морской бассейн с умеренно спокойным гидродинамическим режимом. Некоторое обмеление бассейна имело место в протвинское время. В осадках накапливался галь кремнезема (Махлина М.Х. и др., 1993 г.). Затем в результате устойчивых восходящих тектонических движений море регрессирует и наступает континентальный перерыв.

Средний отдел

Средний отдел каменноугольной системы представлен *московским ярусом*, в составе которого снизу вверх выделены верейский, каширский, подольский и мячковский горизонты.

Верейский горизонт трансгрессивно с разрывом перекрывает протвинский. В Ордынской скважине его мощность составляет 14 м. В нижней (до 1 м) части разреза он представлен красноцветными песками и белыми известняками. Выше чередуются пачки пестроокрашенных песчано-алевролитовых пород, разделенных красной глиной (общей мощностью 5 м). Верхняя часть разреза верейского горизонта первоначально была выделена под названием «Ордынских слоев»¹. К ним относятся кирпично-красные глины с мелкими раковинами брахиопод, перекрытые зеленовато- и лиловато-серыми доломитами, содержащими прослойки красно-бурого доломитового алевролита. Суммарная мощность этих слоев 8 м.

Кровля верейских отложений является маркирующим горизонтом среднего палеозоя, позволяющим выявлять структурные особенности верхней части осадочного чехла (рис 2.8).

Каширский горизонт со стратиграфическим перерывом перекрывает верейский. Он представлен ритмично чередующимися преимущественно карбонатными породами: известняками белыми и светло-серыми, органогенно-детритовыми, шламовыми, участками фораминиферовыми и криноидными, микро- и тонкозернистыми, прослоями-глинистыми. Встречаются также доломиты серые, розовато-, зеленовато- или сиреневато-серые, наравномерно глинистые, плотные, пелитоморфные и тонкозернистые, нередко окремненные.

Глинисто-мергельные прослои среди карбонатных пород, выделяемые в южном Подмоскowie в самостоятельные толщи (снизу вверх – полустовогогорскую, хатуньскую и ростиславльскую, по Олферьеву А.Г.², в пределах г. Москвы в разрезе каширского горизонта замещаются мергельно-карбонатными. Мергели доломитовые розовато-сиреневые, зеленовато-серые, плотные, пелитоморфные, тонкослоистые. Маломощные (до 0,5 м) прослои глин встречаются только в нижней части каширского горизонта. Глины светло-серые, местами со слабым зеленоватым или сиреневатым оттенком, неравномерно опесчаненные, плотные, толстоплитчатые.

В каширском горизонте наблюдается значительное окремнение пород. Встречаются желваки кремня. Возраст отложения подтверждается характерным комплексом фораминифер и брахиоподами. Мощность каширского горизонта 55–60 м.

Подольский горизонт со следами локального размыва залегает на каширском. Распространен повсеместно, за исключением небольшого участка на юго-западе тер-

Геология СССР Том IV Центр Европейской части СССР М. Недр 1971

Лаврович О.Н., Олферьев А.Г. Объяснительная записка к геологическим картам четвертичных и до-четвертичных отложений Московской области масштаба 1:500 000. 1996 (в издании)

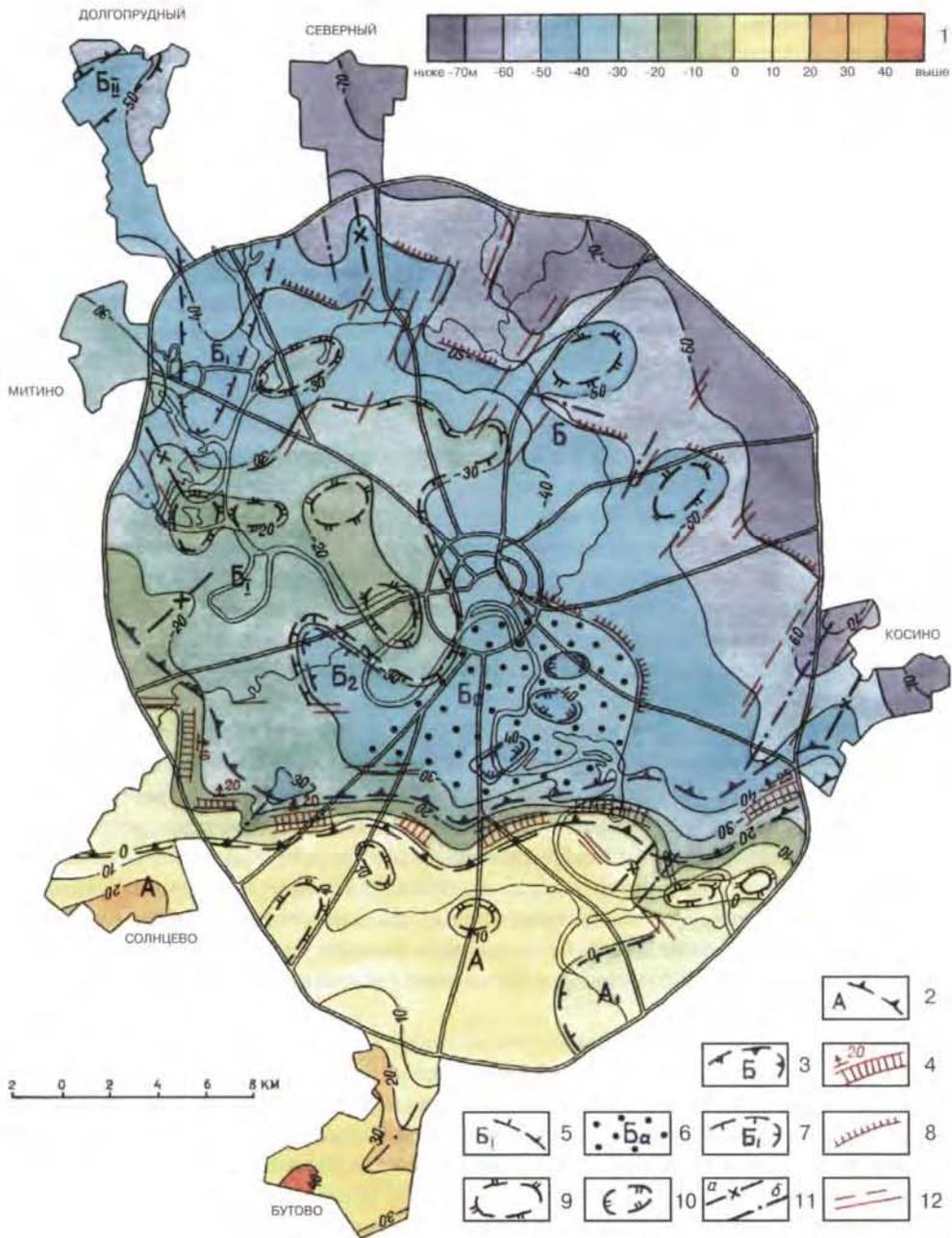


Рис 28 Схематическая структурная карта по кровле верейского горизонта среднего карбона. Составила Е А Гаврюшова по материалам Е С Артемьевой и С Н Никитина (1997 г)

1 – шкала абсолютных высот погребенной поверхности кровли верейского горизонта, в метрах, 2 – 4 – структурные формы второго порядка 2 – А – Подольский выступ, 3 – Б – Северная впадина, 4 – флексурная зона (стрелки направлены в сторону опущенного крыла, цифры обозначают наклон, м/км), 5 – 8 – структурные формы третьего порядка 5 – поднятия (Б₁ – Тушинское, Б₁₁ – Новоподрезковское), 6 – структурные террасы (Б_а – Нагатинская), 7 – прогибы (А₁ – Чертановский, Б₁ – Химкинский, Б₂ – Нижнесетуньский); 8 – структурные уступы 9 – 11 – структурные формы четвертого порядка 9 – поднятия, 10 – впадины 11 – оси структурных «носов» (а) и линейно вытянутых локальных прогибов (б), 12 – зоны повышенной трещиноватости в известняково-доломитовых породах среднего карбона

ритории г.Москвы. В строении этого горизонта наблюдается ритмичное чередование органогенно-детритовых, водорослевых, шламовых известняков и доломитов. В основании литологических циклов, соответствующих нижней — васькинской, средней — улитинской и верхней — шуровской подсветам, иногда отмечаются маломощные прослои глинистых пород.

В известняках подольского горизонта содержится характерный комплекс фораминифер и брахиоподы.

Мощность горизонта составляет около 32–35 м, редко возрастает до 41 м.

Мячковский горизонт залегает согласно на подольском. Встречается на большей части территории Москвы, отсутствуя лишь в ее южной части (микрорайоны Солнцево, Ясенево, Бирюлево), где он вместе с подольским горизонтом был уничтожен предмезозойским и предчетвертичными размывами. В составе горизонта преобладают известняки. Доломиты, а тем более мергели играют подчиненную роль. Известняки светло-серые до белых, органогенно-детритовые, кораллово-фораминиферовые, прослоями биоморфные, содержащие раковины брахиопод и одиночные кораллы. Известняки в различной степени пористые, неравномерно слабо доломитизированные, иногда встречаются желваки кремня.

Доломиты мячковского горизонта светло-серые и серые со слабым желтоватым или зеленоватым оттенками, неравномерно глинистые, плотные, иногда окремненные, местами брекчированные.

Мощность горизонта в полных разрезах в Москве изменяется от 21 до 26 м.

Анализ фаций московского яруса показывает, что его накопление произошло в условиях морского бассейна, режим которого периодически изменялся. Море трансгрессировало с востока, начиная с верейского времени в результате интенсивного регионального прогибания (Жакс Т.Ю. и др., 1990г.). Близость береговой линии бассейна и интенсивное размывание в пределах области сноса обусловили преимущественно терригенный состав верейских отложений. С каширского времени рассматриваемая территория испытывает равномерное прогибание, периодически прерываемое кратковременными поднятиями, вызывающими обмеление и регрессию морского бассейна. Максимум среднекаменноугольной трансгрессии приходится на подольское время. В мячковское время господствовали условия морского мелководья. периодическое обмеление проявилось в образовании фораминиферовых, детритовых или коралловых известняков.

Верхний отдел

Отложения верхнего карбона каменноугольной системы развиты не на всей территории г.Москвы. Южная граница их современного распространения проходит примерно по линии Никулино — Зюзино — Маркино — Капотня. Здесь представлены отложения и касимовского и гжельского ярусов.

Касимовский ярус развит в северной и центральной частях территории г.Москвы. Со следами локальных размывов касимовские отложения перекрывают мячковские. Они представлены ритмично чередующимися терригенными (глинисто-мергельными) и карбонатными (известняково-доломитовыми) породами. В основном по литологическому признаку в составе касимовского яруса выделяется три горизонта (свиты): кревьякинский, хамовнический и дорогомилловский.

Кревьякинский горизонт распространен в указанных границах распространения яруса. В основании горизонта преобладают карбонатные породы, объединенные в

суворовскую подсвиту: известняки с подчиненными прослоями доломитов (в основном вверху этой части разреза), а также глин и мергелей. В основании подсвиты залегает прослой (0,5–1,5 м) известнякового конгломерата, по подошве которого проводится граница среднего и верхнего карбона. Известняки суворовской подсвиты белые и светло-серые, мелкодетритовые и микрозернистые, мелкофораминиферовые с гастроподами и криноидеями, кавернозные. В верхней части суворовской подсвиты глинистость пород возрастает: в разрезе преобладают глинистые известняки, местами сменяющиеся плотными мергелями. Породы приобретают бледнопестроцветную окраску. Мощность суворовской подсвиты 6–9 м.

Верхняя часть кревьякинского горизонта (*воскресенская подсвита*) благодаря своему характерному литологическому составу служит одним из важнейших реперов верхнего карбона. Она сложена переслаивающимися красноцветными глинами и известковистыми и доломитовыми мергелями, содержащими подчиненные прослои *органогенных известняков и глинистых доломитов*. Глины *воскресенской подсвиты* песчаные, тонкослоистые, плотные, содержащие прослойки (1–3 см) органогенного известняка. Мощность существенно терригенной части кревьякинского горизонта от 7 до 13 м. Общая мощность горизонта 13–20 м.

Хамовнический горизонт распространен преимущественно в северной части территории г. Москвы. На кревьякинских отложениях он залегает согласно и по литологическим особенностям ему аналогичен. Нижняя *ратмировская подсвита* – существенно карбонатная: известняки светло-серые, иногда со слабым зеленоватым оттенком, мелко- и тонкозернистые, с прослоями органогенных (чаще фораминиферовых) известняков. Вверху разреза ратмировской подсвиты встречаются маломощные прослои пелитоморфных, неравномерно глинистых доломитов. Мощность нижней подсвиты 6–7 м.

Верхняя *неверовская подсвита* – существенно терригенная: в разрезе преобладают пестроцветные глинисто-мергелистые породы с сантиметровыми прослоями органогенных известняков. Доминируют в разрезе подсвиты пестроокрашенные мергели (от вишнево-красных до сиреневых и серо-зеленых) плотные, в основном доломитовые, реже известковые, переходящие в глинистые известняки, горизонтально слоистые. Глины имеют аналогичную пеструю окраску, известковистые, плотные, слоистые, прослоями алевритистые, слабо слюdistые. Мощность неверовской подсвиты на территории города колеблется от 6 до 11 м. Общая мощность хамовнического горизонта 12–18 м.

Дорогомиловский горизонт построен более сложно (по сравнению с кревьякинским и хамовническим) и включает в себя два литологических ритма. В нижней части каждого из них преобладают карбонатные породы (выделяемые как *перхуровская* и *язуская подсвиты*), а в верхней – существенно терригенные (соответственно *мещеринская* и *трошковая подсвиты*). Дорогомиловский горизонт развит в пределах северной половины территории Москвы, где он согласно залегает на хамовнических отложениях.

Перхуровская подсвита сложена ритмично чередующимися известняками и доломитами. Известняки – светло-серые, иногда с зеленоватым оттенком, органогенно-детритовые, прослоями – фораминиферовые. Доломиты аналогично окрашены, известковистые, глинистые. Встречаются прослои (мощностью 0,3–5 см) пестроокрашенных тонкослоистых плотных глин. Мощность перхуровской подсвиты в Москве 5–7 м.

Мещеряковская подсвита, которая венчает первый снизу литологический ритм дорогомиловского горизонта, представлена в основном глинистыми мергелями и доло-

митами. Лишь на северо-западе территории г. Москвы в разрезе подсвиты доминируют глины темно-вишневые, красно-бурые, доломитовые, плотные, иногда аргиллитоподобные, слоистые. Мергели — пестроокрашенные (вишнево-красные, лиловые и зеленовато-серые), как правило, доломитовые, глинистые, плотные, слоистые. Доломиты — глинистые, пелитоморфные. Известняки — светло-серые, неравномерно глинистые, доломитизированные, мелкопористые. Мощность подсвиты изменяется в пределах 7–11 м.

Яузская подсвита дорогомилловского горизонта распространена в основном на северо-востоке г. Москвы и лишь на отдельных участках — в ее центре. Она повсеместно сложена доломитами, содержащими единичные тонкие прослои известняков и мергелей. Доломиты светло-серые, реже с кремовым оттенком, глинистые, плотные и микрозернистые, местами кавернозные, прослоями окремненные, иногда разрушенные до доломитовой муки. Мощность яузской подсвиты 5,5–7 м.

Разрез дорогомилловского горизонта венчает *трошковская подсвита*, в составе которой преобладают глины и мергели с подчиненными прослоями доломитов. Глины — вишнево-бурые и красные, доломитовые, либо слабо известковистые, неравномерно алевритистые, иногда плотные до аргиллитоподобных, слоистые, местами комковатые; мергели — красно- и ржаво-бурые, доломитовые или известковистые, плотные, слоистые, с редкими прослойками алевритов. Мощность трошковской подсвиты 1,5–4,0 м.

Общая мощность дорогомилловского горизонта до 18 м.

Гжельский ярус верхнего карбона развит лишь в северной части территории г. Москвы (пос Северный, Бибирево, Бабушкин). В составе его здесь выделяется в неполном объеме только *добрятинский горизонт*. В г. Москве от последующих размывов сохранился только его нижний литологический ритм — речичкая свита, состоящая из нижней — карбонатной русавкинской и верхней — терригенной шелковской подсвит. *Русавкинская подсвита*, с небольшим размывом перекрывающая касимовские отложения, представлена переслаивающимися доломитами и известняками. Известняки белые и светло-серые, плотные, содержащие рассеянный детрит брахиопод, криноидей, иглокожих, кораллов и мшанок; доломиты зеленовато-бурые, тонкозернистые, кавернозные, участками окремненные. Мощность подсвиты 3–7 м.

Шелковская подсвита сложена в основном глинами с подчиненными прослоями песков и единичными прослоями мергелей и органогенных известняков. Шелковские глины — красно-бурые, вишневые, зеленовато- и голубовато-серые, жирные и неравномерно алевритистые, неизвестковистые, горизонтально слоистые, с присыпками слюдистых алевритов по плоскостям напластования, с прослойками песков и песчаников. Мощность шелковской подсвиты в г. Москве до 12 м.

Общая мощность речичкой свиты до 19 м.

Ритмично построенные терригенные и карбонатные касимовские и гжельские отложения сформировались в условиях регрессивно-трансгрессивного морского режима, обусловленного медленно пульсирующими движениями. В результате периоды существования мелкого открытого морского бассейна с нормальной соленостью или временами с повышенной магниальностью вод чередовались с периодами обмеления моря и развития лагунных условий в его прибрежных частях (Жаке Т.Ю. и др., 1990).

В конце карбона и в пермском периоде позднего палеозоя обширная территория центра Русской плиты испытала общее значительное и длительное поднятие. Морской бассейн отступил на северо-восток и восток (ближе к Уралу), и на рассматриваемой территории установился длительный период континентального развития, продолжавшийся в течение около 110 млн. лет до середины юрского периода. В это время

здесь господствовали процессы выветривания и более или менее глубокого эрозийного расчленения бывших аккумулятивных равнин с разрушением некоторой части слагающих эти равнины каменноугольных отложений (особенно верхнего карбона).

2.3.3. Мезозой

На территории г.Москвы мезозой представлен не в полном объеме. Здесь развиты только юрские и меловые отложения. Это определяется указанными выше особенностями развития Московской синеклизы в конце палеозоя и первой половины мезозоя. С другой стороны, на полноту сохранности разреза юры и мела существенное влияние оказали последующая эрозия и покровные оледенения, неоднократно распространявшиеся на рассматриваемую территорию в плейстоценовую эпоху.

Юрская система со значительным стратиграфическим перерывом и угловым несогласием залегает на средне- и верхнекаменноугольных отложениях (соответственно в юго-западной и северо-восточной частях города). Полнота разреза юрских отложений в значительной мере определяется рельефом перекрываемой ими поверхности каменноугольных пород (рис. 2.9, 2.11). Наиболее древние из юрских напластования сглаживают его неровности, заполняя палеодолины. Сложный характер предъюрского (точнее, предсреднеюрского) рельефа на рассматриваемой территории ранее уже отмечался рядом исследователей. Б.М.Даньшин (1947) в качестве основного элемента этого рельефа выделил крупную субширотную палеодолину, названную им «Главной Московской ложбиной». Заложение этой уникальной геоморфологической формы, несомненно, определялось структурно-тектоническим фактором: она развита вдоль крупной шовной зоны, ограничивающей с севера докембрийский Подмосковский авлакоген, активность которой проявлялась как в палеозое (см. рис. 2.8), так и мезозое (рис. 2.10). Превышения палеоводоразделов над тальвегом палеодолины составляют 40–60 м. Палеодолина имеет ряд притоков, из которых хотелось бы обратить внимание на Рублевскую ложбину, с которой согласуется направление верхнего (в пределах Москвы) участка р.Москвы, и Измайловскую ложбину, которая в общем подобна контуру будущей Яузы, но расположена в 10 км восточнее. Вместе с Главной Московской ложбиной они оконтуривают куполообразное поднятие, занимавшее обширную центральную часть территории Москвы.

В разрезе мезозойских пород на территории города выделяются три основных литолого-стратиграфических комплекса, охватывающие юрскую и меловую системы: алеврито-песчаный бат-среднекелловей, глинистый среднекелловей – нижнекимериджский и алеврито-песчаный титон-меловой

Юрская система (Юра)

В пределах г.Москвы в составе юрской системы еще в предвоенные годы были выделены отложения баиосского, батского, келловейского, оксфордского, нижневолжского и верхневолжского ярусов, относящиеся к среднему (два первых яруса) и верхнему (остальные ярусы) отделам юры (Даньшин, 1947). Исследованиями последних лет, особенно в процессе составления государственных геологических карт масштаба 1:50 000 и 1:200 000 (Жаке и др. 1990, Артемьева и др., 1997), а также при проведении специализированных стратиграфических исследований (А.Г.Олферьев, 1996) выполнена детальная стратификация разреза всего мезозоя.

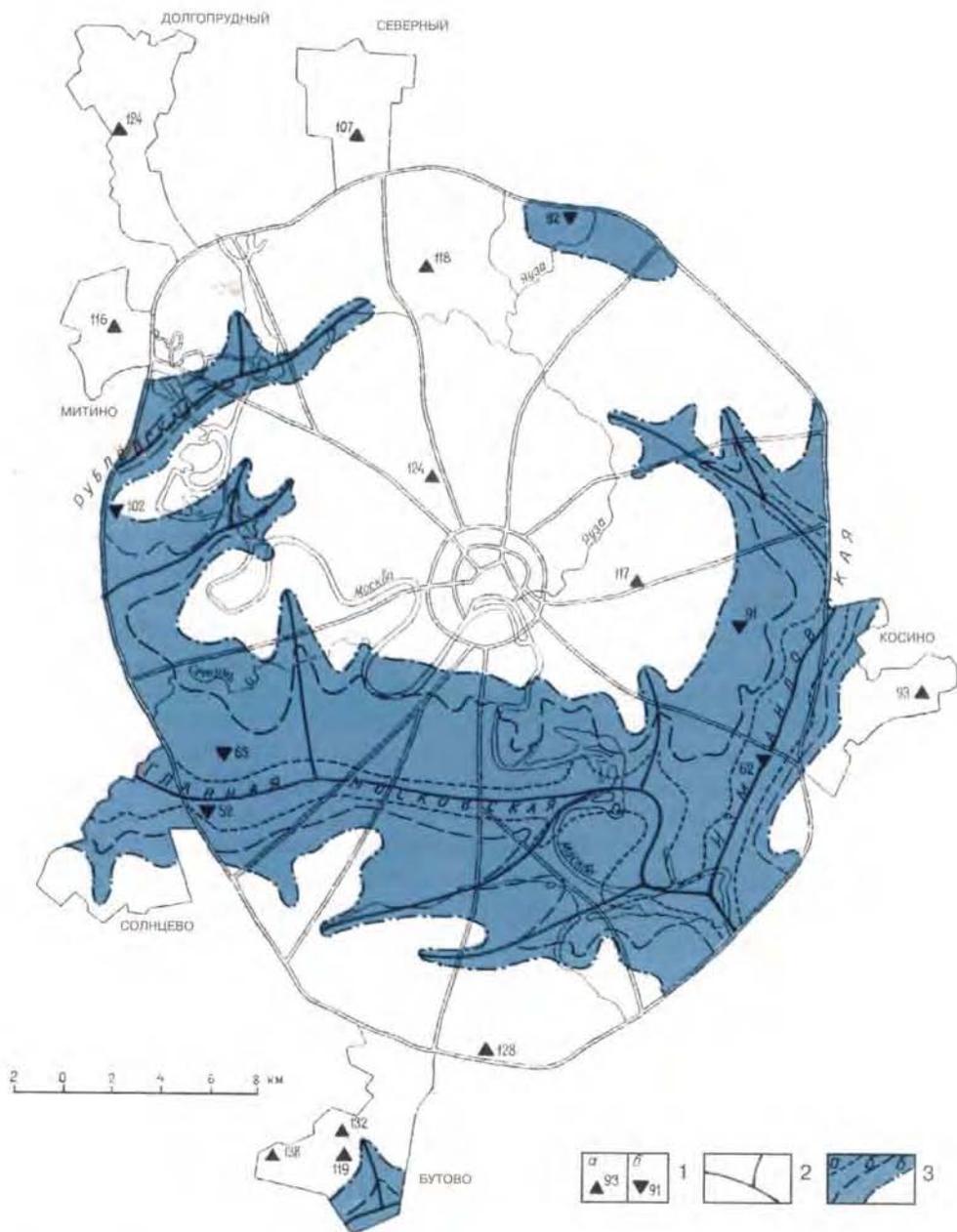


Рис. 2.9. Схема погребенных доюрских палеодолин в г. Москве. Составила Е.А. Гаврюшова по материалам Е.С. Артемьевой.

1 – абсолютные высоты в метрах поверхности каменноугольных отложений на палеоводоразделах (а) и в палеодолинах (б); 2 – тальвеги важнейших палеодолин и их притоков (на рисунке даны собственные названия); 3 – границы распространения песчаных среднеюрских отложений: а – московцевской толщи, б – ельцинского горизонта, в – криушской свиты.

Байоский и батский ярусы нерасчлененные. Наиболее древними отложениями юры, сохранившимися, в основном, на ограниченных участках территории города преимущественно в карстовых западинах древнего рельефа, считается *квдиновская толща*, представляющая низы *мешерского горизонта*. Она сложена светлыми зелено-вато-серыми тонкопесчанистыми, весьма плотными глинами. Мощность этой толщи, как правило, 1–5 м, редко до 10 м. Она сформировалась в континентальных условиях в результате накопления в понижениях доюрского рельефа продуктов выветривания каменноугольных пород.

Бат-среднекелловейский алеврито-песчаный литолого-стратиграфический комплекс, включающий континентальные отложения бата (верхняя часть разреза *мешерского горизонта*) и ингрессивные морские отложения раннего келловоя (*елатьминский горизонт*), развит фрагментарно в пределах Главной Московской ложбины, в основном, ниже района Нагатина, а также по ее притокам — Измаиловской, Сокольнической, Рублевской, Татаровской и Чертановской ложбинам (см рис. 2.9).

В верхней части мешерского горизонта выделена *москворецкая толща* мощностью 5–7 м, редко до 19 м, представленная речными песками серого и темно-серого цвета, кварцевыми, разнозернистыми, содержащими углистые включения. Изредка вверху разреза встречаются углистые плотные глины с небольшими линзами песков. Эти отложения венчают разрез батского яруса.

Елатьминский горизонт, представленный в г.Москве *люблинской толщей*, принадлежит уже келловейскому ярусу. Он представлен частым переслаиванием глинистых песков серого с коричневатым оттенком цвета, тонкозернистых, алевритов и глин тонкопесчаных, известковистых, содержащих включения обугленных растительных обломков. Люблинская толща, имеющая мощность до 20 м, но чаще 5–8 м, в значительной мере нивелируют Главную Московскую ложбину (см рис. 2.10).

Спорово-пыльцевые комплексы, изученные в аналогичных отложениях к югу от Москвы (Жак и др., 1990), указывают на наиболее вероятный раннекелловейский возраст люблинской толщи. А.Г.Олферьев указывает на находки в скважинах, пробуренных в Москве в пределах Главной Московской ложбины, обломков раннекелловейских аммонитов *Sadoceras*.

Елатьминский горизонт на дочетвертичную поверхность не выходит. Условия его залегания показаны на геологическом разрезе (см. рис. 2.11). Выше с размывом залегают морские среднекелловейские отложения (*криушская свита пронского горизонта*), венчающие разрез первого литолого-стратиграфического комплекса. Они распространены несколько шире, захватывая склоны доюрских ложбин, а местами и их водоразделы, и представлены кварцевыми разнозернистыми песками и песчаниками табачного цвета с известково-глинистым цементом. В породах встречаются многочисленные железистые оолиты. В верхах криушской свиты фиксируются прослои (мощностью до 1 м) песчано-оолитовых мергелей, которые перекрыты голубовато-серыми глинами. Среднекелловейский возраст криушской свиты подтвержден находками раковин аммонитов, белемнитов, пелещипод. Ее мощность в г.Москве обычно составляет 5–8 м, местами возрастает до 18 м.

Следующий вверх по разрезу среднекелловей-раннекимериджский литолого-стратиграфический комплекс является существенно глинистым. Он сформировался в результате наступления моря захватившего в среднем келловее рассматриваемую территорию, и распространен здесь практически повсеместно. Отсутствует он лишь на участках размывов, имевших место в кайнозой. Это хорошо видно на геологической

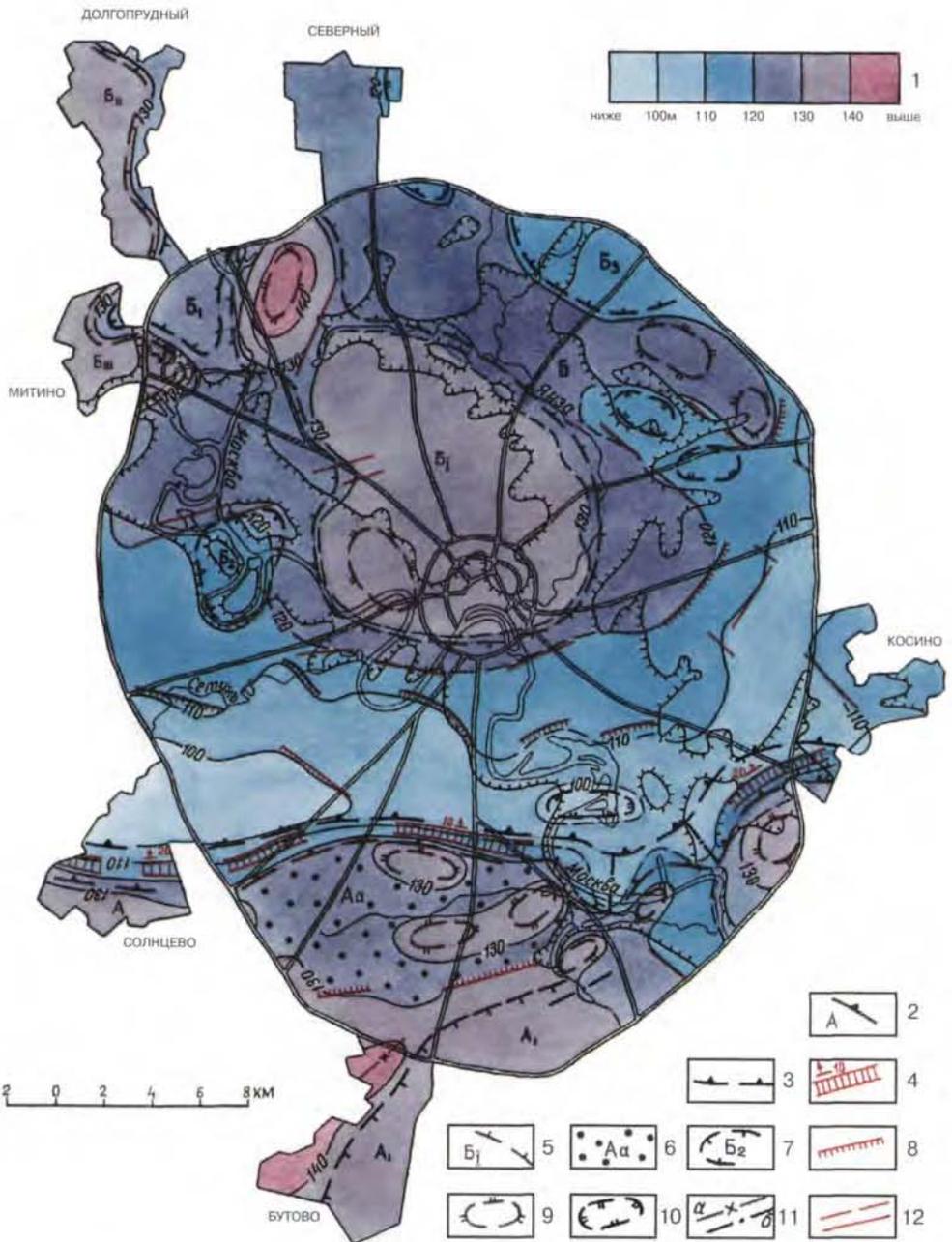


Рис. 2 10 Схематическая структурная карта по кровле средне-верхнеюрских глинистых отложений. Составила Е. А. Гаврюшова по материалам Е. С. Артемьевой и С. Н. Никитина (1997 г.)
 1 – шкала абсолютных высот кровли средне-верхнеюрских глинистых отложений, 2–4 – структурные формы второго порядка: 2–А – Подольский выступ, 3–Б – Северная впадина, 4 – флексуры (стрелки направлены в сторону опущенного крыла, цифры обозначают наклон в м/км), 5–8 – структурные формы третьего порядка: 5 – поднятия (Б_I – Востряковское, Б_{II} – Новоподрезковское, Б_{III} – Митинское), 6 – структурные террасы (А_α – Троицкая), 7 – прогибы и впадины (А₁ – Бутово-Чертановский, Б₁ – Химкинский, Б₂ – Мневниковская, Б₃ – Яузская), 8 – структурные уступы, 9–11 – структурные формы четвертого порядка: 9 – локальные поднятия, 10 – локальные впадины, 11 – оси структурных «носов» (а) и линейно вытянутых локальных прогибов (б), 12 – зоны повышенной проницаемости в песчано-глинистых породах юры и мела

карте (см. рис. 2.11), где в «окнах» размыва видны отложения карбона. Этот комплекс показан на карте нерасчлененным. Это в определенной мере связано с его практическим значением: будучи региональным водопором, он играет важную роль при оценке гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории города.

В его составе снизу вверх выделяются четыре горизонта: подосинковский, погосковский, коломенский и ермолинский. В основании самого древнего *подосинковского горизонта* залегает *великодворская свита* среднего келловея, представленная глинами серыми и светло-серыми с характерным коричневым оттенком, переполненными обломками раковин. На ней с признаками обмеления залегает *подосинковская свита*, занимающая пограничное положение между келловейским и оксфордским ярусами. Она представлена глинами стальено-серой окраски, жирными, местами слабоалевритистыми, известковистыми, плотными, массивными, с многочисленными пиритизированными остатками багряных водорослей. В своей нижней части подосинковская свита содержит остатки позднекелловейской, а в верхней – раннеоксфордской фауны. Суммарная мощность объединенных великодворской и подосинковской свит в г.Москве составляет в основном 3–10 м, но в районе Коньково-Деревлево возрастает до 16 м

Выше с размывом залегает *подмосковский горизонт*, который в пределах г.Москвы рассматривается объединенно с вышележащим *коломенским*. Оба они представлены глинами, внизу разреза темно-серыми и черными алевритистыми, вверху – белесо-серыми, сильно алевритовыми. Глины известковистые, массивные и сланцеватые, весьма плотные, содержат позднеоксфордскую фауну. Мощность их в основном 15–20 м, но в районе Солнцева, Чертанова, Сабурова, Капотни она возрастает до 27 м.

Ермолинский горизонт завершает разрез среднего литолого-стратиграфического комплекса мезозоя. В возрастном отношении он охватывает верхи верхнего оксфорда и нижнии кимеридж. Залегает с размывом или следами обмеления на различных горизонтах юры. Представлен сажисто-черными алевритистыми глинами, часто с давленными крупными обломками аммонитов, неравномерно известковистыми, очень плотными. Возраст ермолинского горизонта подтверждается содержащимися в них аммонитами позднеоксфордского и раннекимериджского времени. Мощность ермолинского горизонта, как правило, 5–8 м, редко до 12 м.

Гипсометрическая карта поверхности глинистых отложений морского среднекелловея – нижнекимериджского литолого-стратиграфического комплекса (рис 2.10) позволяет в общих чертах восстановить мезозойский структурный план в пределах территории г. Москвы. Учитывая стабильность литологического состава, особенности образования и условия залегания этих отложений, их можно считать надежным опорным горизонтом. Их поверхность имеет довольно сложный рельеф. Наиболее интересна флексура близширотной ориентации (особенно хорошо прослеживается между железнодорожной платформой Коломенское и микрорайоном Солнцево). Уклон этого горизонта в пределах флексуры достигает 10 м/км против обычного 2–2.5 м/км.

Третий, *верхнеюрско-нижнемеловой*, алеврито-песчаный литолого-стратиграфический комплекс сохранился преимущественно в пределах дочетвертичных водоразделов. Наиболее полные разрезы этих отложений отмечаются в юго-западной части города (Теплый Стан, Чертаново, Коломенское, Красный Строитель). Это хорошо видно на геологической карте дочетвертичных образований (см. рис. 2.11), где показаны границы горизонтов, входящих в состав комплекса

Непосредственно к верхнему отделу юры отнесены отложения титонского яруса, в составе которого выделяются снизу вверх *костромской* и *мневниковский горизонты*. Первый из них трансгрессивно со значительным стратиграфическим перерывом залегает на кимеридже, оксфорде или келловее и представлен внизу (3–5 м) кварц-глауконитовыми разнозернистыми глинистыми песками и выше — глинами с аммонитами *Zaraskites zaraskensis* (Murch)

Мневниковский горизонт с размывом перекрывает костромской. В нижней части его преобладают черные, иногда с зеленоватым оттенком, глауконит-кварцевые пески, с фосфоритовыми конкрециями и галькой в основании. Местами фосфоритовые конкреции спаяны в плиту. Встречается фауна аммонитов *Virgatites virgatus* (Buch). В верхней части мневниковского горизонта преобладают черные глинистые алевриты, содержащие фауну аммонитов *Virgatites rosanovi*. Суммарная мощность костромского и мневниковского горизонтов в г. Москве до 13 м.

Меловая система (Мел)

В пределах территории г.Москвы представлены нижний и верхний отделы этой системы. Несомненно, что меловой морской бассейн и его осадки были развиты практически на всей рассматриваемой территории. Два основных фактора определили современные границы их распространения и полноту разреза. Первый — это длительная эрозия и денудация, которые имели место после отступления мелового моря в конце меловой эпохи и в течение всего кайнозоя. На протяжении более 80 млн. лет разрушалась существовавшая до этого аккумулятивная равнина. Значительное изменение поверхности произошло также под воздействием покровных оледенений, распростра-

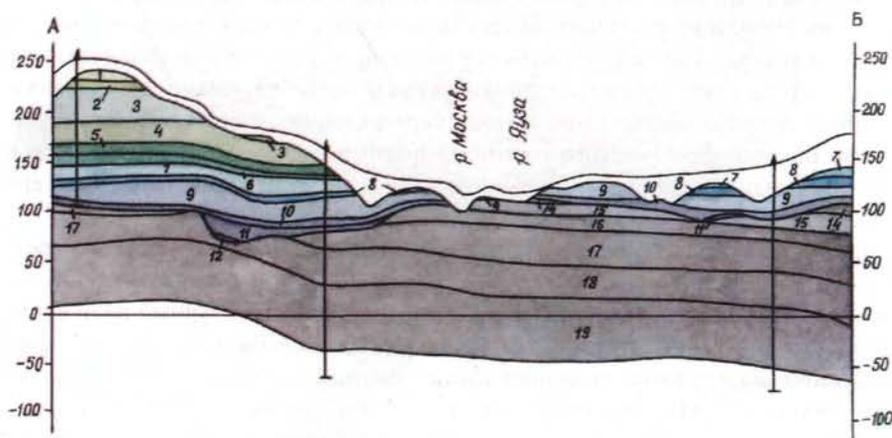
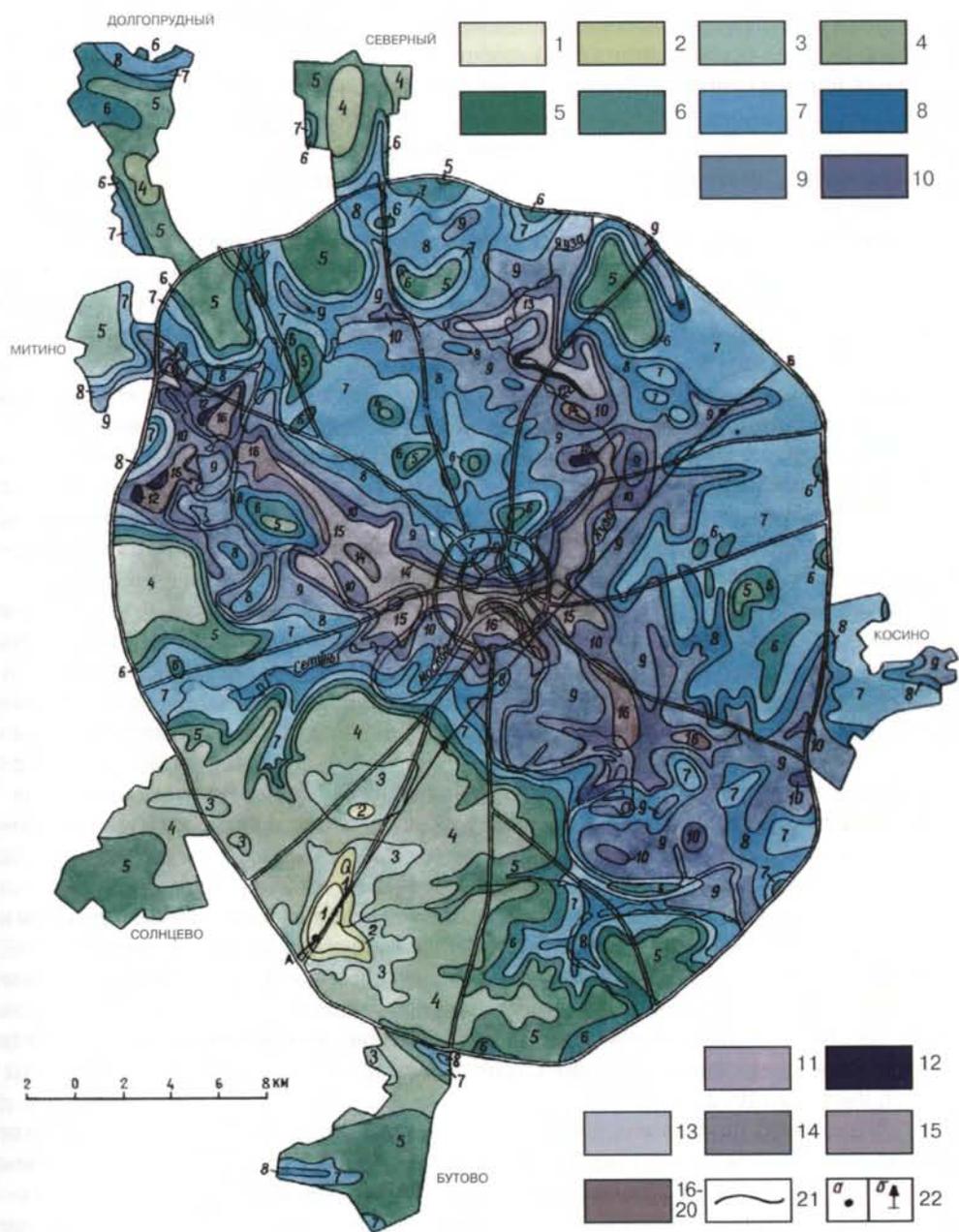


Рис 2 11 Геологическая карта и разрез дочетвертичных образований. Составила Е.А. Гаврюшова по материалам Е.С. Артемьевой («Геоцентр-Москва», 1996 г.)

1 – 6 – меловая система: 1 – коньякский и сантонский ярусы, хотьковский горизонт (глины, трепела, песчаники, пески), 2 – сеноманский ярус, варавинский горизонт (пески), 3 – альбский ярус, кольчугинский горизонт (глины, алевриты, пески), 4 – аптский ярус, котловский горизонт (пески, песчаники, алевриты, глины), 5 – верхнеготеривский подъярус и барремский ярус, владимирский горизонт (пески, алевриты с прослоями глин), 6 – нижнеготеривский подъярус, ярославский горизонт (пески), 7 – берриасский ярус нижнего мела и титонский ярус верхней юры нерасчлененные, 8 – 12 – юрская система: 8 – титонский ярус, костромской и мневниковский горизонты (алевриты, пески с фосфоритами), 9 – средне-верхнекелловейский подъярусы, оксфордский ярус и нижнекимериджский подъярус нерасчлененные (глины), 10 – среднекелловейский подъярус, пронский горизонт (пески, песчаники, оолитовые мергели), 11 – нижнекелловейский подъярус, елатьминский горизонт (пе-



реслаивание песков, алевроитов, глин) 12 – байосский и батский ярусы, мешерский горизонт 13 – 16 – верхний отдел каменноугольной системы 13 – гжельский ярус, добрятинский горизонт (известняки, редко доломиты, глины, мергели), 14 – касимовский ярус, дорогомилловский горизонт (ритмическое чередование глин, глинистых доломитов мергелей и доломитизированных известняков), 15 – касимовский ярус, хамовнический горизонт (известняки глины), 16 – касимовский ярус, кривякинский горизонт (известняки, глины), 17 – 20 – московский ярус среднего отдела каменноугольной системы (только на разрезе) 17 – мячковский горизонт (известняки, доломиты, мергели), 18 – подольский горизонт (доломиты, известняки, мергели), 19 – каширский горизонт (известняки, доломиты глины мергели), 20 – верейский горизонт (глины, мергели, известняки), 21 – геологические границы 22 – буровые скважины а – на карте, б – на разрезе

нившихся на рассматриваемую территорию в четвертичное время. В итоге наиболее полные разрезы меловых отложений сохранились в г. Москве лишь в южной части в районах Теплого Стана, Чертаново, Коломенского

Нижний отдел

Нижнемеловые отложения включают (снизу вверх) берриасский, готеривский, барремский, аптский и альбский ярусы

Берриасский ярус представлен *лыткаринским горизонтом*, нижняя граница которого опускается в титонский ярус юры. Он построен сложно. В его нижней части выделяется *лопатинская свита*, залегающая с разрывом на мневниковских отложениях. Сложена она серыми песками с зеленоватым (разной степени густоты) оттенком, мелкозернистыми, глауконит-кварцевыми, неравномерно глинистыми, в средней части со стяжениями песчаных фосфоритов. Пески гнездами сцементированы в фосфатизированные песчаники. Мощность лопатинской свиты 3–6 м, иногда до 10 м. Содержится фауна аммонитов *Kashpurites fulgens* (Traut), *Craspedites subdites*

Лопатинская свита согласно перекрыта *кунцевской толщей*. Внизу (до 10 м) в ней наблюдается частое переслаивание темно-зеленовато-серых глинистых песков, тонкозернистых, глинистых алевроитов и песчаных глин. Вверху (до 12 м) развиты преимущественно пески

Мощность *кунцевской толщи* в Москве, как правило, небольшая (8–10 м), но в районе Нижних Котлов она возрастает до 20 м. В *кунцевской толще* встречаются аммониты *Craspedites nodiger* (Eichw)

На восточной окраине г. Москвы *кунцевская толща* фашиально замещается *пюберецкой*. Последняя представлена белыми, иногда со слабым желтоватым оттенком песками, тонко- и среднезернистыми, хорошо отсортированными, мономинеральными по составу – кварцевыми, с редкими стяжениями кварцитовидных песчаников. Наибольшая мощность этих отложений до 25–30 м наблюдается на юго-востоке г. Москвы в районе Капотни

Готеривский ярус. К его нижнему подъярису в г. Москве отнесена *ростовская свита ярославского горизонта*, сложенная песками светлосветлого и темносерого цвета, мелко- и среднезернистыми, кварцевыми, с небольшой примесью глауконита, очень слабоглинистыми, содержащими редкие тонкие линзовидные прослойки светлосерых пластичных глин. На западе территории в нижней части разреза встречаются серые тонкозернистые слюдястые пески. Мощность *ростовской свиты* 6–8 м, иногда до 10–12 м

Вышележащий *владимирский горизонт*, объединяет верхнеготеривские и, возможно, часть барремских отложения. В составе горизонта снизу вверх по литологическим и фаунистическим признакам выделены *дьяковская толща*, *савельевская*, *гремячевская*, *котельниковская свиты* и *бутовская толща*

В г. Москве *дьяковская толща*, с разрывом залегающая на *ростовской свите*, представлена серовато-зелеными песчаными глауконитовыми глинами и тонко- и мелкозернистыми кварц-глауконитовыми песками. Эти пески Б. М. Данышин (1947) относил к *валанжину*. Как показали исследования последних лет (А. Г. Олферьев), достоверно установленного *валанжина* на территории г. Москвы нет. Из базальных отложений, картировавшихся ранее как *валанжинские*, была собрана более молодая раннеготеривская фауна. Мощность *дьяковских отложений* в г. Москве составляет обычно первые метры

Дьяковская толща с размывом перекрывается савельевской свитой, представленной серыми глинисто-песчаными алевритами сильно слюдястыми неплотными. Иногда по простиранию они замещаются сильно слюдястыми алевритами темно-серого (до черного) цвета. Для пород савельевской свиты характерна текстура типа «рябеш», возникающая за счет неравномерного кулисообразного распределения в общей массе породы темного глинистого и светлого алевритового материала. Мощность свиты составляет 5–7 м, редко до 10 м.

Вверх по разрезу они постепенно сменяются гремячевской свитой, сложенной темно- или коричневато-серыми, разномерными песками и песчаниками (причем погрубение наблюдается к кровле). Песчаники имеют фосфатно-сидеритовый цемент. Отмечаются примазки черных сажистых глин. Отложения содержат остатки позднеготеривских аммонитов *Sibirskites deicheni* Roem. Мощность свиты в целом 5–7 м, иногда до 10 м.

Гремячевские отложения с четким литологическим контактом перекрываются котельниковской свитой. Она представлена темно-серыми сильно глинистыми алевритами и алевритистыми глинами с характерными тонкими присылками и линзами светло-серых алевритов и тонкозернистых кварцевых песков. Мощность 2–3 м, местами до 5 м.

Барремский ярус. К нему условно отнесена *бутовская толща*. Она без следов перерыва перекрывает котельниковские отложения. В нижней части разреза развиты сиренево-серые среднеглинистые неплотные алевриты, а в верхней наблюдается частое чередование таких же алевритов с светло-серыми тонко- и мелкозернистыми песками и сиреневыми пластичными каолиновыми глинами. В песках и алевритах бутовской толщи отмечается высокое содержание турмалина. Мощность толщи 3–7 м, иногда возрастает до 13 м.

Аптский ярус в г.Москве представлен икшинской свитой *котловского горизонта*, которая с размывом ложится на баррем, либо на различные подразделения готерива. В составе ее выделяются белые и светлые желтовато-серые тонко- и мелкозернистые пески, мономинеральные кварцевые, «сыпучие», содержащие стяжения песчаников, заключающих ископаемую листовую флору, а также редкие пропластки пластичных глин. Для песков нижней части разреза развита диагональная и косая слоистость, а в верхней части наблюдается, как правило, тонкая горизонтальная слоистость. Икшинские отложения формировались в условиях подводных дельт у берега морского бассейна. Вблизи г.Москвы в них обнаружены следы ходов морских десятиногих раков.

Интересен и состав аксессуарных минералов икшинских песков, среди которых доминируют дистен и ставролит при повышенных концентрациях рутила и ильменита (пос. Красный Строитель). Мощность икшинской свиты, как правило, 10–15 м, но местами возрастает до 23 м.

В средней части котловского горизонта выделена ворохобинская свита, с местными размывами перекрывающая икшинскую. В основании этой свиты (до 1 м) залегают серые и темно-серые (до черных) тонко- и мелкозернистые глинистые пески и песчаники, выше (до 2 м) темносерые, сильно глинистые алевриты и далее вверх по разрезу – тонкое переслаивание серых песков, алевритов и черных глин. Мощность свиты составляет 6–8 м, иногда до 12 м. Икшинская и ворохобинская свиты относятся к нижнему апту.

Завершает разрез котловского горизонта волгушинская свита, с резким размывом перекрывающая ворохобинскую. Нижняя (около 2 м) часть волгушинской

свиты сложена песками и слабоцементированными средне- и грубозернистыми песчаниками со стяжениями фосфоритов или сидеритов. Выше залегают зеленовато-серые алевроиты местами сменяющиеся алевроитистыми глинами. В районе Теплого Стана преобладают грубые алевроиты и светло-серые с голубоватым оттенком тонкозернистые пески. Пески и алевроиты волгушинской свиты имеют кварц-полевошпатовый состав и гранат-эпидотовую ассоциацию аксессуарных минералов. Мощность ее до 8 м. Возраст волгушинской свиты — средний поздний апт.

Альбский ярус венчающий разрез нижнего мела сохраняется в основном в пределах Теплостанской возвышенности. Он представлен низами *колычугинского горизонта* включающего гавричковскую свиту среднего альба и парамоновскую свиту верхнего альба.

Гавричковская свита с размывом залегает на аптских отложениях и сложена темными зелено-серыми глауконит-кварцевыми разнозернистыми глинистыми песками со стяжениями фосфоритов. Их мощность составляет обычно 3–5 м, иногда увеличивается до 8 м.

Парамоновская свита по сравнению со среднеальбскими отложениями имеет широкое распространение, залегает на них со следами размыва. В нижней части (первые метры) свита сложена зеленовато-серыми глинистыми глауконит-кварцевыми алевроитами и песками. Основная часть разреза представлена черными и темно-серыми алевроитистыми глинами местами постепенно переходящими в сильно глинистые алевроиты пронизанные ископаемыми ходами и тоелов. В верхней части разреза глины сменяются глинистыми кварц-глауконитовыми тонкозернистыми песками мощностью в первые метры. Позднеальбский возраст парамоновской свиты подтвержден характерными комплексами радиотриии спор и пыльцы. Мощность парамоновских отложений в пределах Москвы около 30 м.

Верхний отдел

Отложения относимые к верхнему мелу, представлены в пределах г. Москвы сеноманским, коньякским и сантонским ярусами имеющими локальное распространение. Они сохранились лишь на самых возвышенных участках дочетвертичных палеоводо-разделов (см. рис. 2.11).

К **сеноманскому ярусу** отнесен *варавинский горизонт*, от которого в Москве сохранилась лишь нижняя часть — яхромская свита. Она сложена светло-серого цвета с желтовато-зеленоватым оттенком мелкозернистыми, кварцевыми песками, испещренными ходами роющих организмов. Их мощность до 6 м.

В составе нерасчлененных *коньякского* и *сантонского ярусов* выделен *хотьковский горизонт*, сложенный преимущественно кремнистыми образованиями и сохранившимися в тех же районах, что и сеноманские отложения. Нижняя часть его — загорская свита — представлена зеленовато-серыми мелко- и тонкозернистыми кварцевыми с глауконитом слюдястыми слабо глинистыми песками, содержащими конкреции «сливеного» кварцитоидного песчаника, имеющего кремнистый цемент. Позднеконьякский возраст загорской свиты определен в настоящее время условно. Мощность ее до 7 м.

К верхнему сантону также условно отнесены средняя — дмитровская и верхняя — тенетиковская свиты *хотьковского горизонта*. Первая из них представляет начало нового ритма осадконакопления и с размывом лежит на загорских отложениях. Она сложена пятнистоокрашенными серыми и желто-зелеными глауконит-кварцевыми тонко- и мелкозернистыми песчаниками с фосфатно-кремнистым це-

ментом переходящими в мелкозернистые пески. В породах содержится характерный комплекс радиолярий. Мощность дмитровской свиты до 3 м. Она согласно без следов перерыва в осадконакоплении перекрывается тенькиковской свитой. Последняя сложена глинистыми трепелами, зелено-серыми трепеловидными глинами и серыми песчаниками с кремнистым цементом. Мощность свиты не превышает 3–4 м.

В конце меловой эпохи, по-видимому, начиная с кампанского века, морской бассейн навсегда покидает рассматриваемую территорию. С тех пор в течение примерно 80–85 миллионов лет до настоящего времени, она представляет собой равнинную сушу.

2.3.4. Кайнозой

В течение всего кайнозоя, как уже отмечалось выше, Московский регион является частью обширной континентальной равнины, в пределах которой господствовали процессы денудации, выветривания и незначительного эрозионного расчленения.

Палеогеновые и неогеновые отложения на территории города и его ближайших окрестности не известны. Можно лишь предположить, что в неогене, в связи с общей активизацией тектонических движений и поднятием территории, началось образование речных долин, которые окончательно сформировались в раннечетвертичное время.

Четвертичная система

История изучения четвертичных отложений г. Москвы и Подмосковья эволюция взглядов на их генезис и возраст блестяще изложена в работе Б. М. Данышина (1947) «Геологическое строение и полезные ископаемые г. Москвы и ее окрестностей».

В настоящей работе использована региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений, принятая Межведомственным стратиграфическим комитетом в 1983 г. Она в значительной степени базируется на результатах геолого-съёмочных и тематических работ, выполненных Геологическим управлением Центральных районов в Подмосковье и на соседних территориях (материалы С. Л. Бреслава, И. П. Бирюкова, М. Н. Валуевой, М. И. Маудиной и др.).

Главным событием четвертичной истории Русской плиты были грандиозные ее оледенения, которые предопределили многие особенности строения покрова четвертичных отложений и рельефа.

На территории г. Москвы и ближайшего Подмосковья развиты отложения трех оледенений, возраст которых различными исследователями трактовался и до сих пор трактуется по-разному. Возраст верхней московской морены практически единодушно признается среднеплейстоценовым. В сложно построенном нижнем плейстоцене выделяются, по крайней мере, еще два моренных горизонта: нижняя морена, относившаяся к окскому оледенению, рассматривается как сетуньская, а средняя морена, которая ранее связывалась с днепровским оледенением, теперь сопоставляется с донским оледенением. Некоторые исследователи продолжают придерживаться прежней стратиграфической схемы и считают вторую сверху морену Подмосковья среднеплейстоценовой.

Четвертичные образования в г. Москве залегают на неровной поверхности дочетвертичных пород (рис. 2.12). Рельеф этой поверхности сформировался в кайнозойское время под влиянием тектонических движений, литологических неоднородностей пород верхней части осадочного чехла, дочетвертичных денудационно-аккумулятивных процессов, экзарационной деятельности четвертичных покровных ледников.

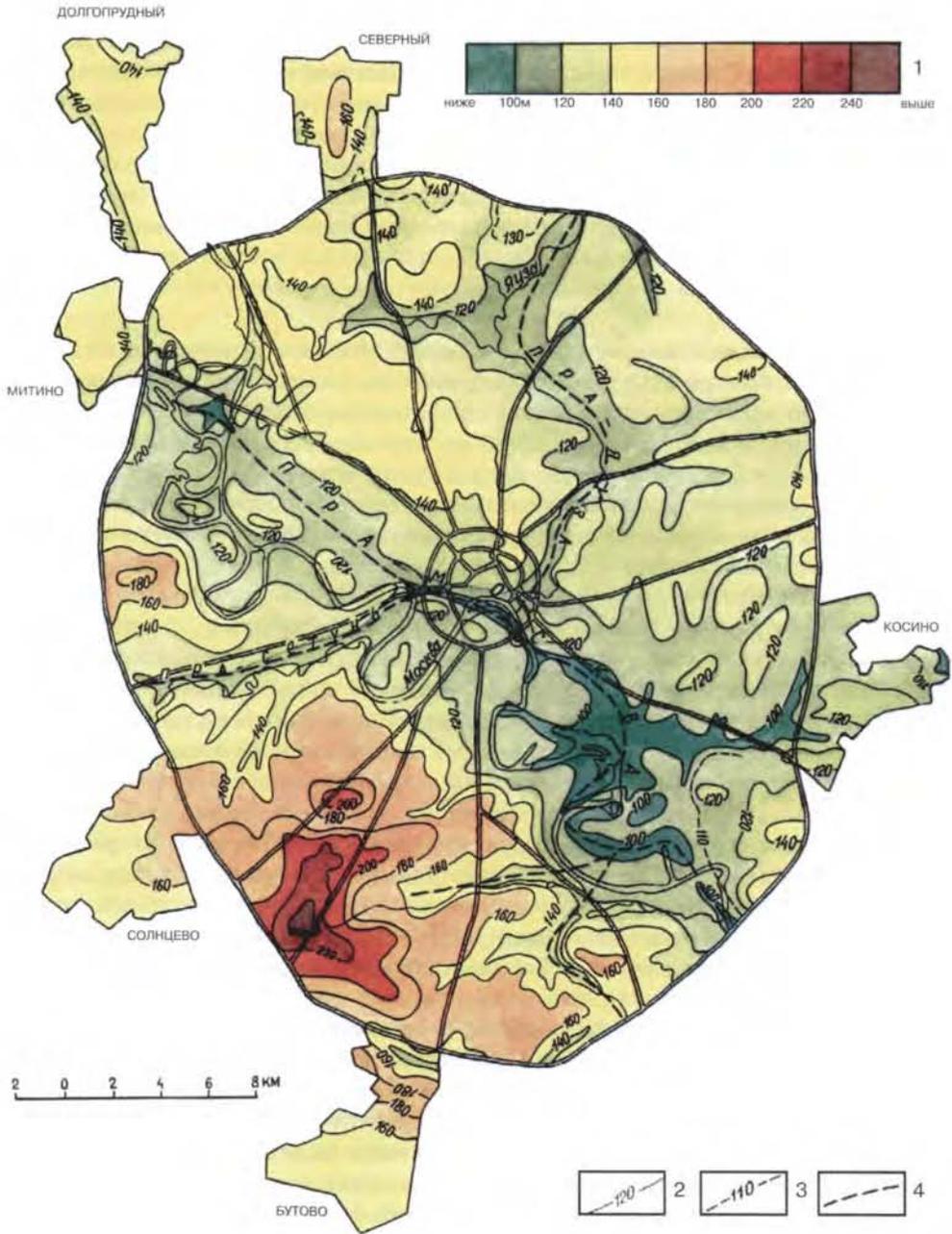


Рис 2 12 Карта рельефа подошвы четвертичных отложений в г.Москве Составила О.Н.Лаврович по материалам Е.С.Артемяевой

1 - шкала абсолютных высот подошвы четвертичных отложений в метрах, 2 - изогипсы подошвы четвертичных отложений через 20 м, 3 - то же через 10 м, 4 - тальвеги важнейших палеодолин и их притоков (на карте даны собственные названия)

Необходимо отметить, что дочетвертичный рельеф оказал существенное влияние на формирование современного. Все основные крупные формы последнего можно проследить и в доледниковом рельефе.

На дочетвертичной поверхности выделяется система палеодолин со стоком на восток, в значительной степени унаследованных современными речными долинами, которые начали формироваться во время таяния и отступления московского ледника. В первую очередь это древняя долина р. Москвы, днище которой углублено до высот 100 и даже 90 м. Следует только отметить, что миграции послеледниковой долины и большая извилистость её современного русла привели к тому, что погребенное доледниковое русло располагается под разными элементами современной долины, в том числе под третьей её террасой. Древние долины прослеживаются и у притоков р. Москвы – рек Яузы, Сетуни, Неглинки, Пахры.

Ярким элементом древнего (доледникового) рельефа является Теплостанская возвышенность, представляющая собой крупный эрозионный останец с абсолютными высотами кровли дочетвертичных пород 230–242 м. Она прекрасно выражена и в современном рельефе.

В феврале 1995 г. Межведомственным стратиграфическим комитетом принято деление четвертичной системы на два подраздела – плейстоцен и голоцен. В составе плейстоцена выделены эоплейстоцен («заря» плейстоцена интервал 1.6–0.8 млн лет) и неоплейстоцен (интервал 0.8–0.01 млн лет).

Как показали последние геологические исследования в Подмосковье, эоплейстоценовые образования на территории г. Москвы в настоящее время не известны. В составе неоплейстоцена выделяются нижнее, среднее и верхнее звенья. Голоцен представлен современным звеном. В нижнем и среднем звеньях неоплейстоцена присутствуют три разновозрастных моренных горизонта и разделяющие их водно-ледниковые и межледниковые отложения. Наиболее широко развиты ледниковые и водно-ледниковые отложения двух последних для территории г. Москвы оледенений – донского и московского (рис. 2.13). Более древние водно-ледниковые и ледниковые отложения сохранились главным образом в древних палеодолинах. Отчетливо прослеживаются два уровня зандровых отложений, связанные с последним московским ледником. В долине р. Москвы развиты три послеледниковые надпойменные и пойменная речные террасы; пойменная и две надпойменные террасы развиты и по притокам р. Москвы. Водоразделы и их склоны перекрыты перигляциальными (покровными) образованиями. Все эти водно-ледниковые и аллювиальные отложения сформировались в конце среднего и в течение позднего плейстоцена. В голоцене продолжалось образование современных аллювиальных и болотных отложений, а в результате деятельности человека формируются техногенные образования.

Неоплейстоцен

Нижнее звено. Самые древние четвертичные образования, известные на территории г. Москвы, установлены на отдельных участках в дочетвертичных долинах (в долине р. Яузы в районе Медведково, в долине р. Битцы), где залегают на дочетвертичных породах (рис. 2.14). Это – ледниковые отложения сетуньской свиты, представленные моренными суглинками темно-серого (до черного) цвета с включениями гравия и гальки. В составе последних много изверженных и метаморфических пород, среди которых преобладают темно-красные граниты, серые гранито-гнейсы, шокшинские песчаники. Мощность морены невелика – 1–5 м.

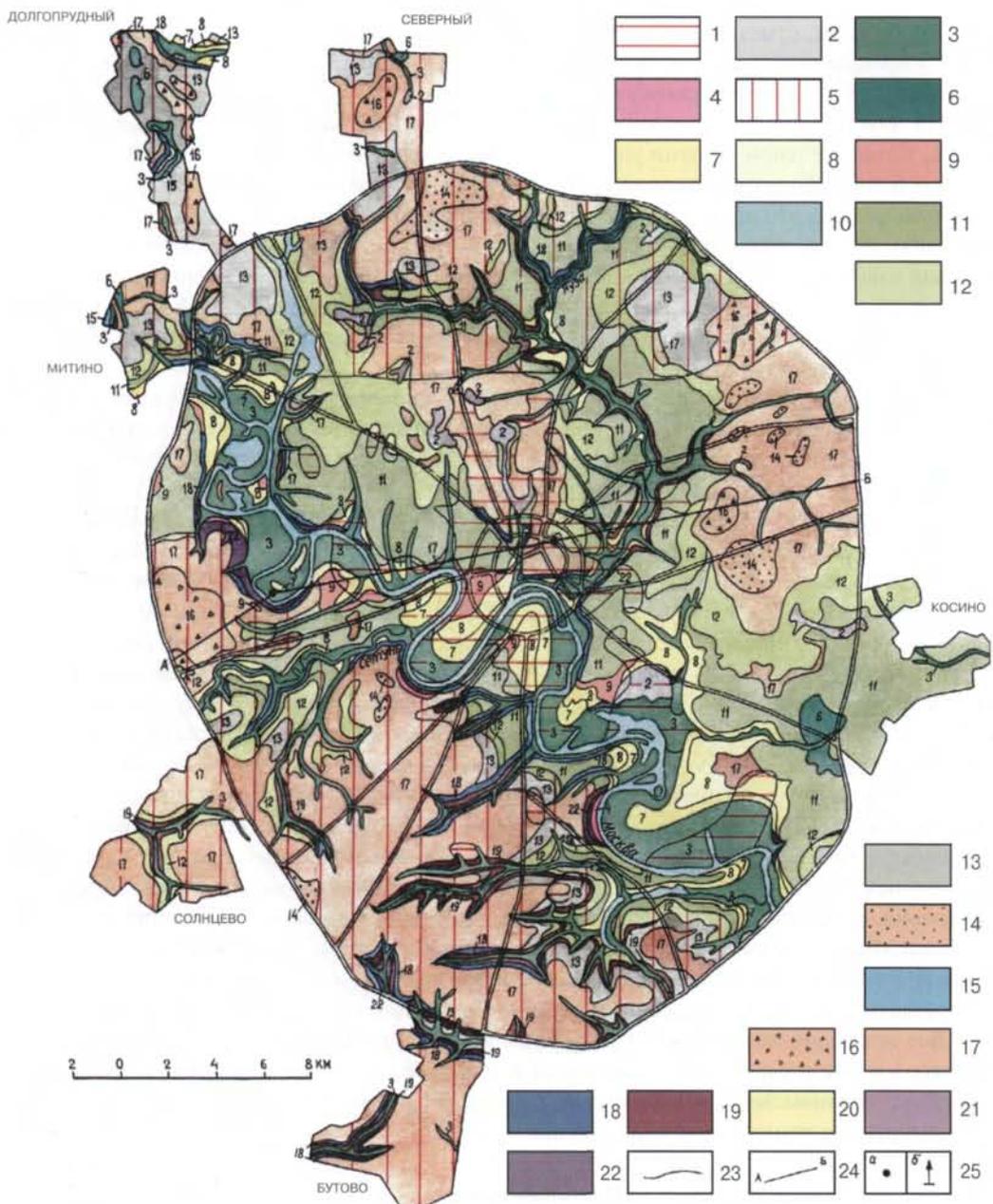


Рис 2 13 Геологическая карта четвертичных отложений и образований Составила О Н Лавровиц по материалам Е А Шулешкиной и И В Фурсиковой

1 – 3 – современное звено 1 – техногенные образования (насыпи, отвалы, свалки, суглинисто-супесчаные породы, промышленный и бытовой мусор) 2 – болотные образования (торф, суглинки с растительными остатками), 3 – аллювиальные отложения (суглинки, пески, в основании гравий и галечник), 4 – верхнее- современное звено (коллювиальные отложения, оползневые и обвальные отложения, песчано-глинистые породы) 5 – 10 – верхнее звено 5 – нерасчлененный комплекс лессово-почвенных образований, делювиально-солифлюкционных отложений склонов, аллювиально-делювиальных выветриваний древних балок (суглинки и супеси) 6 – микунинский горизонт – валдайский надгоризонт, озерные и болотные отложения (глины, суглинки с прослоями торфа, песка) 7 – мончаловский – ошашковский горизонты аллювиальные отложения первой надпойменной (серебряноборской) террасы (пески, глины, суглинки, супеси, в основании гравий, галька), 8 – 9 – ка

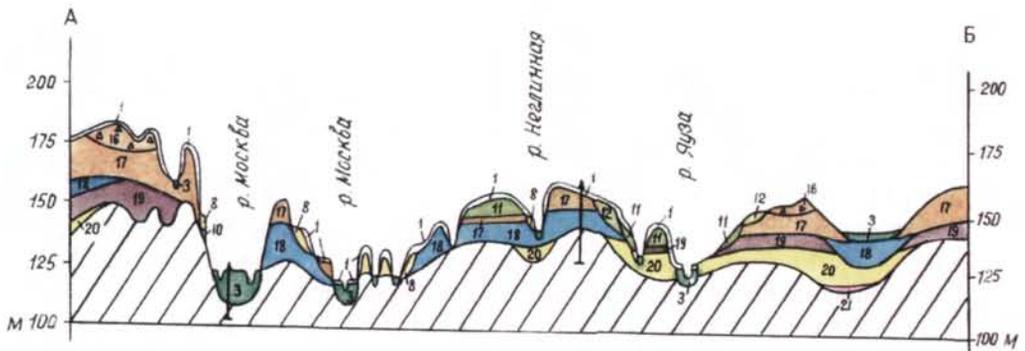


Рис 2 14 Геологический разрез четвертичных отложений территории г. Москвы по линии АБ. Условные обозначения см. на рис. 2 13

Сетуньская – донская свиты. Этот нерасчлененный комплекс водно-ледниковых, аллювиальных и озерных отложений выступает погребенные долины рек Москва и Яуза, выполняя их тальвеговые части на абсолютных высотах 100–110 м и поднимаясь на склоны до 125–145 м абсолютной высоты (рис. 2 14). Они залегают на сетуньской морене или на дочетвертичных породах и представлены в основном песками, иногда переходящими в супеси, с линзовидными прослоями суглинков и глин. В понижениях дочетвертичного рельефа, вероятно, образовались отложения ледниковых озер, представленные песками, перемежающимися с суглинками, супесями, глинами и алевритами (район Текстильщиков, Марьино). Пески – разнозернистые, преобладают средне- и мелкозернистые, существенно кварцевые, с гравийно-галечным материалом преимущественно осадочных пород. Супеси и суглинки плотные, известковистые, местами слоистые, глины и алевриты серые до черных, озерно-болотного типа с органическими остатками. В правотине р. Москвы развиты разнозернистые пески с гравием и галькой, приуроченными к нижним частям разреза, вверх сменяющиеся мелкозернистыми песками или супесями и суглинками, видимо как аллювиального, так и водно-ледникового происхождения. Такая цикличность в строении толщи может повторяться до 2–4 раз. Глины и алевриты озерно-болотного типа образуются, вероятно, в эпоху межледниковья (сукромнинского). Датированных разрезов этого межледниковья на территории г. Москвы в настоящее время нет.

Мошность отложений изменяется в широких пределах: от 2–6 м – на древних водоразделах, до 20–27 м – в древних долинах (пра-Москва, пра-Яуза); максимальные значения – 32 м – приурочены к долине пра-Москвы в районе Строгино.

Донской горизонт. Ледниковые отложения, представленные основной мореной широко развиты на территории г. Москвы. Эта морена перекрывает древние водораз-

лининский горизонт: аллювиальные отложения второй надпойменной (мневниковской) террасы; 8 – низкого уровня (пески, реже суглинки и глины); 9 – высокого уровня (пески); 10 – микулинский горизонт, озерные и болотные отложения (пески, суглинки, торф); 11–17 – среднее звено московский горизонт; 11 – аллювиально-флювиогляциальные отложения третьей надпойменной (ходьинской) террасы (пески с линзами гравия и гальки); 12 – водно-ледниковые отложения второго этапа отступления ледника (пески, реже суглинки); 13 – водно-ледниковые отложения первого этапа отступления ледника (пески, реже глины); 14 – водно-ледниковые отложения наледных озер и потоков (пески, супеси, алевриты); 15 – водно-ледниковые внутриледные и подледные отложения (пески); 16 – ледниковые отложения – конечная морена (валунные суглинки, пески, супеси); 17 – ледниковые отложения – основная морена (суглинки с гравием, галькой и валунами); 18 – нижнее-среднее звено, донской – московский горизонты; комплекс водно-ледниковых аллювиальных и озерных отложений (пески, суглинки); 19–21 – нижнее звено; 19 – донской горизонт, основная морена (валунные суглинки с линзами песка); 20 – сетуньская – донская свиты, комплекс водно-ледниковых, аллювиальных и озерных отложений (пески, супеси, суглинки); 21 – сетуньская свита, ледниковые отложения (моренные суглинки с гравием и галькой); 22 – дочетвертичные отложения; 23 – геологические границы; 24 – линии геологического разреза (см. рис. 2 14); 25 – скважины (а – на карте, б – на разрезе).

делу, выполняет днища погребенных ложбин. Отсутствует в тальвегах палеодолины рек Москвы и Яузы (в ее низовьях она была размыва потоками талых вод донского и московского ледников). На древних водоразделах морена поднимается до 170–200 м абсолютной высоты, спускаясь в древних долинах рек Москвы и Яузы до 116–120 м (рис. 2.14). На дневную поверхность донская морена выходит в цоколе третьей надпойменной террасы р.Яузы, на крутых склонах современных долин и оврагов в бассейнах рек Москвы и Сетуни, в районе Котлы – Коломенское. Морена представлена в большинстве случаев валунными суглинками, реже супесями и грубыми песчанистыми глинами. Вблизи подошвы она часто обогащена мезозойским материалом и окрашена в зеленовато-серые или черные цвета. Нередко в морене отмечаются отторженцы мезозойских пород. Отторженцы представлены сильно смятыми и разрушенными мезозойскими глинами, беспорядочно смешанными с грубозернистым несоортированным песком, гравием и галькой осадочных и метаморфических пород. Размеры отторженцев от долей метра до 8–13 м (скважины в районе Бескудниково). В составе обломочного материала донской морены отмечается низкое по сравнению с сетунской и московской моренами содержание дальнепринесенных пород (изверженных и метаморфических). В составе обломков осадочных пород преобладают известняки и доломиты среднего и верхнего карбона, иногда кремни.

На территории Москвы в 4-х обнажениях проведены замеры ориентировки длинных осей галек в морене (Жак и др., 1990 г.), которые показали, что длинные оси последних имеют северо-восточную ориентировку. Таким образом, можно предположить, что донской ледник двигался с северо-востока. В разрезе скважины, пробуренной у д.Окатово в районе аэропорта Внуково, по образцам, отобраным по всей мощности донской морены, получены радиотермомюминисцентные даты (Жак и др., 1990). Они составляют 297 ± 125 м, 595 ± 150 тыс. лет.

Мощность донской морены изменяется в широких пределах: в районе Сокольников – до 6–8 м, в районах Бабушкино, Чертаново, Кунцево – от 10 до 18 м.

Нижнее – среднее звенья. Донской – московский горизонты. Этот нерасчлененный комплекс водно-ледниковых, аллювиальных и озерных отложений выполняет палеодолины Москвы и ее притоков. Он залегает на дочетвертичных породах, сетунско-донских образованиях, либо на донской морене на абсолютных высотах от 112–120 м в палеодолинах до 160–170 м на склонах водоразделов (рис. 2.14). В генетическом отношении среди этих образований преобладают водно-ледниковые, а в ряде случаев – аллювиальные и озерные разности. Отложения представлены песками разнотернистыми, полевошпатово-кварцевыми, неравномерно глинистыми, слабо сортированными с гравием и мелкой галькой местных и экзотических пород. На древних водоразделах озерно-ледниковые отложения иногда представлены тонкопесчанистыми суглинками и супесями с прослоями глин и песков (район Очакова).

По-видимому, в этом возрастном интервале кроме водно-ледниковых отложений присутствуют аллювиальные, озерные и болотные отложения мучкапского и ливинского межледниковых горизонтов, детально изученные и надежно датированные разрезы которых известны в ближайшем Подмоскowie (Одинцово, Балашиха). Преобладающая мощность этих отложений 4–6 м, иногда возрастает до 15–16 м (Поклонная гора, Текстильщики).

Среднее звено. Из отложений этого возраста на территории г. Москвы выделяется только московский горизонт. Он представлен ледниковыми отложениями московской свиты, которая включает различные по своему составу и происхож-

дению типы отложений: ледниковые, моренные, водно-ледниковые и аллювиальные (рис 2.13 и 2.14).

Основная морена широко распространена на территории г.Москвы. Граница ее сплошного распространения, по современным представлениям, проходит непосредственно к югу от г.Москвы по р.Пахре, а далее резко поворачивает на северо-восток до р.Клязьмы. По-видимому, ледник у края был маломощным и, преодолев Теплостанскую возвышенность, к юго-востоку от нее оставил после таяния лишь маломощную морену

Московская морена плащеобразно облекает древний рельеф, поднимаясь на самые высокие участки Теплостанской возвышенности до абсолютных высот 230–243 м, а в долине р.Москвы опускаясь до 135 м. В долинах современных рек и ручьев морена размыта. Она представлена суглинками и супесями часто красно-бурого цвета, известковистыми, но в верхней части часто выщелоченными; в естественных выходах на поверхность морена рыхлая, окрашенная в красновато-кирпичные тона. В низах разреза суглинки более плотные, приобретают темно-серую и бурю окраску. Суглинки содержат щебень, гальки и валуны магматических, метаморфических и осадочных пород. Обломочный материал характеризуется высоким содержанием изверженных пород, среди которых преобладают красноцветные граниты, в том числе рапакиви, присутствуют гранит-порфиры, биотитовые гнейсы. В составе осадочных пород преобладают известняки и доломиты среднего и нижнего карбона. Состав обломочного материала свидетельствует о надвижении московского ледника с северо-запада. Это подтверждается также результатами замеров ориентировок длинных осей галек, проведенных в 4-х обнажениях в черте города. Иногда в морене встречаются небольшие отторженцы мезозойских пород, однако их гораздо меньше, чем в донской морене. По результатам термолюминисцентного датирования в Одинцовском районе (Жаке и др., 1990) возраст верхних горизонтов московской морены составляет 120 ± 30 тыс.лет и 150 ± 40 тыс.лет. Мощности московской морены в Москве невелика от 2 до 5–7 м.

Отложения конечных морен развиты, главным образом, на западе и юго-западе города, где слагают Одинцовскую и Сходненскую гряды с абсолютными значениями высот кровли 180–200 м. На восточных окраинах города конечно-моренные образования развиты в районе Реутово-Ивановское, где они также являются рельефообразующими и слагают гряды с абсолютными высотами современного рельефа 160–180 м. Отдельные «острова» конечно-моренных отложений известны в районах Измайлово и Орехово-Борисово. Эти гряды, по-видимому, фиксируют кратковременные остановки края отступающего ледника.

Конечно-моренные образования представлены песками, валунными суглинками и супесями, которые находятся в самых различных соотношениях, образуя толщи типа «слоеного пирога», в которых на долю песков приходится от 30 до 40 %. По всему разрезу отмечается примесь грубообломочного материала, петрографический состав которого аналогичен включениям в основной морене. Мощности конечно-моренных отложений обычно 10–12 м.

Водно-ледниковые внутриледные и подледные отложения распространены ограниченно на водоразделе рек Сходни и Клязьмы, где они подстилаются и перекрываются московской мореной. Это грубые, разнородные пески с большим количеством галечного материала различного петрографического состава, часто образующего прослой и линзы. Мощности отложений изменяется от первых метров до 15 м.

Водно-ледниковые наледные отложения развиты в различных частях территории на небольших по площади участках водоразделов и их склонов, сложенных москов-

ской мореной. Они достаточно разнообразны по литологическому составу: преобладают пески, супеси и алевриты. Суглинки и глины имеют подчиненное значение. В нижних частях разреза появляется небольшое количество гравия. Мощность отложений невелика — от 2 до 5 м.

Водно-ледниковые отложения первого этапа отступления ледника образуют обширные поля в северной части территории (Лосиноостровская, правый берег р Сходни). В центре города они практически отсутствуют, а на юге развиты в виде нешироких полос, приуроченных к понижениям рельефа, которые прорезаются современными водотоками (р.Битца и ее притоки) Эти отложения залегают на размытой поверхности московской морены, а при ее полном размыве и на более древних породах. Они слагают пологоволнистую поверхность с абсолютными высотами 165–170 м Эти водно-ледниковые отложения представлены песками и реже глинами. Пески тонкие глинистые, либо разнозернистые с гравием и галькой, рассеянными по разрезу или струженными в виде линз в основании толщи. Состав отложений определялся, видимо, близостью или удаленностью от края ледника. Плотные глины обычно залегают в кровле водно-ледниковых образований, где их мощность достигает 1–2 м. Общая мощность составляет 5–8 м.

Водно-ледниковые отложения второго этапа отступления московского ледника широко развиты в северных и западных районах г. Москвы (Химки, Стар.Коптево, Савеловский и Белорусский вокзалы) и на северо-востоке в бассейне р.Яузы, где они образуют пологоволнистую поверхность с абсолютными высотами 155–160 м. Они залегают преимущественно на московских ледниковых отложениях, и представлены образования тонко- и среднезернистыми песками с включением гравия и гальки в основании. Изредка в песках встречаются маломощные прослои суглинков. Мощность от 2–3 до 6–7 м.

Аллювиально-флювиогляциальные отложения третьей надпойменной (ходынской) террасы развиты в долине р.Москвы, а также по долинам рек Яузы, Лихоборки, Битцы. Высота ходынской террасы над урезом воды р.Москва и по ее притокам — 30–35 м. Эти отложения прислонены либо к московской морене, либо к водно-ледниковым отложениям времени отступления этого ледника. Сложена терраса песками. В обнажениях и карьерах (ст. Кутузово, правобережье р.Москвы), ныне застроенных, можно было наблюдать двучленное строение толщи песков, слагающих третью террасу. Верхняя часть отличается более однородным среднезернистым составом, почти горизонтальной слоистостью, отсутствием гравия и галек. Это, по генезису, аллювиальные образования. Нижняя часть сложена разнозернистыми, часто крупнозернистыми песками с линзами гравиино-галечного материала. Это, по-видимому, отложения водно-ледниковых потоков. Мощность аллювия на р.Москве — 6–7 м, на малых реках 4–5 м.

Верхнее звено. В составе этого звена выделены нерасчлененные озерные и болотные отложения микулинского горизонта и валдайского надгоризонта, комплекс покровных субаэральных образований, а также отложения первой и второй надпойменных террас; в отдельных разрезах по палеоботаническим данным удается отдельно выделить микулинские межледниковые отложения (рис. 2.13).

Микулинский горизонт — валдайский надгоризонт. Озерные и болотные отложения микулинско-валдайского времени залегают на водоразделах в понижениях рельефа, оставшихся после таяния московского ледника в северной и северо-западных частях территории города. Они представлены глинами. Суглинки имеют подчиненное значение, эпизодически отмечаются прослои торфа, супесей и песков. Мощность отложений от 1.5–2.0 до 5–7 м.

Микулинский горизонт. Озерные и болотные отложения микулинского времени распространены в пределах древних озерных котловин (Троице-Лыково, Потылиха, Филевский парк). Они залегают преимущественно на московской морене или московских водно-ледниковых образованиях. На территории города находится ряд хорошо изученных разрезов микулинских отложений с характерными для этого межледниковья спорово-пыльцевыми диаграммами и семенными флорами. Наиболее известен разрез на правом берегу р. Москвы у с. Троицкое (Троице-Лыково) на западной окраине г. Москвы, открыты еще в середине прошлого века. Б.М. Даншин по имени этого разреза предлагал называть троицким межледниковье, которое позже получило название микулинского (А.И. Москвитин, 1950). Аналогичные разрезы, не сохранившиеся до настоящего времени, были в Кутузовской слободе, на Потылихе, в Студеном овраге, доступен для наблюдения разрез в Филевском парке.

Озерно-болотные отложения внизу представлены песками, выше переходящими в супеси, алевриты и глины с прослоями сапропелита и торфа. Мощность линз сапропелита и торфа от нескольких сантиметров до 1–3 м. Мощность микулинских отложений достигает 10–12 м.

Калининский горизонт представлен аллювием второй надпойменной (мневниковской) террасы, развитой в долинах р. Москва и ее притоков. Выделяются отложения двух уровней этой террасы.

Аллювиальные отложения высокого уровня этой террасы развиты в долине р. Москвы в районах Рублево, Нижние Мневники, в Замоскворечье. Высота этого уровня террасы – 25–28 м над урезом р. Москвы. Аллювий представлен разнородными песками с гравием и галькой в низах разреза и имеет мощность до 10–12 м. Он залегают на ледниковых и водно-ледниковых образованиях нижнего и среднего неоплейстоцена, а в ряде случаев (Троице-Лыково, Филевский парк) – на озерных породах микулинского возраста.

Аллювиальные отложения низкого уровня второй надпойменной (мневниковской) террасы широко развиты в долинах р. Москвы и ее притоков. Высота этого уровня террасы 18–20 м в долине р. Москвы, 8–10 м – по ее притокам. Отложения представлены песками, реже суглинками и глинами. Пески разнородные, с гравием и галькой, горизонтально- и косослоистые. Мощность аллювия от 2–3 м на малых реках до 10–11 м на р. Москве.

Мончаловский-осташковский горизонты представлены аллювием первой надпойменной (серебряноборской) террасы. Они развиты в долине р. Москвы и ее притоков, где образуют террасу высотой 8–10 м по р. Москва и 4–5 м в долинах малых рек. Аллювию этой террасы прислонен ко второй надпойменной террасе, залегают на нижне- и среднелепесточеновых образованиях. Аллювий представлен песками; глины, суглинки и супеси имеют подчиненное значение. Пески мелко- и среднелепесточные, с гравием и галькой, содержание которых в основании разреза достигает 50–60%.

Мощность аллювия первой надпойменной террасы 10–12 м (р. Москва) и от 3–5 до 5–6 м в долинах малых рек.

К калининскому горизонту отнесен также нерасчлененный комплекс субэральных (лессово-почвенных) образований, делювиально-солифлюкционных отложений склонов, аллювиально-делювиальных выветлений балок. Субэральные покровные отложения развиты на севере и юге территории, где они плащеобразно перекрывают современные водоразделы и их склоны, третью надпойменную террасу, не спускаясь на поверхности поймы, а также первой и второй надпойменных террас. Покровные об-

разования представлены безвалунными суглинками, реже глинами и супесями. Суглинки серовато-желтые однородные, пористые неслоистые, слабопластичные, в верхней части под современной почвой суглинки обесцвечиваются, распадаются на угловатые кусочки. Там где покровные суглинки залегают на морене (Теплостанская возвышенность) они нередко связаны с ней постепенным переходом, в нижней части есть примесь мелкого обломочного материала. В этом случае их образование может быть связано с элювиальными процессами. На водно-ледниковых уровнях и на их склонах образование покровных суглинков и глин может быть связано и с делювиальными процессами.

В основании покровных суглинков часто наблюдаются следы ископаемой почвы, сформировавшейся в микучинское время на московской морене или водно-ледниковых отложениях. Такой разрез был описан Б. М. Даньшиным у Верхних Котлов.

Верхне-современное звено К ним относятся коллювиальные образования — оползневые накопления, развитые в местах бокового подмыва склонов в долине р. Москва — на Воробьевых горах, в Филевском парке, ниже Котоменского, южнее Братеева). Они представлены песчано-глинистыми толщами перемешанных четвертичных, юрских и меловых пород. Мощность отложений от первых метров до 30 м.

Голоцен

Современное звено включает самый молодой комплекс разнообразных отложений. **Аллювиальные отложения** развиты по долине р. Москва и всех ее притоков, где образуют пойменную террасу шириной от нескольких метров до 2–3 км (р. Москва). На р. Москве отмечается три уровня пойменной террасы: низкий — 1–2 м (развит фрагментарно), основной — 4–6 м и высокие — 6–8 м над урезом воды в реке. На геологической карте четвертичных образований они показаны объединенными. К высокой пойме р. Москвы на территории г. Москвы (против бывшей д. Шукино) приурочена неолитическая стоянка. На малых реках высота поймы 1–3 м. Ее ровная поверхность часто осложнена старицами, вытянутыми понижениями, занятыми болотами и мочажинами. В настоящее время поверхность поймы полностью переработана и сnivelирована. Об особенностях ее истинного рельефа можно судить лишь по названиям мест в Москве: Озерковская набережная, Лужники, Перерва, Болото и др. Пойменный аллювий залегают на различных четвертичных отложениях, а в ряде мест в пределах Садового кольца — на дочетвертичных породах.

Описываемые отложения представлены песками и суглинками, супесями и глинами. Имеют подчиненное значение, изредка встречаются торфа, мергели и алевролиты.

Выше уреза воды в р. Москва пески мелкозернистые глинистые, с растительными остатками, суглинки, глины и супесями встречаются в верхней части разреза и замещают друг друга. Ниже уреза воды по данным бурения пески разнозернистые, иногда с гравием, часто в основании толщи аллювия залегают базальный горизонт (мощностью до 2,5 м), образованный гравийно-галечным материалом. Гравий и галька хорошо окатаны, преобладают кремни, кварц, карбонатные породы.

Мощность аллювия 4–6 м в долинах малых рек, до 6–8 м у р. Яуза и 10–12 м, а местами 15–16 м в долине р. Москва.

Болотные отложения развиты как в речных долинах на поверхности поймы и первой надпойменной террасы, так и на водоразделах в небольших локальных понижениях. Крупнейшим болотным массивом является Лосиноостровское болото (площадь около 70 км²), из которого берет начало р. Яуза. Крупный болотный массив рас-

положен к северу от Текстильщиков Болотные отложения представлены торфами и торфянистыми суглинками. Торфа коричневато-черные, слаборазложившиеся, гипсовые и древесные, суглинистые, реже песчанистые. Суглинки темно-серые и темно-коричневые, иловатые, иногда песчанистые, с растительным детритом. Мощность болотных отложений от 1–2 м до 6–8 м. Местами болотные отложения подстилаются сапропелем мощностью до 1–2 м, накапливавшимся в озерах, в результате зарастания которых образовались современные болота. В окрестностях пос. Косино в Черном озере, по данным Б.М.Даньшина, мощность сапропеля достигает 8 м.

Техногенные отложения развиты широко по всей территории города. Это культурный слой, городища, насыпи автомобильных и железных дорог, отвалы карьеров и выработок Метростроя, свалки, дамбы, поля фильтрации и др. Изучение строения и мощности техногенных отложений имеет большое значение для территории г. Москва и ее окрестностей. Техногенные образования в пределах города представляют суглинисто-супесчаную породу с обломками древесины, угля, кирпича, известки, гончарной посуды и пр. В пределах Садового кольца встречаются остатки старых каменных и деревянных мостовых, следы древних укреплений. В центре города мощность культурного слоя достигает 10–15 м, а иногда и 25 м в насыпанных древних колодцах. На окраинах города в новых районах мощность техногенных образований не превышает 2 м; они представлены перекопанной местной породой. Увеличение мощности здесь отмечается в местах насыпанных оврагов, долин бывших рек и т.д.

Палеогеография плейстоцена

Постепенное похолодание климата, наметившееся в неогене, привело в плейстоцене к неоднократному оледенению территории, полностью покрывавшееся льдами не менее трех раз.

Формирование долин, заложившихся в неогеновую эпоху и выполненных аллювиальными образованиями в раннечетвертичное время, было прервано древнейшими оледенениями. На территории г. Москвы и в ближайших ее окрестностях известны следы по крайней мере двух раннеплейстоценовых оледенений: сетуньского и донского.

Сетуньское оледенение, по-видимому, оставило маломощные моренные отложения, которые в последующем были в значительной степени перемыты и уничтожены. В последующее межледниковое время произошло потепление климата, поднятие территории и образование расчлененного рельефа, формировались глубокие долины, в дальнейшем погребенные. В понижениях рельефа на водоразделах образовались озера и болота. Потепление климата привело к произрастанию на территории Подмосковья широколиственных лесов.

Следующий этап похолодания вызвал наступление донского ледника, который надвигался на сформированный эрозией рельеф Подмосковья. Воды, оттекавшие от ледника, принесли большое количество материала, заполнившего долины, выработанные в межледниковое время. Ледник продвинулся на юг далеко за пределы Московской области.

Эпоха, отделяющая донское оледенение от московского, характеризуется очень сложными колебаниями климата. По палеоботаническим данным можно говорить о двух потеплениях межледникового характера в эту эпоху, когда территория покрывалась широколиственными лесами с преобладанием дуба и вяза. Во время похолодания,

разделяющего эти два климатических оптимума, из состава древесной растительности полностью исчезли широколиственные породы, стали преобладать береза и сосна.

Последнее похолодание в раннем плейстоцене связано с продвижением окского ледника, который по современным представлениям, остановился севернее рассматриваемой территории. В пределах же последней в это время формировались озерные и аллювиальные отложения. В их спорово-пыльцевых спектрах преобладают пыльца березы (в т.ч. карликовой) и сосны, что свидетельствует о достаточно суровых климатических условиях вблизи края окского ледника.

Следующая межледниковая эпоха, лихвинская, по палинологическим данным характеризуется сложной динамикой развития растительности. Сначала росли хвойные леса с примесью широколиственных, а в конце теплого периода преобладали грабовые леса с примесью пихты.

Новое похолодание наступило в среднем плейстоцене и привело к образованию последнего (московского) ледникового покрова на рассматриваемой территории. Московский ледник перекрыл выработанный рельеф, несколько измененный деятельностью потоков, оттекавших от края наступавшего ледника. Морена московского ледника перекрыла древние водоразделы и выполнила палеодолины. Ледник при своем продвижении в соответствии с особенностями пород ложа испытывал временные остановки и изменение темпа движения. Положение края ледника в этих случаях зафиксировано в рельефе грядами конечных морен (Одинцовская, Сходненская, Апрелевская гряды).

Последующее потепление климата повлекло за собой отступление московского ледника, а рассматриваемая территория оказалась затопленной его тальми водам. В пониженных участках моренного рельефа сформировались два водно-ледниковых уровня, к которым в дальнейшем стали тяготеть современные долины рек Москвы, Яузы, Сетуни. На водораздельных локальных понижениях образовались озерные и болотные отложения.

Позднеплейстоценовый этап начался крупным межледниковым веком (микулинским), когда господствовал климат более теплый, чем современный. В период климатического оптимума в Подмоскovie произрастали широколиственные леса, состоящие из дуба, липы, вяза со значительной примесью граба.

В послемиккулинское время территория Подмоскovie больше не перекрывалась ледником. В речных долинах происходило формирование второй и первой надпойменных террас, а на водоразделах образовались озера, частично существующие до настоящего времени.

В голоцене (10 тыс. лет) установились современные условия. Существенное влияние на рельеф оказывает деятельность человека. Из многочисленных форм техногенного рельефа наиболее значимы насыпи, отвалы, карьеры, дамбы, плотины. На участках их развития первичный рельеф практически уничтожен.

2.4. Новейшая тектоническая структура и рельеф

Современный лик земной поверхности представляет особый интерес. Как уже отмечалось, он играл большую градостроительную роль во множестве ее общих и конкретных аспектов (архитектурно-планировочном, хозяйственно-экономическом, социальном, культурном, бытовом, санитарном и т.д.). Именно он был одним из определяющих в выборе самого места заложения города Москвы, а затем очень многих особен-

ностей развития ее городской структуры, условия проживания и, позволим предположить, особенностей склада его обитателей.

За время своего существования (а это более 850 лет, значимых уже в масштабе геологического времени) город существенно изменил природный рельеф и ландшафты. Жертвами развития города последовательно становились растительный покров, естественные грунты, болота, озера, реки и ручьи, низины и холмы. Не сохранились очень многие элементы природного рельефа.

Но, удивительно! Город не потерял их вовсе и хранит память о них в других формах — в виде определенных особенностей землепользования, градостроительного плана, инженерно-технических решений освоения наземного и подземного пространства. Это перевоплощение природных форм окружающей среды в элементы антропогенной или, иначе, техногенной инфраструктуры города является неоспоримым свидетельством значительной предопределенности последней.

Роль природных ландшафтов (пусть даже угнетенных или, казалось бы, вовсе уничтоженных) приходится учитывать и в наши дни. Дело в том, что формы рельефа представляют только внешний контур, который отвечает некоторым более или менее значительным объемам земной коры или геологической среды. Уничтожение или моделировка этого контура вовсе не означает, что затронуты соответствующие объемы этой среды и процессы, которые в ней происходят или могут происходить.

Современный рельеф земной поверхности и геологическая структура, проявленная на поверхности, являются в значительной мере результатом новейшего этапа тектонической эволюции литосферы, который охватывает самую позднюю часть геологической истории — поздний кайнозой. Именно в это время, начавшееся примерно 30–35 млн. лет тому назад, после длительного периода относительного тектонического покоя в конце мезозоя и раннем кайнозое, Восточно-Европейская платформа испытала заметную активизацию тектонических движений. Ее земная кора подверглась новым деформациям и существенным структурным перестройкам. По времени своего проявления они отвечают этапу глобальной тектонической активизации, которая в разных формах и с разной интенсивностью проявилась на всех континентах Земли в увеличении контрастности рельефа, горообразовании, вовлечении в поднятия платформенных территорий, в том числе ранее опускавшихся. Наиболее ярким и неоспоримым свидетельством этой активизации являются мощные процессы горообразования, которые охватили обширные области Азии, Кавказ, Альпы и т.д.

На Русской плите и, в том числе, на Московской земле новейшая тектоническая активизация проявилась не столь ярко. Тем не менее и здесь произошли существенные изменения как регионального, так и локального масштабов. Это выразилось в изменении направленности (знака) движения, перестройке структурного плана и рельефа земной поверхности. На месте существовавших ранее синеклиз и антеклиз и соответствующих им морских бассейнов или участков выровненной суши были сформированы более сложные по своей морфологии структурные формы — объемные геологические тела или блоки, которые отразились в деформациях земной поверхности, предопределивших главные черты современного рельефа, а также строение чехла позднекайнозойских отложений¹.

¹ Карта новейшей тектоники СССР м-ба 1 5 000 000 // Под ред. Н.И. Николаева и С.С. Шульца М. ГУГК, 1960

Карта геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны РСФСР. Масштаб 1:1 500 000 Гл ред. В.И. Бабак, М. ГУГК, 1984

А.Ф. Грачев Карта новейшей тектоники Северной Евразии // Разведка и охрана недр, 1996 №10 С 2–7

Что же собою представляет территория г.Москвы с точки зрения самых общих закономерностей ее новейшей тектоники и рельефа? Она органически вписывается в систему возвышенностей и низин Русской равнины и характеризуется, как и вся эта равнина, ярусным или ступенчатым характером, отражающим последовательное чередование этапов расчленения и выравнивания, связанных с периодической изменчивостью интенсивности поднятия, климатических условий и колебаний уровня моря. Поверхности палеогенового и неогенового возраста сохранились на Клипско-Дмитровской возвышенности. В районе Москвы развиты уровни в основном четвертичного возраста.

Обратимся к речным потокам, которые являются, как известно, тончайшим природным нивелиром и проявляют многие детали и закономерности, в том числе казалось бы скрытые. На рис. 2.15 приведен фрагмент уменьшенной гидрографической карты Московской губернии, составленной еще в 1926 г. И.А. Здановским в масштабе 6 верст в одном дюйме (или 1:252 000) в качестве приложения к каталогу рек и озер. Речные долины разного порядка обнаруживают со всей очевидностью, что г.Москва занимает некоторое достаточно обособленное изометричное понижение с поперечником около 40 км. Оно однозначно проявлено положением водораздельной линии, отделяющей бассейн р.Москвы от смежных бассейнов рек Истры (на северо-западе), Клязьмы (на севере), Пехорки (на востоке) и Пахры (на юге). Водораздельный контур Московского понижения представляет несколько искаженный квадрат. Влающийся далеко на северо-запад «залив» верховьев р.Сходни и ее притока Горедвы не меняют принципиальной картины. Он является сравнительно недавним «приделом» Московской впадины, возникшим в результате перехвата рр.Горедвы с Верхней Сходней, бывших притоками р.Клязьмы, левым притоком р.Москвы Нижней Сходней¹. Несколько оттянутый и открытый юго-восточный угол «квадрата» также не меняет сути дела, являясь единственным выходным каналом, дренирующим Московскую впадину.

Принципиально значимой особенностью эрозионной сети, развитой в пределах этой впадины, является ее преобладающий центростремительный характер. При этом многочисленные реки и речки, стекая к центру впадины, натываются на некоторое поднятие округлой формы и обтекают его по окружности, образованной долинами рек Яузы, Лихоборки, Химки (нижнее течение) и самой р.Москвы от Тушина до Кремля (назовем его Яузским кольцом). Поперечник этого поднятия, занимающего несколько смещенную к северу центральную часть впадины, составляет около 15 км. Таким образом, Московская впадина представляет собою наклоненную на восток несколько асимметричную неправильную чашу с выпуклым дном. Город начала XX века, как следует из рис. 2.15, в основной своей части занимал именно Центральное поднятие Московской впадины и имел почти такую же площадь.

Более детальный анализ геометрии эрозионной сети, развитой на территории Московской впадины или современного г. Москвы (их контуры практически уже совпадают), выполненный по приведенным выше картам (см рис. 1.3 и 2.15) и по

¹ В результате этого перехвата образовался глубоко врезаемый живописный средний участок долины Сходни, который резко отличается от ее нижнего участка, характеризующегося большой шириной и очень вытянутыми излучинами. Древнее название этой местности (Всходня) напоминает, что именно этот приток р.Москвы в старые времена (начиная с X века) использовался нашими далекими предками для восхождения и перехода речных судов в Клязьму и далее в Волгу.

другим изображениям существующей и потерянной (закрытой и засыпанной) гидросети, обнаруживает, что кольцевые или, точнее, радиально-концентрические элементы рельефа и неотектонической структуры являются для этой территории весьма характерными, (рис. 2 16).

Из ложбин, ориентированных согласно Яузскому кольцу и расположенных внутри его, отметим дуги. Таракановка – Ходынка (средняя часть) – Жабенка, верховье Ходынки – ручей Ермаковский, Черная – Пресня – верховье Неглинной, Березовка (верхнее течение Катенки), ручей Останкинский – слияние Копытовки и Студенца – верховье Оленьего ручья (что в Сокольниках), верховье Копытовки – Рыбинка, Ольховка – Чечера и ручей Кукуи в бывшей Немецкой слободе.

В центральной части поднятия (внутри Садового кольца), забранная целиком в трубы или засыпанная гидросеть обнаруживает аналогичные черты. Поднятие Боровицкого холма, ограниченное дугой нижнего участка р.Неглинной и Москвой-рекой, с востока замыкается понижением р.Рачка. Западный участок Бульварного кольца заложен вдоль долины р Черторыя, впадавшей в Москву у Храма Христа

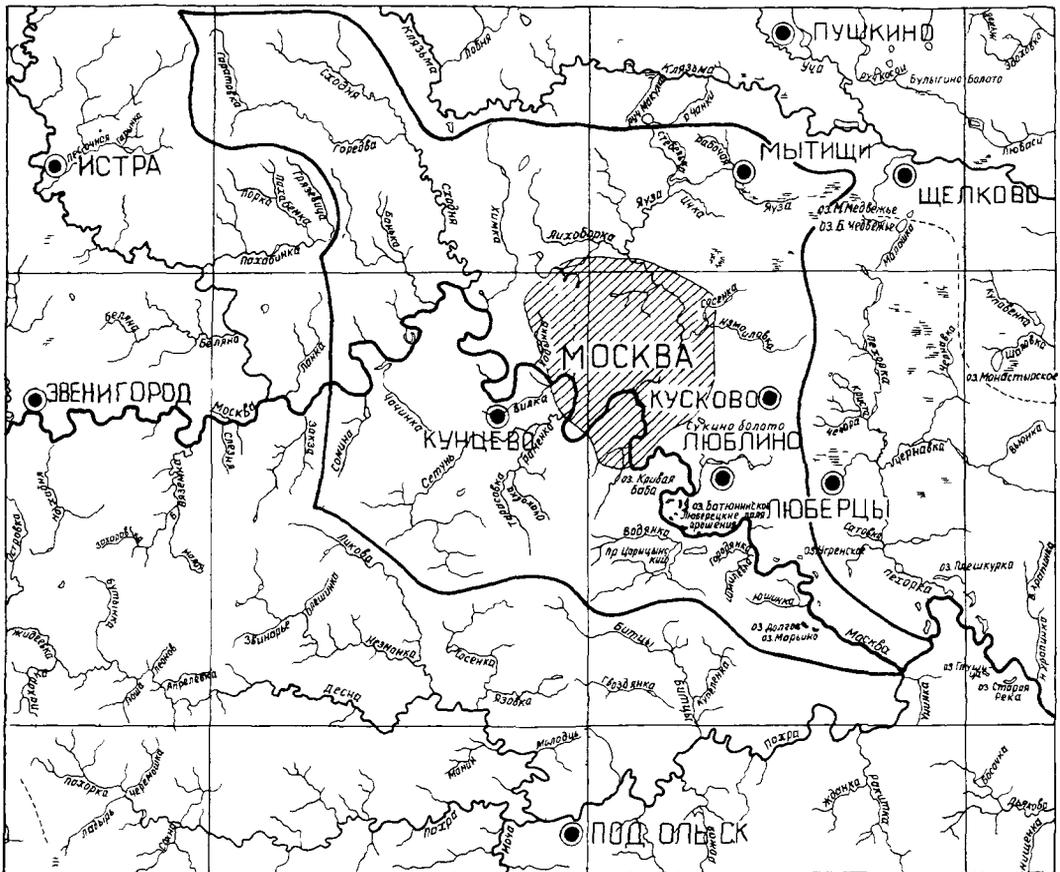


Рис 2 15 Положение г. Москвы в орогидрографической системе области. Речная сеть, водоразделы (тонкий пунктир) и контуры города (штриховка) даны по гидрографической карте Московской губернии (Здановский, 1926 г.). Жирной линией обозначен главный водораздел Московской впадины.

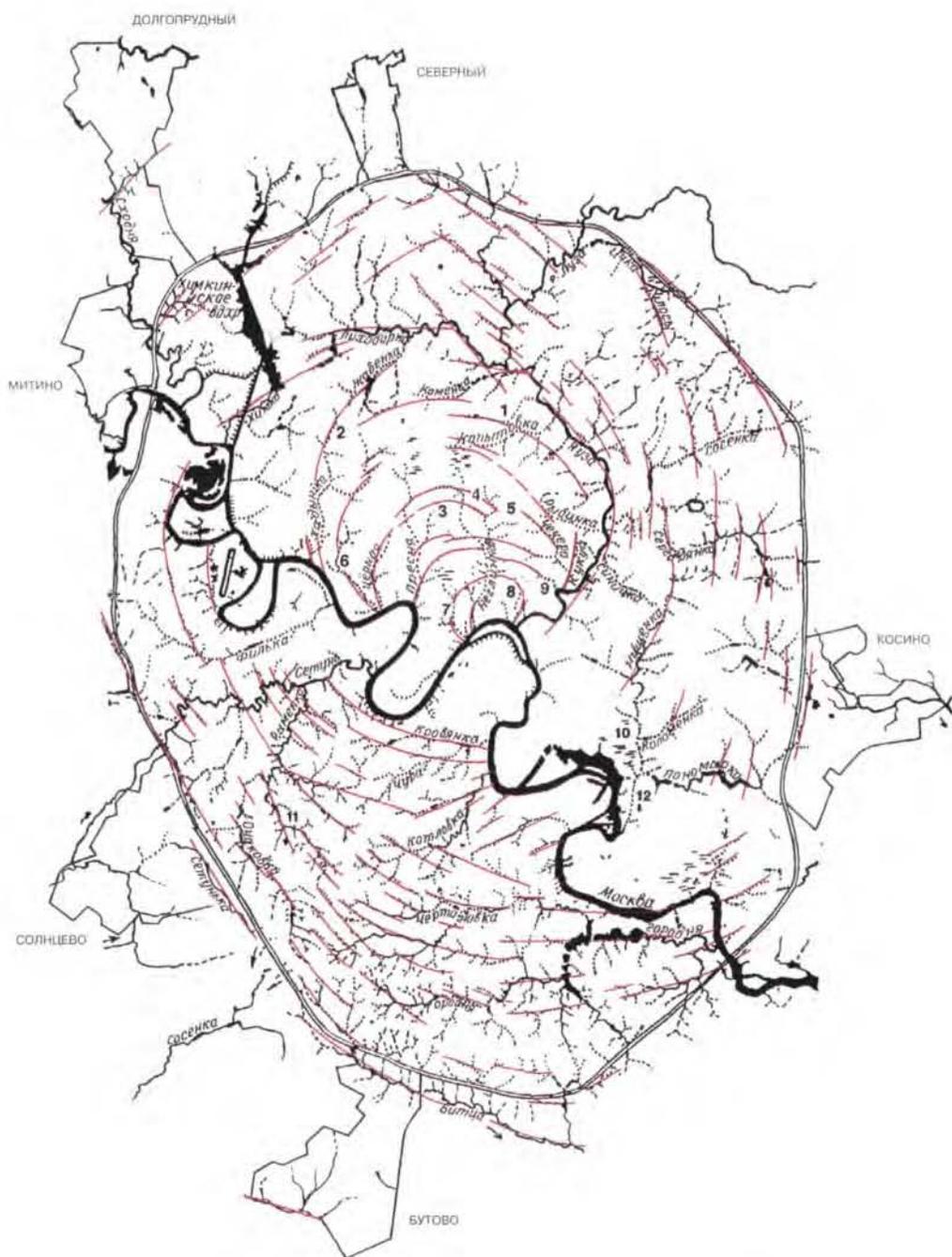


Рис 2 16 Дугообразные линеаменты, установленные по гидрографической сети г. Москвы, приведенной на рис 1 3

Сплошными красными линиями обозначены линеаменты – спрямленные участки эрозионных понижений. Цифрами обозначены: 1 – Останкинский ручей, 2 – р. Таракановка, 3 – р. Кабанка, 4 – р. Самотека, 5 – р. Капля, 6 – р. Ермаковский, 7 – руч. Черторый, 8 – р. Рачка, 9 – р. Черногрязка, 10 – Сукино болото, 11 – р. Самородника, 12 – р. Граворонка.

Спасителя. Есть основания предполагать, что Петровский и Рождественский бульвары проходят вдоль притоков р.Неглинной, а Чистые пруды находятся на месте верховий р.Рачка. Все это объяснимо, т.к. древнее укрепление вокруг Белого города, включающее вал со стеной и ров, в максимально возможной степени использовало естественные формы рельефа.

Это же можно предположить относительно, по крайней мере, некоторых участков Садового кольца (Садовые: Черногрязская, Самотечная и Сухаревская улицы).

В Заяузской части Москвы четко проявлено понижение, расположенное в 2–4-х км восточнее и параллельно Яузскому кольцу и включающее нижний участок долины р.Сосенки (остатком ее является Черкизовский пруд), долину левого притока р.Серебрянки (берущего начало близ Измайловского пруда) и долину Нишенки. Вдоль двух последних проложен протяженный участок Окружной железной дороги. Столь же отчетливыми являются дуги долин р.Ички (левого притока средней, поперечной, Яузы) и верховий Чермянки, вдоль которых проложен значительный участок МКАД на северо-востоке города. Кроме них здесь развита серия менее протяженных ложбин такого же простираения на территории Лосиногостовского острова (р.Лось, притоки Сосенки), в Измайлове (составляющие и притоки р.Серебрянки), в Кусково и Кузьминках (бассейн р.Пономарки).

Для юго-восточного сектора Москвы, ее левобережной части, такие ложбины не характерны или, во всяком случае, не проявлены достаточно отчетливо.

На правобережной территории, более возвышенной и более расчлененной, также развита густая сеть коротких и длинных эрозионных ложбин, образующих прерывистые концентрические дуги, выпуклые в юго-западном направлении. Перечислим в качестве примеров долины рек Кровянки, Раменки (верхняя часть) и верховий Котловки, Самородинки и нижней Чертановки¹, верхней Очаковки и верховий Городни, средней и нижней части последней, Сетуньки и верхней Битцы.

Отрезки долин, поперечные или диагональные относительно дугообразных, секут относительно возвышенные формы рельефа (назовем их валами), переходя из одной продольной (дугообразной) ложбины в другую и смешаясь вдоль нее на более или менее значительное расстояние, чтобы затем снова устремиться через следующую преграду к своим основным базисам — рекам Москве и Яузе. Наиболее показательными в этом отношении являются долины рек бассейнов Чертановки и Городни на юге Москвы, Серебрянки и Сосенки на востоке.

Принципиально важным является вопрос о природе описанной выше радиально-концентрической структуры рельефа и всей чаши Московской впадины, которые, как кажется достаточно очевидным, являются своеобразной инфраструктурной основой города.

Дугообразные ложбины и валы всего юго-западного, правобережного сегмента Москвы, ее востока и юго-востока, включая главные водоразделы, по которым проложена МКАД, могут с достаточным основанием рассматриваться в качестве следов Бронницкого языка Москворецкого ледникового потока². В этом случае поперечные участки речных долин определяются как сквозные долины эпигенетического типа:

¹ Вдоль них проложены улицы Лобачевского, Обручева, Балаклавский пр. и Кантемировская. Московский ледниковый покров Восточной Европы. М.: Наука, 1982.

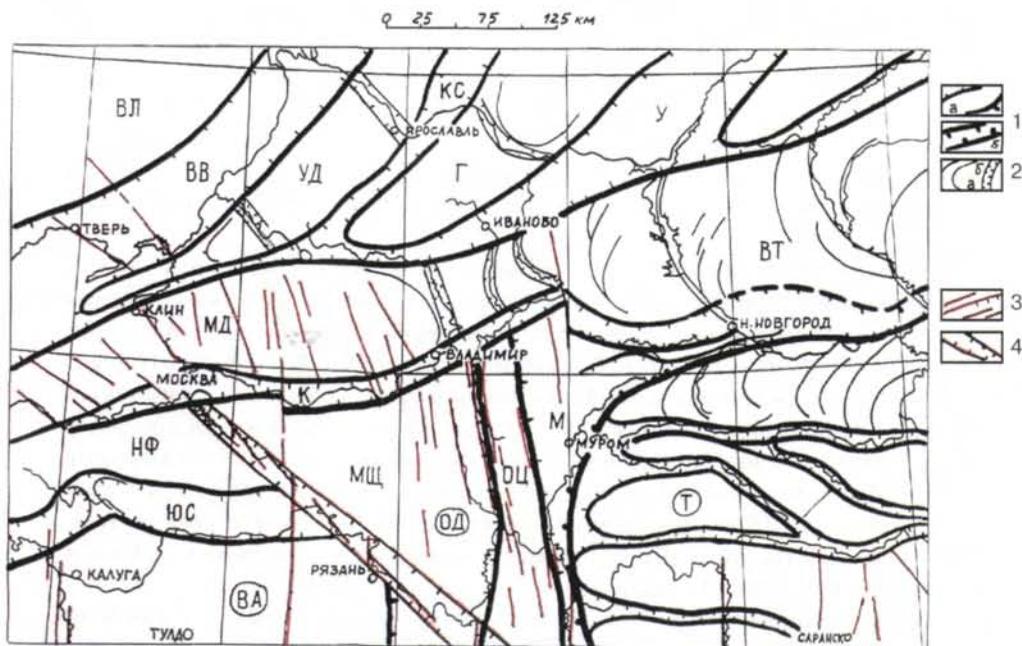


Рис 2 17 Структурно-геоморфологический план Московско-Нижегородского района Русской плиты (по В И Макарову, 1996 г)

1 – обобщенные контуры зон эрозионно-тектонических поднятий (а) и понижений (б), 2 – характерные контуры эрозионного рельефа – структурные линии развивающихся валообразных тектонических поднятий (а) и, в том числе, antecedentные участки речных долин (б) 3 – линейменты, 4 – Московско-Рязанская (Москворецкая) линейментная зона (флексура) Буквами обозначены поднятия – Валдайское (ВЛ) Угличско-Даниловское (УД), Галичское (Г), Московско-Дмитровское (МД), Ветлужское (ВТ), Наро-Фоминское (НФ), Воронежской антеклизы (ВА), Токмовского свода (Т), относительно опущенные зоны – Верхне-Волжская (ВВ), Кострома-Сухонская (КС), Унжинская (У), Клязьминская (К) Южно-Серпуховская (ЮС), Окско-Донского прогиба (ОД) и в его составе Мещерская (МЩ) и Муромская (М) впадины и Окско-Цинский вал (ОЦ)

они вторичны относительно прорезаемых ими валов и гряд, сложенных ледниковыми отложениями московского горизонта.

С этим не согласуются лишь дуги Центрально-Московского поднятия, выпуклые на север, т.е. в обратную сторону относительно возможных контуров отступавшего ледникового языка. На объяснении этой аномалии мы остановимся несколько ниже.

Обратимся теперь к структурно-тектонической составляющей рельефа Московской впадины и начнем с самых общих черт, предопределяющих все вторичные, которые непосредственно предстают нашему взору и с которыми приходится иметь дело.

Территория Москвы находится в зоне сопряжения и латерального взаимодействия двух геодинамических систем новейшего времени, которые отражают глобальное распределение тектонических сил¹. Это – Скандинавская система, включающая обширный свод Балтийского щита и северную половину Русской плиты, и Карпато-

¹ В И Макаров Региональные особенности новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их тектонической активности // Недра Поволжья и Прикаспия Вып 13 (специальный) Ноябрь, 1996 С 53–60

Ю К Шукин Глубинная сеисмотектоника Северной Евразии Там же, с 6–11.

Кавказская система, включающая соответствующие горные сооружения и южную половину Русской плиты с молодой Скифской платформой и поднятиями Украинского щита и Донецкого кряжа. Зона сопряжения и динамического взаимодействия этих систем широкой (до 100 км) полосой протягивается от Среднего Урала через Казань, Нижний Новгород, Москву и далее на запад и отличается достаточно своеобразной структурой.

Эта зона находится на максимальном удалении от активных внешних источников тектонических сил и по этой причине подвержена, очевидно, наименьшим деформациям. Вместе с тем, поскольку именно в ней должны разрешаться структурные и динамические несогласия между смежными системами, здесь может проявиться аномальная активность некоторых процессов. Из общей ситуации предполагается, что неотектонические и современные деформации земной коры в этой зоне происходят в условиях косоугольного регионального сжатия и сдвиговых напряжений вдоль нее.

На рис. 2.17 приведен структурно-геоморфологический план Московско-Нижегородской части Русской плиты, на котором обозначены некоторые детали неотектонической структуры и геоморфологии этой части указанной выше зоны сопряжения и положение в них территории г.Москвы. Он отражает достаточно признанное и кажущееся очевидным разделение этой территории на следующие три структурно-геоморфологические части, близкие к указанным в главе I ландшафтно-геоморфологическим районам.

Северный ее сегмент принадлежит краевой зоне южного склона Смоленско-Дмитровско-Ветлужского обширного и очень протяженного валообразного поднятия субширотного простирания¹. Южным его ограничением является депрессия верхнего субширотного отрезка долины р.Москвы, продолжающаяся в восток-северо-восточном направлении через Тушино и Лианозово (вдоль верхней Яузы) к долине р.Клязьмы.

Остальная, большая часть территории Москвы разделяется на два сегмента, разграниченных нижним, диагональным отрезком долины р.Москвы, который в целом простирается от Строгино на юго-восток через центр города, район ЗИЛа, Капотни, Лыткарино и далее к Коломне. Юго-западный (Правобережный) сегмент является восточным окончанием Наро-Фоминского поднятия или, по другим авторам, Верейско-Подольского плато. Юго-восточный (Левобережный) сегмент принадлежит приподнятой краевой части Мещерской низменности, постепенно снижающейся и уходящей далеко на восток и юго-восток в пределы Окско-Донского субмеридионального прогиба. Последний достаточно определенно связан с южной (Карпато-Кавказской) геодинамической системой. Это же можно предположить и относительно всей центральной и южной частей Москвы.

Эти три части и разделяющие их зоны характеризуются различной структурой и морфологией. На рис. 2.18 приведена генерализованная карта новейшей тектонической структуры (или структурно-геоморфологическая карта) территории г.Москвы. Она составлена, с одной стороны, с учетом выше отмеченных и других известных региональных закономерностей и особенностей центра Русской плиты и, с другой стороны, по результатам специального структурно-геоморфологического

¹ Смоленско-Московская возвышенность и ее Клинско-Дмитровская гряда, упоминавшиеся в главе I, является частью этого поднятия. — *Авт.*

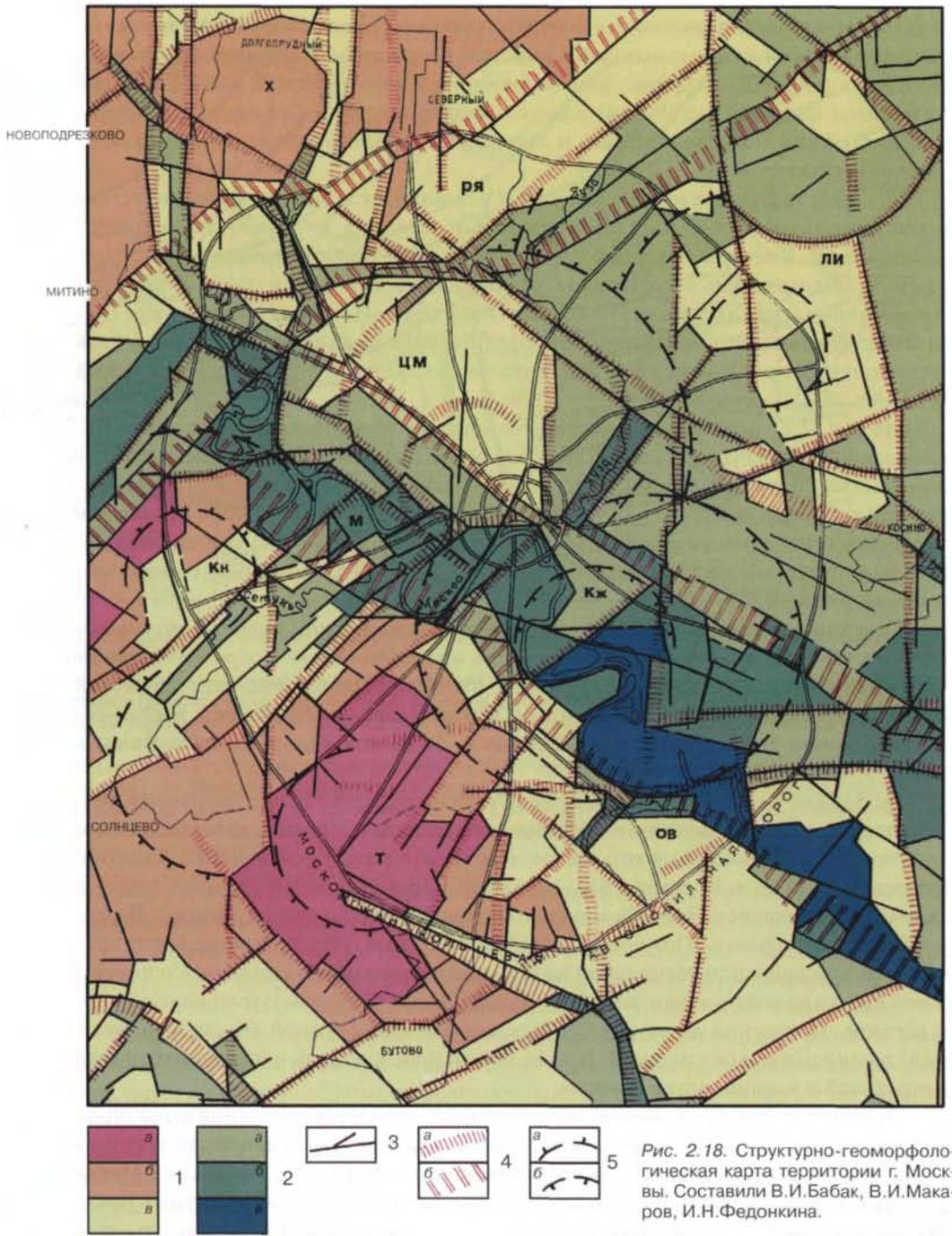


Рис. 2.18. Структурно-геоморфологическая карта территории г. Москвы. Составили В.И.Бабак, В.И.Макаров, И.Н.Федонкина.

Основные формы рельефа, отражающие суммарный результат и направленность новейших тектонических деформаций земной коры 1 – относительные поднятия, с обобщенными абсолютными высотами междуречий более 200 м (а), от 180 до 200 м (б), от 160 до 180 м (в) 2 – относительные опускания с высотами от 140 до 160 м (а), от 120 до 140 м (б), ниже 120 м (в)

Структурообразующие линейменты и геодинамически активные зоны с повышенной деформированностью среды, трещиноватостью и проницаемостью горных пород, определяющие активность экзогенных процессов

анализа территории Москвы и ближнего Подмосковья, выполненного по геологическим, топографическим, гидрографическим и другим картам масштаба 1:50 000, а также аэрокосмическим изображениям. Этот анализ предусматривал выявление: закономерностей пространственного распределения характерных высот дневной поверхности, а также погребенной поверхности подошвы четвертичных отложений (далее условно мы называем ее дочетвертичной поверхностью); закономерностей распределения состава и мощностей покрова четвертичных отложений (представляющих здесь весь комплекс новейших отложений); закономерностей направленности и группирования (структуризации) линейных (прямолинейных и дуговых) элементов и граней рельефа (эрозионных и ледниковых ложбин, заболоченных низин, озер, речных террас и т.д.

Выявленные таким путем закономерности, соотнесенные с известными данными о возрасте опорных уровней и поверхностей выравнивания, развитых в пределах Русской плиты, а также с другими данными о структуре более древних погребенных формаций осадочного чехла и фундамента Московского региона позволили выделить здесь: 1) более или менее обширные объемы земной коры (или блоки) и 2) разграничивающие их сравнительно узкие линейные зоны. И те и другие имеют структурно-тектоническую природу, в той или иной мере наследуя элементы древних структур, и представляют пологие антиклинальные или синклинальные изгибы, блоки, флексуры, зоны повышенной трещиноватости и проницаемости с активным водо- и газообменом. Последние во многих случаях проявлены как гидрогеологические аномалии, гидрогеологические «окна», а также зоны повышенной интенсивности экзогенных процессов (карста, суффозии, выветривания и т.д.).

Самостоятельное или, по крайней мере, автономное значение имеют линеаменты, отражающие разноориентированные зоны планетарной трещиноватости. Будучи непременными элементами структуры любых территорий, они преломляют и направляют соответствующим образом развитие тектонических трещин или, наоборот, используют структурно-тектонические неоднородности. Разделение тектонических и планетарных трещин представляет вообще трудную задачу. Но она особенно трудна для платформенных территорий, и в данном случае все трещины и линеаменты обозначены как единая система линейных элементов структуры, имеющая важное гидрогеологическое значение, а также необходимая для учета в инженерно-геологических работах.

Линейные зоны, разделяющие блоки разных порядков, отнесены соответственно к разнопорядковым структурным элементам, аналогично тому, как это было принято на «Карте геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны» (1984). Для этих зон характерно сгущение однонаправленных, субпараллельных структурных линий (линеаментов), повышенные трещиноватость и проницаемость толщ горных по-

и геоэкологическую опасность приуроченных к ним территорий: 3 – линеаменты – прямолинейно ориентированные и закономерно сочлененные русла оврагов и речных долин, седловины, уступы подножья склонов, болотистые низины, озерные впадины и другие формы рельефа или их элементы, 4 – зоны сгущения параллельных линеаментов: а – разграничивающие блоки с разными режимом и суммарными амплитудами новейших тектонических движений, строением осадочного чехла, гипсометрией, расчлененностью и другими морфометрическими показателями, б – ограничивающие частные ступени и локальные структуры, в том числе кольцевые); 5 – границы кольцевых элементов современной структуры, оконтуривающие поднятые блоки (а) и впадины (б)

Буквами обозначены: Х – Химкинский блок Смоленско-Дмитровского поднятия, РЯ – Рублевско-Верхнеузская граничная зона, ЦМ – Центрально-Московский блок, Кн – Кунцевский блок, Т – Теплостанский блок, ОБ – Орехово-Борисовский блок, ЛИ – Лосиноостровско-Измайловский блок, Кж – Кожуховская депрессия, М – Москворецкая граничная зона

род, аномальность и изменчивость геофизических полей. К ним приурочены современные речные долины, а также погребенные эрозионные тожбины. В ряде случаев зоны раздела блоков имеют флексурно-разрывную или флексурно-депрессивную природу.

Для выделенных блоков характерны кольцевые или радиально-концентрические элементы структуры и рельефа. Иногда эти элементы являются явно определяющими, в других случаях они проявлены как некоторые соподчиненные или, во всяком случае, не очевидные черты структуры, выявляемые с помощью специального анализа топографии земной поверхности. Структурно-геоморфологические молодые неоднородности территории Москвы, показанные на карте (см. рис. 2.18), подтверждаются, данными по структурам подстилающих толщ древних отложений, а также данными гидрогеологических и геохимических исследований.

Южная краевая зона Смоленско-Дмитровско-Велгужского вала на рассматриваемой территории представлена *Химкинским поднятием*. Оно занимает водораздельную часть Клязьминско-Яузского междуречья к северу от МКАД и рассечено глубоко врезаемыми поперечными долинами р. Баньки, Сходни, Химки (верхние части с каналом им. Москвы) и менее значительных правых притоков Яузы. Все они известны своими относительно глубоким врезом, крутым падением и другими особенностями, отличающими долины antecedentного типа. На запад эта зона, имеющая ширину до 15 км, отчетливо прослеживается в сторону г. Рузы.

Со структурой палеозойских слоев и поверхности кристаллического основания Химкинское поднятие практически не согласуется, за исключением общей направленности и снижения на восток-северо-восток. Оно косо наложено на Истринско-Кольчугинский выступ фундамента, на Дедовский выступ и на Опалихинскую депрессию палеозоя, как они выделены Ю. Т. Кузьменко (см. также рис. 2.2 и 2.8). Его условная южная граница в восточной части в общем совпадает с зоной разлома в фундаменте, предполагаемого по геолого-геофизическим данным севернее ТЭЦ-21. Но если в фундаменте и палеозойском чехле относительно опущенным является северное его крыло, то новейшая структура характеризуется обратным соотношением – снижение происходит в южном направлении.

Граничная *Рублевско-Верхнеяузская зона относительного прогибания* представляет структурное (синклинальное или флексурное) асимметричное понижение рельефа. Его наиболее низкая южная часть наследует палеозойскую Строгиновскую синклинальную же депрессию, и обе они являются обращенными относительно Красногорского горста кристаллического фундамента. Более определенным, по крайней мере на территории Москвы, является соответствие рассматриваемой зоны Рублевской палеодолины досреднеюрского возраста и понижению доюрской поверхности в районе верхней Яузы (см. рис. 2.9). Слабее это понижение проявлено в дочетвертичном рельефе (см. рис. 2.12). Структурность рассматриваемой зоны косвенно подтверждается приуроченностью к ее восточной части осевой зоны аномалий магнитного склонения ($+8^\circ - +9^\circ$), которая отражает, возможно, некоторую глубинную неоднородность геологического субстрата. Северное, относительно приподнятое крыло Рублевско-Верхнеяузской зоны (территории Митино, Тушино, Ховрино, Бескудниково, Лианозово, Мытищи) в общем соответствует Братцевскому антиклинальному выступу каменноугольных слоев.

Таким образом, рассматриваемая неотектоническая синклиналиная зона также демонстрирует неоднозначное соотношение с древними структурами. Это же относится и к границам молодых и древних структурных форм. Хотя для тех и других они являются довольно условными, ясно, что они являются кососекущими друг относительно друга и совпадают лишь на отдельных участках. Это касается и разлома кристаллического фундамента, который предполагается по геофизическим данным на глубинах более 1400 м вдоль южного крыла Красногорского горста фундамента. Его соотношение с молодыми структурно-геоморфологическими формами подтверждает мнение выделивших его авторов только о докембрийской активности этого разлома (Кузьменко, 1994). В новейшее время он является пассивным элементом структуры и в осадочном чехле потенциально может проявляться лишь слабыми вторичными нарушениями (трещиноватостью), которые могут отражать возможные деформации в его зоне, занимающей положение, несогласованное относительно поля напряжений новейшего времени.

Границы Рублевско-Верхнеязуской депрессионной зоны на востоке рассматриваемой территории за пределами МКАД не совсем определены. Ее осевая часть проходит, вероятно, по окраинам и южнее городов Мытищи и Калининград к долине Клязьмы ниже устья р.Уча. Здесь эта зона выходит к широкому меридиональному прогибу, который в современном рельефе обозначен долиной р.Пехорки и наследует устойчиво развивающийся древний прогиб (Балашихинский «грабен» в структуре поверхности докембрийского фундамента и Пушкинскую синклиналиную депрессию в палеозойских отложениях). К узлу пересечения двух отрицательных зон приурочено обширное (более 10 км в поперечнике) общее понижение рельефа. Оно включает и широкую полукольцевую низину ледникового происхождения, в которой берет свое начало р.Яуза и которая известна как источник подземных вод для Мытищинского водопровода, первого в системе водоснабжения Москвы (начал действовать в 1804 году).

Левобережная часть территории Москвы состоит из двух приподнятых блоков: Центрально-Московского и Лосиноостровско-Измайловского, разделенных и ограниченных зонами относительных понижений.

Центрально-Московский блок представляет пологое куполообразное поднятие изометричных очертаний. Его внешний контур морфологически обозначен указанным выше кольцевым понижением долин нижней Яузы, Лихоборки, Головинского ручья (верхней его части), низовий Химки и далее Москвы-реки ниже Строгино. Радиально-концентрическая морфология является характерной, если не ведущей особенностью Центрально-Московского поднятия. Она ярко проявлена не только в охарактеризованной выше геометрии гидрографической сети, но и в закономерностях топографии земной поверхности и погребенного дочетвертичного рельефа, выявленных путем специального тренд-анализа изогипс рельефа, аппроксимации последних с целью выявить основную тенденцию в изменении их ориентировки на площади.

Если исходить из рисунка речных долин — левых притоков р.Москвы, центр Центрально-Московского поднятия занимает район Белого города (см. рис. 2.16). По результатам тренд-анализа топографии дневной поверхности он находится в 3 км северо-западнее — между площадью Белорусского вокзала и долинами рек Неглинной и Пресни. В пределах поднятия существует дополнительный Малый асимметричный выступ диаметром около 6 км. Его внутренняя, центральная часть оконтуривается с запада и севера долинами Неглинной (средний участок) и Капли (левого притока первой), а с востока — ложбиной Чечеры с Красным прудом. Этот выступ смещен примерно на 3 км восточнее основного центра.

Центрально-Московское поднятие имеет древнее начало и длительное развитие. Кровля отложений верейского горизонта среднего карбона, в общем полого наклоненная в восток-северо-восточном направлении к центру Московской синеклизы, в этом месте выполаживается (до 1,5 м/км) и образует структурный выступ (см.рис 2 8), принадлежащий одной из серии конседиментационных (длительно развивающихся) структурных террас, характерных для всего амфитеатра юго-западного склона этой обширнейшей палеозойской депрессии .

В пределах этого выступа в левобережной части долины Москвы (районы улиц Серебряного бора, Жукова, Тухачевского, Ходынского поля, Красной Пресни, Дорогомилова и Хамовников) установлена зона локальных поднятий карбона с относительной амплитудой около 10 м. Таким образом, современная долина р.Москвы, по крайней мере на участке от Строгино до Лужников, локализована в пределах палеозойской структурной ложбины.

Центрально-Московское поднятие продолжало развиваться и позже. Оно очевидно в рисунке досреднеюрского эрозионно-денудационного рельефа, занимая в нем более широкую площадь (см.рис. 2.9), в структуре юрского осадочного покрова и дочетвертичного эрозионно-денудационного рельефа, занимая в них площадь, близкую к современной (см.рис.2.10 и 2.12). Абсолютные отметки погребенного досреднеюрского рельефа в пределах выступа изменяются от 90–110 м на периферийных участках до 115–120 м на остальной площади, достигая на отдельных участках 130 м. Абсолютные отметки погребенного дочетвертичного рельефа изменяются от 120–125 м в периферийных частях поднятия до 140–145 м во внутренних его частях, на отдельных участках достигая 150–152 м. По обрамлению Центрально-Московского поднятия, в пределах долин рек Лихоборка, Яуза, Неглинка абс.отметки дочетвертичного рельефа снижаются до 120–110 м и несколько ниже.

Дочетвертичная поверхность сложена песками и глинами юрского возраста. На отдельных локальных участках на абс. высотах более 150 м сохранились нижнемеловые пески и алевриты. Общая мощность мезозойских отложений в пределах поднятия составляет 25–35 м. При этом наблюдается тенденция слабого увеличения этой мощности к краям поднятия и ее уменьшения к вершине свода, что может свидетельствовать о конседиментационности его развития в юрско-меловое время.

Эрозионные ложбины дочетвертичного рельефа, обрамляющие Центрально-Московское поднятие и находящиеся на абсолютных высотах 120–110 м и несколько ниже, выработаны, вероятно, вдоль зон повышенной трещиноватости. Они вскрывают известняки и глины верхнего карбона, нарушая таким образом непрерывность мезозойского покрова.

Абсолютные высоты современного рельефа (дневной поверхности) в пределах Центрально-Московского поднятия изменяются от 155–170 м (и в отдельных местах более) в водораздельных его частях до 145–150 м по его периферии. Оно образует локальный водораздел в пределах Московской впадины, с которого берут начало р.Ходынка, ручьи Ермаковский и Студенец, р.Пресня, правые притоки Яузы и Лихоборки.

Центрально-Московское поднятие в приповерхностной зоне сложено ледниковыми (моренными) и водноледниковыми суглинками и песками эпохи московского оледенения, которые подстилаются более древними речными и водноледниковыми четвертичными отложениями подобного же состава (перекшинская свита). По его пе-

риферии развиты речные террасы Москвы и Яузы. Общая мощность четвертичной толщи в пределах Центрально-Московского поднятия составляет 15–20 м. Приведенные выше обобщенные высоты дневной и погребенной дочетвертичной поверхностей свидетельствуют о некотором увеличении мощности покрова четвертичных отложений от центральных частей свода к его окраинам.

Все вышеприведенные данные являются достаточным основанием считать, что современный свод Центрально-Московского поднятия имеет тектоническую или, точнее, эрозионно-тектоническую природу. Это же относится тогда и к описанным выше радиально-концентрическим элементам его морфологии, которые отражают соответствующие зоны трещиноватости. Активное их развитие может быть связано, по крайней мере отчасти, с изостатическим автономным поднятием уже существовавшего свода после снятия ледниковой нагрузки. Повышенный эффект механических напряжений, вызванных неоднократной сменой нагрузок и разгрузок мощных ледниковых покровов, вполне естественно ожидать именно для положительных структурных форм

Это объясняет и широкое распространение в пределах Центрально-Московского поднятия дугообразных ложбин, выпуклых на север. Этим последние отличаются от дуг юго-запада и востока Москвы, имеющих в основном аккумулятивно-эрозионную природу. Хотя и в этом случае фактор изостатических последниковых движений следует принять во внимание.

Отметим, наконец, что Центрально-Московскому поднятию в некотором приближении отвечает и область современного слабого относительного поднятия, выделяемая в поле скоростей современных движений земной коры, установленном по результатам повторных нивелирований (см. разд. 4.1).

Лосиноостровско-Измайловский блок занимает обширный участок междуречья Яузы и Пехорки на востоке Москвы. По своим размерам он соизмерим с Центрально-Московским поднятием, но имеет иную конфигурацию и без таких четких морфологических ограничений. С западной стороны он отделен от смежных относительно приподнятых структур Яузской депрессионной зоной, а с востока (за пределами города) меридиональной долиной р.Пехорки, которая представляет, как уже отмечалось длительно развивающуюся синклиналиную ложбину. Таким образом восточный водораздел Московской впадины также имеет структурно-тектоническую природу.

Поперечник Лосиноостровско-Измайловского блока в широтном сечении, взятом между Яузой и Пехоркой, которые обозначают современные осевые зоны смежных отрицательных зон, составляет около 14 км. В меридиональном направлении он вытянут на расстояние около 20 км (если его крайней границей считать депрессию истоков Яузы, а крайней южной — Москворецкую флексурно-депрессионную зону). Длинная ось этого поднятия проходит по направлению от верховий рек Лось и Ичка в Лосиноостровском парке к г.Реутов и пос.Косино.

Общий высотный уровень центральных частей поднятия составляет 160 – 170 м, снижаясь до 140 м по его периферии. На этом фоне обращает внимание высотная дифференциация рассматриваемой территории. Отчасти она отражает аккумулятивно-эрозионные неровности времени московского оледенения: наиболее высокий рельеф останцов конечно-моренных гряд (междуречье Ички и Лося, левобережье низовий Серебрянки), несколько сниженный рельеф более широко распространенной основной морены и еще более низкие водно-ледниковые равнины. Отчасти же эта дифференциация имеет структурно-тектоническую природу, что подтверждается не только общими закономерными чертами рельефа дневной поверхности, но и релье-

фом доледниковой погребенной поверхности (см.рис.2.12). В пределах Лосино Острова и в Косино зафиксированы также локальные поднятия в структуре средне-верхнеюрского комплекса глинистых отложениях (см.рис.2.10). Эти территории были водораздельными в досреднеюрском рельефе (см.рис.2.9).

Район же Измайлова в то же юрское и доюрское время находился в зоне отрицательных структур. Таким образом, корреляция рассматриваемой Лосиноостровско-Измайловской зоны поднятий с мезозойскими структурами не является однозначной. Нет сколько-нибудь отчетливых связей и со структурами более древних слоев. Можно лишь отметить, что эта зона молодых поднятий развивается над широкой полосой повышенных градиентов погружения карбона в восток-северо-восточном направлении, к Пушкинской субмеридиональной депрессии карбона.

Учитывая все вышесказанное, а также результаты специального тренд-анализа изогипс современного рельефа дневной поверхности, Лосиноостровско-Измайловское поднятие подразделяется на три малых блока – Лосиноостровский, Измайловский и Реутово-Косинский. В перечисленном порядке последовательно снижается их общий высотный уровень. Эти блоки разделены поперечными структурными понижениями, к которым приурочены долины рек Сосенки и Серебрянки.

Из результатов тренд-анализа современного рельефа следует, что Центрально-Московское поднятие и расположенная южнее Кожуховская депрессия по отношению к поднятиям Лосиноостровско-Измайловской зоны являются как бы более активными, ограничивая развитие их западных флангов.

Правобережный сегмент Московской впадины имеет четкие структурно-геоморфологические ограничения с северо-западной и северо-восточной сторон. Это – крупные флексурно-депрессионные зоны (соответственно Рублевско-Верхнеузская и Москворецкая), уходящие далеко за пределы г. Москвы и имеющие региональное значение. С западной и южной стороны этот сегмент сопрягается с обширной полого-волнистой приподнятой равниной Москворецко-Пахринского междуречья, являясь его краевой частью.

В неотектонической структуре правобережной части Москвы, ее запада, юго-запада и юга, четко обособлены три разновеликих блока: Кунцевско-Одинцовский (в дальнейшем будем называть его Кунцевским, имея в виду ту его небольшую часть, которая заходит в пределы Москвы), Теплостанский и Орехово-Борисовский. Эти блоки разделены структурно-эрозионными понижениями, которые проявлены: 1) долиной р.Сетунь в ее среднем и нижнем течении, т.е. северо-восточного простираения, и 2) субмеридиональной цепочкой ложбин долины р.Городни (на участке Царицынских прудов), далее ее – правых притоков и за МКАД – нижней части долины р.Битцы.

Кунцевский блок представляет узкую (до 6–7 км) зону поднятий юго-запад – северо-восточного простираения, ограниченную с одной стороны Рублевско-Верхнеузской граничной зоной I порядка, а с другой – Сетунской структурно-эрозионной ложбиной. В поперечном сечении этот блок асимметричен. Его поверхность полого снижается в сторону Сетунской зоны с уровня немногим более 200 м до 180–160 м и резко обрывается к долине р.Москвы.

Кунцевскому блоку соответствует хорошо локализованная кольцевая структура, выделяемая по результатам тренд-анализа топографии. Ее внешний контур с диаметром до 10 км выходит за пределы геоморфологических границ блока в долину р.Москвы и сопрягается с внешним контуром Центрально-Московского поднятия. Таким образом, резкий поворот долины Москвы на этом участке приурочен к структурной сед-

ловине между двумя поднятиями Центр кольцевой структуры смещен на 2–3 км юго-восточнее самых высоких отметок поверхности Южный край ее редуцирован линейными нарушениями Сетунской зоны

В рельефе подошвы четвертичных отложений Кунцевскому блоку соответствует так же возвышенность (абс высота до 180 м) В структуре же досреднеюрского рельефа вдоль осевой зоны блока прослежена эрозионная ложбина берущая начало с Центрально-Московского поднятия и уходящая в запад — юго-западном направлении (см рис 2 9) Однако в структуре карбона здесь снова отмечается слабое антиклинальное поднятие Приуроченность доюрской эрозионной ложбины к предшествующей антиклинальной структуре вполне закономерное явление Поэтому можно считать, что неотектоническое поднятие Кунцевского блока в общем продолжает некоторую довольно древнюю тенденцию

Теплостанский блок является наиболее высоким на территории Москвы Это — обширное куполообразное поднятие с неправильными изометричными очертаниями, которое образует междуречье Москвы, Сетуни и Десны Непосредственно на территории Москвы развита его северо-восточная половина, дренируемая притоками р Москвы Это — Сетунь с Очаковкой, Самородинкой и Раменкой, Чура с Кровянской, Котловка, Чертановка и Городня с их многочисленными притоками Они расчлениают полого-волнистую поверхность сложенную в основном моренными суглинками московского и донского оледенений, и, как отмечалось в начале раздела, в значительной степени подчинены первичному послетедниковому рельефу с характерным чередованием пологих вапообразных дуг и разделяющих их притедниковых ложбин стока

Поверхность Теплостанского блока имеет ступенчатый характер Самый верхний его уровень поднят до высот более 200 м (до 240–255 м) Он обрамлен ступенью с характерными высотами междуречий 180–200 м, и по периферии блока характерные высоты поверхности составляют 160–180 м

По поводу природы этой ступенчатости высказывались различные представления, в том числе о ее связи с неотектоническими движениями и блоковым характере последних (см , например, статью Г А Голодковской, Э А Лихачевой и С И Петренко)

Теплостанская возвышенность, как и другие, описанные выше, в целом является неотектонической формой Однако, указанные выше ступени как ее дневной, так и погребенной дочетвертичной (доледниковой) поверхностей с весьма прихотливо изломанными и несогласованными на разноглубинных и разновозрастных уровнях границами, не могут считаться тектоническими Они отражают последовательные климатические или тектоно-климатические ритмы эрозионно-денудационной моделировки склонов длительно существующей и развивающейся тектонической возвышенности Изломанные, по-разному ориентированные границы ступеней, генерализованные на рис 2 18 в виде участков некоторых более или менее протяженных прямых линий (пинеаментов) разного геоморфологического содержания могут отражать отдельные зоны трещиноватости тектонического и/или ротационного (планетарного) происхождения, которые определенным образом направляют или организуют ход эрозионно-денудационных процессов и тем самым локализуют многие ландшафтно-геоморфологические границы

Тренд-анализ топографии дневной поверхности Теплостанского блока обнаруживает его значительные отличия от других, описанных выше. Он также характеризуется дугообразными и прямолинейными элементами. Однако первые не образуют здесь каких-то концентрических более или менее замкнутых форм, а составляют некоторую систему вложенных друг в друга полукружий, открытых в восток-юго-восточном направлении.

Прямолинейные линеаменты ЗЮЗ-ВСВ-ного направления, развитые в пределах Теплостанского блока, в общем отвечают основной направленности тектонических структур фундамента и древнего осадочного чехла. Крупнейшая линеаментная зона этого направления отвечает Сетуньской межблоковой (шовной) депрессионной зоне, которая разделяет Кунцевский и Теплостанский блоки и представляет, по-видимому, зону повышенной раздробленности, трещиноватости и проницаемости

Линеаменты СЗ-ЮВ-ного направления согласны с широкой региональной флексурно-депрессионной зоной долины р.Москвы, уходящей далее на юго-восток через Коломну к Рязани, и вместе с ней могут отражать с одной стороны соответствующую систему планетарной трещиноватости, а с другой стороны – характерные для этой области платформы глубинные неоднородности геологического субстрата.

Обратимся к ретроспективному анализу Теплостанской возвышенности. Рельеф подошвы четвертичных отложений (см. рис.2.12) показывает, что как таковая она уже существовала в доледниковое время и имела в общем сходные черты с современной. Это был обширный эрозионный останец, сложенный всей описанной выше последовательностью мезозойских отложений, которые на фоне пологого регионального наклона в северо-восточном направлении образуют здесь слабый флексуорообразный изгиб с приподнятым южным крылом (см.рис.2.10 и 2.11)

Необходимо, однако, отметить, что эта флексура имеет субширотное простирание и счет Теплостанскую возвышенность в северной ее части, не проявляясь в сколько-нибудь очевидных формах наземного рельефа. Флексура развивается над Главной Московской ложбиной доюрского рельефа, имеющей такое же простирание (см. рис.2.9), и вместе с нею наследует более широкую и более крутую флексуру в отложениях карбона (см. рис 2.8). Таким образом, основная часть Теплостанской возвышенности наследует тектоническое поднятие палеозойского и мезозойского возраста.

По отношению же к структурам докембрийских формации Теплостанская возвышенность является обращенной формой – почти в полном своем объеме она развивается в пределах Подмосковного авлакогена – глубокого прогиба архейского фундамента, ограниченного крупными разломами.

Причиной такой инверсии тектонической формы (т.е. развития тектонической формы обратной по знаку относительно формы залегания более древних подстилающих слоев), которая устанавливается здесь, по крайней мере, с карбона, является, по всей вероятности, изостатическое поднятие земной коры, которое произошло именно в области глубокого прогиба после накопления в нем мощной (более 2500 м) толщи относительно легких осадочных пород¹. К такому выводу приводит, очевидно, не случайная пространственная приуроченность Москворецкого антиклинального вала, установленного в слоях карбона и маркируемого серией локальных структур, к осевой, наиболее глубокой зоне авлакогена (Кузьменко, 1994, см. также рис. 2.8).

Как мы уже отмечали, в общем инверсионным является неотектоническая структура и рельеф земной поверхности над обширнейшим древним прогибом всей Московской синеклизы. Ярким примером подобного рода соотношения является поднятие Донецкого кряжа над значительно более глубоким прогибом Донецкого бассейна – *Авт*

На основании сопоставления состава и мощностей верхнеюрских и меловых отложений, распространенных в окрестностях Хорошово-Крылатское, поселка Дзержинский (в левобережье р.Москвы сразу за МКАД) и деревни Елкино близ города Воскресенска, проф.А.Е.Михайлов¹ (сделал вывод о более значительном прогибании дна позднеюрского и раннемеловых морей над авлакогеном. Подтверждая дифференцированность тектонических движения рассматриваемого участка платформы, этот вывод отражает однако, более дробную структурную дифференциацию территории, в частности тот факт, что разрез поселка Дзержинского относится к частной Царицынской синклинали зоне, расположенной к югу от Москворецкого вала, и увеличенные здесь мощности мезозоя отражают конседиментационное развитие именно этой зоны, а не всего авлакогена.

Учитывая традиционно повышенный интерес, проявляемый к разломам кристаллического фундамента, отметим, что крупноамплитудный Павлово-Посадский разлом, ограничивающий Подмосковский докембрийский грабен с севера, и тем более менее значительные по своей амплитуде Раменский и другие разломы южного ступенчатого крыла этого грабена (см. рис. 2.2–2.4), в сколько-нибудь очевидных макроформах неотектонической структуры, геоморфологии и рельефа подошвы четвертичных отложений не проявлены. Можно обратить внимание лишь на отдельные пространственные совпадения с разломами южного крыла грабена верхней части долины р.Городни и ряда прямых линеаментов восток-северо-восточного простирания. Кроме того мы еще раз отмечаем тот факт, что над крупноамплитудным Павлово-Посадским разломом фундамента с опущенным южным крылом в палеозойских и мезозойских толщах развита Коломенская очень пологая флексура с относительно опущенным северным крылом (см. рис.2.8 и 2.10).

Орехово-Борисовский блок образует водораздельное пространство, ограниченное долинами средней Городни, нижней Битцы, Москвы и низовой Пехорки. К этому блоку относится и небольшой левобережный участок (территория Капотни, Котельнических холмов и Московско-Пехорского междуречья). Этот участок был отрезан от основного массива сравнительно недавно. Как отметили Г.А.Голодковская, Э.А.Лихачева и С.И.Петренко (1981), долина р.Москвы до оледенения московской эпохи проходила севернее Котельников к низовьям нынешней Пехорки. Потоки талых вод московского ледника, заполнявшие Кожуховское понижение и расширение долины, прорвались в долину Городни к низовьям Пахры, через которую снова вышли в прежнюю долину Москвы. Таким образом, участок долины р.Москвы, секущий Орехово-Борисовский блок является молодым, последниковым.

В таких очертаниях блок имеет изометричную форму. Его поперечник составляет около 15 км. По сравнению с Теплостанским он представляет пониженную ступень рельефа с преобладающим высотным фоном 160–180 м. В пределы Москвы попадает лишь малая северная часть этого блока (районы Орехова-Борисова и Капотни).

Орехово-Борисовский блок, как и Теплостанский, находится над докембрийской впадиной Подмосковского грабена, однако над его уже менее глубокой частью (фундамент залегает здесь на отметках около -2,2 км). В структуре палеозойских отложений эта территория расположена над осевой частью и южным склоном Москворецкого вала. Братеевское междуречье Москвы и Городни и возвышенность Капотни соответствуют локальным поднятиям в структуре карбона (см. рис. 2.8), которые в об-

¹ А.Е.Михайлов. Об активности Южно-Московского рифта в мезозое и кайнозое // Изв. Высших учебных заведений. Сер. геология и разведка. 1994, № 6

ших чертах были унаследованы и мезозойской структурой (см. рис. 2.10). В последней достаточно отчетливо обозначилась и поперечная структурно-геоморфологическая дифференциация, которая унаследована новейшей структурой. В том числе это – обособление Орехово-Борисовского блока от Теплостанского, приуроченность указанного выше послеледникового прорыва р.Москвы к доюрскому и юрскому понижению (см. рис. 2.9 и 2.10). Участок долины р.Москвы от района Братеево-Капотня до Мячково имеет все основания рассматриваться как antecedentный, т.е. пересекающий развивающееся поднятие.

Кожуховский блок является единственной крупной отрицательной формой 3-го порядка на территории Москвы, если не считать всю Московскую впадину и линейные шовно-депресссионные зоны, разделяющие описанные выше поднятия (Сетунскую, Рублево-Верхнеязускую, Яузское кольцо). Эта самая пониженная и плоская территория Москвы ограничена Центральным, Измайлово-Косинским, Теплостанским и Орехово-Борисовским поднятиями и имеет морфологически не очень определенные очертания. Лишь на южном участке ее граница проявлена достаточно четко: это – Братеевская дуга современной долины р.Москвы с Люблинскими полями фильтрации.

По результатам тренд-анализа топографии дневной поверхности Кожуховское понижение проявлено в виде обширной концентрической структуры с диаметром до 14–16 км. Ее центральная часть находится в районе Нагатинской поймы, Южнопортовых и Кожуховских улиц. На востоке в пределы этой структуры входит все левобережье р.Москвы до Кузьминского парка, р.Синички и низовий Яузы. На западе Кожуховская кольцевая структура, по данным этого анализа, охватывает значительную правобережную часть (нижнюю и отчасти среднюю ступени Теплостанского блока).

На примере Центрально-Московского, Лосиноостровско-Измайловского и Кунцевского поднятий, становится очевидно, что тренд-анализ топографии современного рельефа проявляет действительно существующие тектонические структуры. Это позволяет предполагать, что Кожуховское понижение и его контуры также структурно предопределены.

Северная и западная внешние границы этой структуры, как они выявляются путем тренд-анализа топографии земной поверхности, не проявлены достаточно очевидно в макроформах рельефа. И в этом отношении природа этих границ неясна. Можно лишь предположить, что и на севере, и на западе Кожуховской депрессии имеет место достаточно активная структурная и динамическая интерференция или взаимодействие смежных блоков. При этом возможно, что Кожуховская впадина является более агрессивной относительно Центрального и Теплостанского поднятий.

Территория Кожуховской впадины отличается наиболее выровненным преимущественно аккумулятивным рельефом, который составляют, в основном, широкие поверхности послеледниковых речных террас (пойменных, серебряноборской, мневниковских и ходынской) и флювиогляциальная (зандровая) равнина времени отступления московского ледника. Основная морена этого ледника вскрыта на поверхности лишь на востоке Люблино. Характерна увеличенная ширина р.Москвы и ее поймы, большая амплитуда и размер излучин р.Москвы. Ширина пояса меандрирования современной реки на участке от Лужниковской излучины, где направление этого пояса изменяется, до Братеева составляет около 5 км, тогда как выше и ниже по течению она не превышает соответственно 3-х и 2-х км.

Депрессия Кожуховской впадины хорошо проявлена и в рельефе подошвы четвертичных отложений (см. рис. 2.12). Она расположена в основном над южной ступе-

ную Истринско-Кольчугинского выступа докембрийского фундамента и лишь частично над Подмосковным грабеном. Разделяющий их Павлово-Посадский разлом, амплитуда которого на этом участке составляет около 500 м, на поверхности не имеет сколько-нибудь определенных признаков. Впадина достаточно хорошо соответствует структуре палеозойского и мезозойского чехла. Она наследует восточный участок субширотного очень пологого асимметричного юрского прогиба и узел сопряжения Измайловской ложбины доюрского рельефа с Главной Московской ложбиной, где она круто изменяет свое направление и уходит на юг (см. рис. 2.9 и 2.10). Последние в свою очередь развивались над сходной, но более высокоамплитудной отрицательной структурой (Нагатинской депрессией) в отложениях карбона (см. рис. 2.8).

Рассмотренные выше материалы и данные о последнем (новейшем) этапе тектонического развития территории г. Москвы, свидетельствуют, что несмотря на его сравнительную непродолжительность на фоне всей геологической истории и сугубо платформенный, очень медленный и малоградиентный характер тектонических движений, последние проявились достаточно значительными формами, которые предопределили многие существенные черты рельефа, состав, распространение и мощности покрова четвертичных отложений. Более того с ними же в значительной мере связано распространение и мощности сохранившихся на территории Москвы мезозойских отложений. Ими же, в конце концов, предопределены направленность, интенсивность и потенциал разнообразных экзогенных процессов.

Новейшая тектоническая структура оказывается достаточно сложной, состоит из элементов разных рангов и типов, отражающих различные причины и механизмы их возникновения и развития. Наследуя в некоторой мере более древние структуры, новейшие тектонические деформации развивались все-таки по иному плану, отражая, очевидно, новое состояние земной коры и литосферы в целом, а также новое распределение в них тектонических сил и полей напряжений.

Новейшая тектоническая структура через обусловленные ею формы рельефа (прежде всего речные долины как главные пути миграции древних обитателей Русской равнины и локализации их поселений, а в дальнейшем долгое время служивших главными артериями торгово-хозяйственных связей развивающихся городов) являлась, очевидно, одним из существенных факторов, определивших локализацию и дальнейшее развитие г. Москвы, в том числе его пространственно-планировочную структуру. Радиально-концентрический его план в этом отношении является, по существу, антропогенной стадией эволюции неотектонической структуры. Если бы Москва возникла в устье Сходни, другом в равной степени подходящем узле торговых речных сношений, как это предполагал историк И.Е. Забелин, ее градостроительное решение развивалось бы, очевидно, по иному плану.

2.5. Геологические памятники Москвы

На территории столь обширного и плотно застроенного города, каким является Москва, сохранилось сравнительно немного мест, где можно было бы познакомиться непосредственно с геологическими формациями, охарактеризованными выше, и насладиться зримыми свидетельствами величественных событий геологической предыстории города. К тому же геологическим памятникам уделяется мало внимания и они практически не

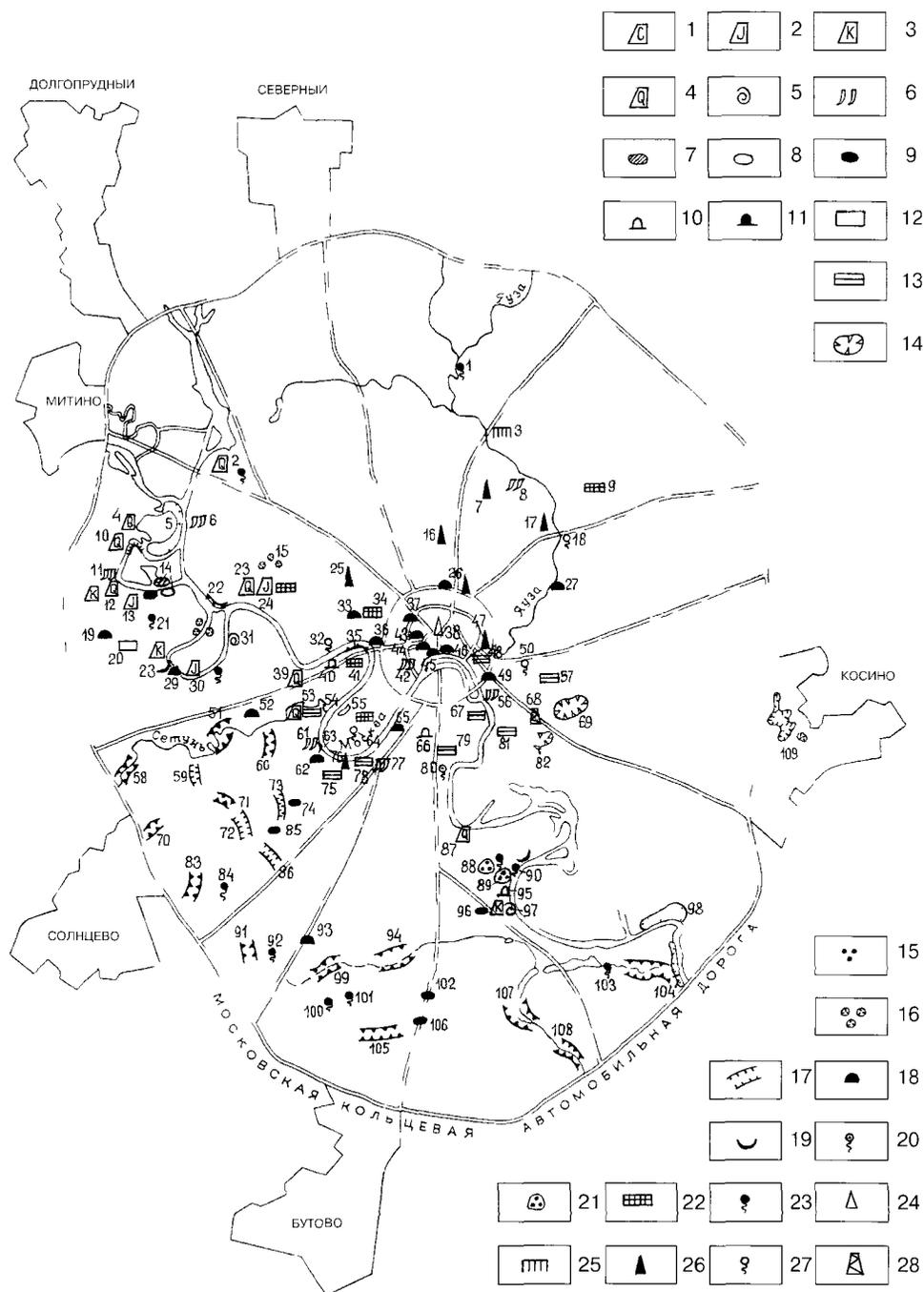


Рис 2 19 Схематическая карта геологических памятников на территории Москвы

Составили Я Г Кац и В В Козлов

Особо значимые геологические разрезы 1 – каменноугольных отложениях 2 – юрских отложениях 3 – меловых отложениях 4 – четвертичных отложений местонахождения остатков ископаемых организмов имеющих научное и коллекционное значение 5 – мезозойские аммониты 6 – места находок бивней мамонтов и других костных остатков ископаемых животных местонахождения цветных камней имеющих коллекционное значение и используемых в качестве поделочного материала 7 – агата 8 – кварца (горного хрусталя) 9 – рисунчатых

известны широким слоям населения. Вместе с тем внимательно и заинтересованному взгляду можно предложить достаточно большое число мест, интересных в геологическом отношении. Отметим прежде всего, что некоторые части геологического разреза Подмосковья имеют большую научную ценность и приобрести мировую известность. В первую очередь это касается отложений среднего карбона, в составе которого в качестве эталонного разреза выделен московский ярус, имеющий международное значение.

Казалось бы, территория Москвы и Подмосковья с равнинным рельефом, редкими выходами горных пород по склонам речных долин, с высокой освоенностью территории, значительная часть которой застроена или занята лесами, полями и огородами, содержит мало геологических объектов, которые следует отнести к природным памятникам. Однако, есть множество карьеров по добыче чаще всего строительных материалов, где вскрыты интересные разрезы древних отложений, где можно найти окаменелые остатки ископаемых организмов и образцы красивых минералов для коллекций и поделок. Есть в Москве и Подмосковье интересные формы рельефа, связанные с карстовыми и оползневыми процессами, с древними оледенениями. Наконец, большое познавательное значение имеют горные выработки прошлоторного-многокилометровые штольни, в которых велась добыча известняков для сооружения крепостных стен и зданий Москвы «белокаменной».

Геологические памятники имеют не только большое научное, но и эстетическое, экологическое и историко-культурное значение. Понятие «геологические памятники» является термином более свободного пользования по сравнению с понятием «памятник природы», закрепленном в природоохранном законодательстве. Интересный геологический объект может быть объявлен памятником природы с целью его сохранения и использования прежде всего в целях экологического образования и воспитания. К сожалению, пока в Москве и Подмосковье таких памятников официально зарегистрировано крайне мало.

Сведения об интересных геологических объектах Московского региона рассредоточены по путеводителям геологических экскурсий различных научных симпозиумов и конгрессов, в статьях и книгах по геологии Подмосковья, среди которых особый интерес представляют работы А. П. Павлова (1947), Б. М. Даньшина (1947), В. А. Апродова и А. А. Апродовой (1963), Ю. А. Бурмина и В. Л. Зверева (1982) и Г. П. Воларовича (1991)¹. Пробел в этом отношении восполняет карта «Природные памятники Москвы и ее окрестностей», издание которой осуществлено в настоящее время. Тематическое содержание карты разработано специалистами Музея землеведения

кремней места старинных горных промыслов 10 – остатки старинных карьеров по добыче известняков 11 – подземные горные выработки (катакомбы) для добычи строительного камня, 12 – старинные месторождения строительного камня 13 – месторождения кирпичных глин 14 – формы ледникового рельефа 15 – впадины ледниковых озер 16 – скопления ледниковых валунов и отдельные крупные валуны 17 – карстовые воронки 18 – речные террасы на участках наиболее отчетливого их выражения 19 – холмы 20 – формы оползневого рельефа 21 – родники вода которых считается целебной (святые источники) 22 – залежи торфа и торфяных грязей, использовавшиеся в лечебных целях 23 – источники минерализованных вод 24 – остатки старинных водозаборных сооружений и водопроводов 25 – остатки акведука 26 – водоразборные сооружения 27 – родники служившие для водоснабжения города и позднее утраченные 28 – Боевская глубокая скважина

¹ Павлов А. П. Геологический очерк окрестностей Москвы. М.: Изд. МОИП, 1946. 83 с.

Апродов В. А., Апродова А. А. Движения земной коры и геологическое прошлое Подмосковья. М.: Моск. ун-т, 1963. 265 с.

Бурмин Ю. А., Зверев В. Л. Подземные кладовые Подмосковья. М.: Недра, 1982. 144 с.

Воларович Г. П. Цветные камни Подмосковья. М.: Недра, 1991. 206 с.

МГУ под редакцией профессора С.А. Ушакова. На рис. 2.19 в уменьшенном масштабе представлено геологическое содержание этой карты (перечень объектов см. в приложении в конце раздела).

Многие геологические объекты, показанные на карте, имели большое значение в недавнем прошлом, но были утрачены в процессе застройки. Например, в карьере Камушки на левом берегу р. Москвы, ниже Шелепихи, можно было наблюдать в ископаемом состоянии дно юрского моря. Здесь был интересный объект геологических экскурсий. Остается только пожалеть, что при застройке этого участка не осталось места для небольшого музея природы, как это делается во многих странах. На карте получили отображение и места старинной добычи различных полезных ископаемых в черте города: строительного камня, кирпичных и керамических глин, песков, торфа. Отмечены характерные участки рельефа, имевшие собственные названия.

Геологические разрезы, вскрытые в горных выработках и естественных обнажениях

На первое место среди геологических памятников следует поставить разрезы горных пород, вскрытые в карьерах. Названия «московский» ярус среднего карбона, «подольский» и «мячковский» его горизонты, «хамовнический» и «дорогомиловский» горизонты, «яззская» и «шелковская» подсвиты верхнего карбона достаточно красноречиво указывают, что эти стратиграфические подразделения, имеющие не только местное, но региональное и даже, как отмечалось выше, глобальное значение, были выделены впервые и описаны как таковые именно здесь.

Внимательный читатель обратит внимание на то, что пункты, давшие эти названия, образуют последовательный ряд с юга на север. Это отражает соответствующее последовательное омоложение выходящих на земную поверхность слоев — что в условиях практически горизонтальной поверхности означает пологое погружение слоев карбона в этом направлении, к центру Московской синеклизы — обширнейшего палеозойского опускания земной коры.

К сожалению, на территории города большая часть естественных обнажений и карьеров оказались засыпанными и застроенными и являются практически утраченными. Память о них сохраняется лишь в геологических названиях. Однако, уже в непосредственной близости от Москвы можно осмотреть хорошие разрезы этих и других отложений как в естественных обнажениях по берегам рек, так и особенно в карьерах, в которых велись и продолжают развиваться разработки минерального сырья.

Совсем рядом с Москвой находится Шелковский карьер, расположенный на левом берегу р. Клязьмы в 3 км от платформы Гагаринская. В карьере вскрыты отложения карбонатных пород и глин верхнего карбона, которые перекрыты темными юрскими глинами. В каменноугольных доломитах встречаются шетки мелких кристаллов кварца, иногда аметистов. Можно встретить интересные стяжения рисунчатого кремня, в юрских глинах множество ростров белемнитов.

Месторождение Пески по добыче известняков находится к востоку от Казанской железной дороги между станциями Пески и Конев Бор. Здесь хорошо представлен разрез отложений среднего карбона, на которых залегают юрские глины с древними карстовыми полостями в основании. В основании разреза, вскрытого в карьере, развита толща косослоистых известняковых песчаников. Они считаются реликта-

ми древних дюн, возникших на прибрежных участках моря каменноугольного времени. В известняках обильны остатки ископаемых организмов: брахиопод, фораминифер, кораллов, морских ежей, мшанок, моллюсков. Здесь же встречаются рисунчатые кремни пестрой окраски, используемые любителями в качестве поделочного материала. По мнению ведущего знатока подмосковных цветных камней Г. П. Воробьева «песковские кремни являются безусловно одними из самых красивых цветных камней Подмосковья».

Нельзя не упомянуть и знаменитые Голутвинские карьеры. Они находятся на левом берегу р. Оки в 1,5 км к западу от пос. Шурово. Здесь залегают известняки и доломиты среднего карбона, в которых много остатков ископаемых животных. Но главную ценность этого карьера для любителей камня представляют прекрасные образцы разноцветных агатов и халцедонов, которые постоянно демонстрируются на выставках камней-самоцветов, а их фотоснимки украшают многие монографии.

Разрезы юрских отложений вскрыты карьерами по добыче фосфоритов, они занимают обширные площади между городами Воскресенском и Егорьевском. Здесь можно увидеть все детали строения отложений, собрать обильный коллекционный материал. Особенно эффектны раковины аммонитов с сохранившимся перламутровым слоем, ростры белемнитов, разнообразные по форме желваки фосфоритов. Здесь же интересно ознакомиться с обширными рекультивированными площадями на месте бывших карьеров, покрытыми чистым сосновым лесом, резко контрастирующим с техногенным рельефом.

Разрезы меловых отложений частично вскрыты в естественных обнажениях по берегам р. Волгуши в районе с. Парамоново близ Яхромы. Этот разрез был открыт еще в 1872 г. Г. А. Траутшольдом, позднее изучался многими другими известными геологами. Разрез сложен песками и глинами. Интересны конкреции фосфоритов, иногда с ядрами аммонитов внутри.

В Подмосковье много разрезов четвертичных отложений. В них добывают пески, глины, песчано-гравийные смеси для нужд строительства. В районе г. Дмитрова в крупных карьерах разрабатываются песчано-гравийные отложения, образованные водными потоками при таянии ледника. В стенках карьера можно увидеть древние торфяники, ледниковые отторженцы и сложные изгибы слоев, возникшие при давлении льда – гляциодислокации. Здесь же попадаются валуны концентрически-полосчатых рисунчатых кремней, удивительных по красоте на полированных срезах.

Местонахождения остатков ископаемых организмов, имеющих научное и коллекционное значение

Остатки ископаемых организмов можно найти во многих карьерах. Кроме того, по долинам рек встречаются отдельные обнажения и просто крупные глыбы известняков и доломитов на склонах. В них часто заключены остатки каменноугольных брахиопод, кораллов, морских лилий и других ископаемых. На берегах р. Москвы, там где они не замурованы гранитными набережными, можно найти небольшие раковины эффектных юрских аммонитов и ростры белемнитов (так называемых «чертовых пальцев»). Раковины аммонитов часто полностью пиритизированы. Интересно отметить, что в старину на берегах р. Москвы, около Воробьевых гор и Коломенского велся сбор таких раковин с пиритом с целью получения из них серной кислоты. В

Подмосковье в прошлом было сделано немало ценных находок бивней мамонта и костей других древних животных. Только в черте г. Москвы такие находки были сделаны на Воробьевых горах, при сооружении котлована для строительства храма Христа Спасителя, при создании Москворецкого моста и в других местах. С этими находками можно ознакомиться в Музее истории и реконструкции Москвы, в Зоологическом музее МГУ.

Местонахождения минералов и горных пород, имеющих коллекционное значение и используемых в качестве поделочного материала

Недра Москвы и ее окрестности богаты многочисленными проявлениями цветных камней. Они имеют не только коллекционное значение, но также используются любителями в качестве поделочного материала. Особенно много проявлений рисунчатого кремня. Хорошие образцы можно найти не только в карьерах, но и в виде валунов по долинам многих рек. Интересно отметить, что в свое время при строительстве московского метро в отвалах шахт ряда станции встречались прекрасные кремни с характерной синеватой окраской («Проспект Вернадского», «Университет» и др.).

Среди цветных камней особенно манят кристаллы аметиста — кварца с бледно-фиолетовой окраской. Их находят, хотя и не часто, в старых карьерах вблизи г. Подольска в карьерах вблизи Русавкино в Шелковском карьере. Они, конечно, уступают аметистам из известных месторождений Кольского полуострова и т.и. Урала, но по своему красивы, так что найти их стремятся многие любители цветного камня.

Подлинным геологическим памятником можно назвать небольшой Ратовский овраг. Он расположен в 3–5 км к северо-западу от г. Вереи. Еще в первой половине прошлого века известный геолог Г.И. Фишер фон Вальдгейм обнаружил здесь новый минерал, названный им ратовкином. Это разновидность флюорита — минерала фтора. Он встречается здесь в известняках каменноугольного возраста в виде небольших выделений фиолетовой окраски. В этих же отложениях можно встретить шетки кварца со своеобразной матовой оболочкой, а также необычные кремни с брекчиевым строением. Внимание любознательного посетителя привлекут здесь и глубокие карстовые воронки.

Очень интересные образцы мелких кристаллов пирита находили в упомянутом выше Песковском карьере. Они покрывают стенки небольших жеод-полостей в доломитах. В Мячковском карьере близ устья р. Пахры существовала небольшая линза бокситов, представленных в виде бобовин красного цвета. Это остатки древней коры выветривания, выполняющей карстовые воронки на поверхности известняков среднего карбона. В карьере по добыче известняков на левом берегу р. Оки около с. Горы, в 5–6 км ниже гор Озеры, встречаются пропластки гипса с хорошими кристаллами.

В Подмосковье можно найти хорошие образцы глауконита, фосфорита, кальцита, опоки и трепача, пирита и марказита, сидерита, травертинов (известковых туфов) и некоторых других минералов и горных пород.

Большую известность и широкое применение не только в качестве строительного, но и поделочного камня приобрели каменноугольные известняки. Известняки доломитовского горизонта касимовского яруса верхнего карбона разрабатывались в старых каменоломнях на западе Москвы. Но более известен и ценен «белый камень» из каменоломен, расположенных чуть южнее Москвы. Это — известняк мячковского горизонта среднего карбона, выделенного геологом А.П. Ивановым в 1926 г. Его разра-

ботки начались в XII веке в каменоломнях по берегам р.Москвы, у устья Пахры и вверх по Пахре. Наибольшее применение в строительстве этот известняк имел в XVIII–XIX веках, когда основная добыча его производилась из карьеров у с. Нижнее Мячково¹.

Мячковский известняк отличается белым цветом, ровной, без раковин, поверхностью. Он хорошо поддается резьбе. Главным декоративным достоинством его является наличие собственного оттенка у отдельных блоков (палевого, желтого, розового), в связи с чем кладка из мячковского известняка отличается особой игрой поверхности.

Исторический центр Москвы в пределах Бульварного кольца, получивший название Белого города, в конце XVI века (1585–1593 гг.) был окружен оборонительной стеной, сложенной из белого камня (в основании) и большемерного кирпича (с внутренней забутовкой).

Мячковский известняк использован и для отделки соборов и церквей, многих зданий. Им облицованы, например, цокольный этаж главного фасада и пилоны ворот здания Московского университета на Моховой улице, портик здания Опекунского совета на ул. Солянка. Этот камень применен при отделке дома Пашкова, здания Странноприимного дома на Сухаревской площади и около 100 других зданий и сооружений в Москве. Этот же камень использовался на строительстве многих других городов, например, он применялся в отделке Астраханского кремля.

К несомненным и несколько своеобразным геологическим достопримечательностям следует отнести также каменную облицовку станции Московского метрополитена. Она представлена породами, в основном далекими от геологического разреза Москвы и Подмосковья. Но изобилие, разнообразие, и красота камня, высокое искусство его композиции делают многие станции метро настоящими выставочными залами, достойными специального рассмотрения.

Проявления рудной минерализации

На территории Москвы и ее окрестностей отмечены незначительные концентрации рудных минералов, связанные с современными и древними россыпями. Они не имеют промышленной ценности, но интересны в познавательном отношении.

С песком, гравием и валунами кристаллических пород из далекой Скандинавии и Карелии в Подмосковье были занесены древними ледниками крупинки золота. Эти крупинки попали в речные отложения. В прошлом известны попытки промывать золото из песков в районе Икши и даже в Сокольниках, но они были неудачны из-за ничтожных содержаниях ценного металла. Так, в русловых отложениях вблизи ст. Икша, при промывке примерно тонны песка было получено всего 0,1–0,25 г золота в виде очень мелких крупинок. Иногда это рудопроявление используется для практики студентов-геологов по шлиховому опробованию — промывке песков с помощью лотка.

На южной окраине Москвы имеется Теплостанская ископаемая россыпь. Под покровом четвертичных отложений здесь залегают пески мелового возраста, образовавшиеся в прибрежно-морских условиях. В песках заключены небольшие зерна ильменита, рутила и циркона. Их содержание составляет до 34 кг/м³. Мощность залежи 1,3 м. Россыпь не представляет практического интереса, тем более, что над ней возвышаются здания новых микрорайонов города.

Места добычи рудных полезных ископаемых в прошлом

В далеком прошлом на заболоченных участках под слоем мха собирали желваки болотных железных руд. Особенно много таких проявлений на востоке Подмосковья, в пределах Мещерской низменности. Наиболее известные, самые крупные скопления таких железных руд вполне можно отнести к геологическим памятникам. Железная руда добывалась и на юге Подмосковья. На базе небольших залежей в каменноугольных отложениях действовали железоделательные заводы на р.Протве, Истье и др. Наиболее значительным было месторождение вблизи г. Малоярославца. Попытаться точно установить места разработок и найти остатки железоделательного производства – интересная задача для любознательных краеведов. В старину использовались также руда железа, образующаяся на дне озер. Озерные руды разрабатывались, например, в одной из стариц на пойме р.Оки около г.Серпухова.

Старинные горные выработки

Особый интерес представляют остатки сохранившихся горных выработок. На правом склоне долины р.Рожай напротив села Никитское находится старинный карьер по добыче известняков среднего карбона. К карьере от реки ведет старая дорога, выложенная крупными обломками известняка. Однако в старину строительный камень добывался в основном не из карьеров, а из штолен – горизонтальных подземных горных выработок. В черте г.Москвы действовали Даниловские и Дорогомиловские каменоломни со сложными системами подземных ходов. Особенно крупные разработки располагались по долине р.Пахры. Наиболее известны Сьяновские каменоломни, часто неправильно называемыми пещерами. В них добывался белый известняк мячковского горизонта. Считается, что протяженность Сьяновской подземной каменоломни составляет 17 км, а общая длина всех подземных ходов может достигать даже 50 км. Посещение древних каменоломен оставляет незабываемое впечатление. Спускаться под землю следует только в сопровождении опытного спелеолога, так как в сложном переплетении подземных выработок легко заблудиться.

Следы деятельности древних ледников

В пределах Москвы и Подмосковья широко распространены формы рельефа, характеризующие время развития Московского ледникового покрова, распространившегося со стороны свода Балтийского щита на обширные пространства Восточной Европы, и последующее эрозионное расчленение послеледниковой поверхности.

На юго-западе и юге г.Москвы достаточно наглядно выражены пологие гряды и межгрядовые ложбины ледникового рельефа. Для их наблюдения рекомендуется совершить прогулку, например, по Азовской улице между станциями метро «Нахимовский проспект» и «Чертановская». Эти станции находятся в двух соседних широтных ложбинах, разделенных широким моренным валом, в осевой части которого расположена станция метро «Каховская» и район Зюзино. Аналогичный рельеф можно наблюдать в любом другом радиально ориентированном сечении (проспекты Мичуринский, Вернадского, Ленинский, Севастопольский, Профсоюзная улица, Варшавское шоссе). В раскопках, которые можно встретить почти повсеместно, здесь, как правило, обнажены рыжие моренные суглинки.

В Подмоскowie хорошо выражены впадины ледниковых озер, таких как Глубокое, Тростенское, Круглое, Озерецкое, Киево и др. Моренные гряды определяют рельеф в районе Клинско-Дмитровской гряды. Местами проявлены озы — песчаные гряды, связанные с ледниковыми, и камы — холмы на участках таяния льда при отступании ледника. На водоразделах проявлены пологие понижения, представляющие собой долины стока талых вод. Однако, заметить эти формы рельефа непросто без специальных знаний и изучения геологической литературы.

Повсеместно в местах развития ледниковых отложений на поверхности встречаются валуны горных пород, принесенных из далекой Скандинавии. Отдельные гигантские валуны или скопления крупных валунов гранита, кварцитов и других магматических и метаморфических пород — подлинники памятники геологической деятельности ледника. Гигантский ледниковый валун отмечен в долине р.Кимерши, скопление крупных валунов можно встретить прямо в русле р.Истры в ее нижнем течении. В г.Москве крупные валуны размещены в виде своеобразных памятников на нескольких площадях, например, в районе Олимпийской деревни, в Измайловском лесопарке и во многих других местах. В некоторых странах, например, в Польше все крупные валуны включены в число природных памятников.

Проявления карста

Среди различных по происхождению форм рельефа большой интерес вызывают проявления карста. На юге Подмоскowie, где близко к поверхности залегают известняки карбона, особенно на склонах речных долин, во многих местах можно увидеть карстовые воронки. Часто они достигают в диаметре 25 м при глубине 5—7 м. Подобные воронки можно наблюдать на правом склоне долины р.Рожая, выше сел. Никитское. Несколько слившихся карстовых воронок даже образовали настоящую карстовую котловину.

Карстовые провалы известны и на территории г. Москвы, где они привели к разрушению отдельных зданий. Часто карстовые впадины заполнены небольшими озерами. Некоторые исследователи считают, что Косинские озера на восточной окраине Москвы имеют карстовую природу. На дне крупных воронок можно заметить ниши, куда поступает дождевая и талая вода. Это водопоглотительные отверстия, так называемые поноры. На карстовых участках нередко можно встретить свежие провалы.

Характерные участки рельефа, имеющие исторические названия (в черте города)

К числу геологических памятников следует отнести и некоторые характерные участки рельефа, в названии которых запечатлены отдельные эпизоды истории города. Москва стоит на холмистой местности и называлась городом на семи холмах, по аналогии с Римом. Эта аналогия возникла, по-видимому, в годы правления первого Московского царя Иоанна III Васильевича (1462—1505), когда в образованных кругах русского общества возникла идея о Москве как Третьим Риме, наследнице закатившейся славы первых двух. «Два Рима падоша, третий — Москва стоит, а четвертому Риму не быти» — так зывал в своем желании к великому князю Василию III инок — полемист Филофей¹.

¹ 850 лет Первопрестольной // Православный церковный календарь 1997 Изд-во Московской Патриархии 1997 С 2—6

Однако исследователи расходятся и до сих пор расходятся во мнении какие именно из высот считать историческими «семью холмами». В черте гор Москвы были известны горы — Варвара гора, Варгунха, Воробьевы, Введенские, Гостиная, Демидова, Знаменская, Крутицы, Лышикова, Мухина, Поклонная, Псковская, Ростовские, Три Горы (Трехгорка), Цыбина, Шипитова, горки — Красная и Вшивая (или Швивая) холмы — Боровицкий, Красный, Тверской, Ваганьковский, Лефортовский, Сretenский и Таганский (он же Вшивая горка), *урочища* на Высоком и Пупыши, Татаровские высоты.

Количество подобного рода форм рельефа по мере расширения Москвы значительно возросло. В качестве памятника природы официально выделена высшая точка Теплостанской возвышенности и всего города в целом, расположенная на пересечении Профсоюзной улицы с Новоясеневским проспектом. Ее абсолютная отметка составляет 252 м над уровнем моря.

Москвичам хорошо известен Сивцев вражек. Здесь в прошлом существовал крупный овраг с довольно крутыми склонами, выровненный в процессе застройки. Немногие знают, что по обе стороны от Волгоградского проспекта находились обширные заболоченные котловины, называвшиеся Карачаровским и Свкиным болотами.

Отрадно отметить, что в связи с работами по реконструкции Манежной площади обозначен небольшой отрезок русла р. Неглинной. Думается, что в будущем при реконструкции и других отдельных участков города следует не забывать об утраченных в связи с застройкой природных памятниках, не сводить на нет, а подчеркивать характерные участки рельефа, особенно имеющие исторические названия.

Формы рельефа речных долин

К геологическим памятникам относят также характерные формы рельефа речных долин. Вдоль р. Москвы во многих местах сохранились отчетливо выраженные речные террасы. Даже в черте города несмотря на застройку участки террас ходынского, мневниковского и серебряноборского уровней были официально признанными памятниками природы. Комплекс последнических террас и структурно предопределенные изменения ширины долины, характера меандрирования реки и другие особенности, можно проследить спустившись на теплоходе по реке Москве от Строгино до устья Пахры.

Заслуживают сохранения отдельные отрезки долин малых рек с частично сохранившимися природными ландшафтами (реки Очаковка, Самородинка, Городня и др.), а также участки поймы р. Москвы, например в районе так называемого Шуйкинского полуострова.

На крутых склонах долин нередко проявлены оползни. Большой геологический интерес представляют и несомненно доставляют эстетическое удовольствие известные оползневые склоны Воробьевых гор и Фили-Кунцевского песопарка. Это — уникальные природные объекты со специфическими формами рельефа, «пьяным» тесом, множеством родников, приуроченных к водоупорному горизонту черных юрских глин, по поверхности которых и осуществляется срыв и соскальзывание массивов вышележащих пород. К сожалению, процессы оползнеобразования имеют и негативную сторону, поскольку они делают неустойчивыми и опасными для застройки и иного использования большие территории городских земель.

Источники подземных вод

Территория Москвы и ее окрестностей, как и вся Московская область, расположена в южной части обширного артезианского бассейна, в недрах которого заключены огромные запасы минеральных вод и рассолов. В Подмосковье известны и родники с минерализованными водами. Некоторые из них являются целебными.

В черте г. Москвы минеральные воды залегают на довольно больших глубинах (от 300 до 1200 м). Впервые они были вскрыты здесь первой глубокой скважиной, пробуренной в 1939 г. до кристаллического фундамента. В годы Великой отечественной войны из этих вод методом выпаривания добывалось большое количество пищевой поваренной соли. Минерализованные воды из недр Москвы и Подмосковья широко используются для лечебных целей во многих санаториях, курортах, домах отдыха, пансионатах, в отдельных больницах. Известна Московская минеральная вода. Многие родники Москвы признаны памятниками природы, но их обустройство и надежная защита от загрязнения и даже полного уничтожения в большинстве случаев пока не реализована. Множество родников и колодцев на территории города – в прошлом важных источников водоснабжения сейчас полностью утрачено. В их числе, например, Вавилонский колодец, находившийся примерно в центре Лужников.

Уникальным природным объектом является гидрографическая сеть Фили-Кунцевского лесопарка, связанная с многочисленными выходами подземных вод. По данным Ю.А.Насимовича¹, на этой территории в р.Москву разгружаются 21 приток с подземным (ключевым) питанием. Суммарная длина ручьев Фили-Кунцевского лесопарка с их основными закартированными притоками составляет примерно 5 км. Всего из лесопарка в р.Москву за минуту стекает 400–500 литров воды (минимальный поверхностный сток). После дождей и в весеннее время сток возрастает, но не в такой степени, как это характерно для лесных речек и ручьев вне москворецкого склона. Три ручья лесопарка загрязнены, но остальные относительно чисты.

Похожими чертами характеризуются ключи подземных вод и образуемые ими ручьи на склонах Воробьевых гор и Коломенского. Ручьи Воробьевых гор сильно трансформированы. Наиболее мощный родник и ручей расположены вблизи бывшей Остроумовской рощи.

Есть еще ряд коротких чистых ручьев с родниковым питанием вне москворецкого склона: ниже земляной плотины Химкинского водохранилища у р.Химки (Лебедь и другие), у р.Сетунь (Лешин родник, родники Матвеевского леса), Кукринский ручей вблизи истоков Очаковки, родники у р.Пономарки между Кузьминскими и Люблинскими прудами и некоторые другие. Родники у р.Химки довольно мощны, но, очевидно, их вода просачивается из Химкинского водохранилища. От этих родников вторично берет начало р.Химка.

Старинные системы водоснабжения

К числу геологических памятников принято относить не только горные выработки, искрывшие интересные объекты природы, но и остатки старинных систем водоснабжения. В Москве сохранился Ростокинский акведук, по которому поступала вода из

¹ Насимович Ю.А. Аннотированный список названий рек, ручьев и оврагов Москвы. М. 1996. Деп. в ВИНТИ, № 1454–B96

Мытищинских родников Ущели так называемые водоразборные фонтаны на Театральной и около старого здания Президиума Российской академии наук на Ленинском проспекте К сожалению, на территории города были уничтожены такие интересные сооружения, как Крестовские водонапорные башни около Рижского вокзала, Сухарева башня, также использовавшаяся в качестве водонапорной, большие кирпичные резервуары на Воробьевых горах

Природные объекты, которым придавалось ритуальное значение или целебные свойства, отдельные археологические объекты

Особый интерес представляют природные объекты которым придавалось ритуальное значение или целебные свойства В Музее-заповеднике Коломенское известно скопление валунов, которым приписываются целебные свойства

Не менее интересным являются курганы и городища и связанные с ними предания На карте (см рис 2 19) показаны наиболее сохранившиеся четыре из них В Москве, в парке Фити-Кунцево известно Кунцевское городище, основанное одним патриархальным родом в 50–60 человек (V–IV век до нашей эры) Это холм с валами и рвами, покрытый угольной черной землей – напластованиями древнего укрепленного поселка Это место во времена Московской Руси приобрело мрачную славу Находя у обрыва городища «чертовы пальцы» (белемниты) и «громовые стрелы» (кремниевые наконечники от древних стрел) жители соседнего Кунцева связывали эти сооружения с «нечистой силой» Вот почему «страшный» роман писателя середины прошлого века М Воскресенского, основное действие которого происходит на этом холме, называется «Проклятое место»

На берегу Москва-реки в 2-х км ниже устья р Пахры возвышается (70 м) Боровский курган, который согласно преданию насыпан на многих русских воинов и местных жителей, погибших в сражении с Батыем

Геологические экскурсии в Москве

Для более детального осмотра геологических образований на территории Москвы можно рекомендовать следующие экскурсии, используемые московскими ВУЗами для проведения студенческих практик

Экскурсия «Хорошово-Щукино» От перекрестка улиц Маршала Жукова и Генерала Глаголева, к которому можно добраться троллейбусом № 20 от Тверской улицы или от станции метро «Полежаевская», необходимо спуститься к берегу р Москвы Дорога, идущая слева от церкви, построенной Борисом Годуновым, ведет вниз до подножья III террасы р Москвы Высота террасы – 26–28 метров Терраса покрыта аллювиальными песками (3–4 метра), ниже которых обнажены верхне готеривские бурые железистые песчаники

Далее необходимо спуститься почти до берега р Москвы и следовать по ее течению Правее церкви, в крутом склоне III террасы, расположено обрывистое обнажение отложений верхнеготеривского подъяруса Верхняя часть обнажения (3–4 метра) сложена слоистыми железистыми песчаниками, а нижняя – слюдисто-глауконитовыми песками с редкими конкрециями фосфоритов

Выше церкви (по течению реки) поверхность III террасы постепенно снижается до уровня II террасы (16–18 м высотой) В ее цоколе обнажены пески нижней части верхнеготеривского подъяруса

II терраса у села Хорошово образовалась по московской морене, обнаженной в самой верхней ее кромки. Мощность сохранившейся морены 2–3 метра. У подножья II террасы у берега р. Москвы, расположены многочисленные оползневые бугры, образовавшиеся по поверхности черных песчаных глин среднего подъяруса волжского яруса. Следует иметь в виду, что при строительстве моста через р. Москву весь ее берег был завален железненными черными глинами с многочисленными остатками фауны, поднятыми со дна реки.

Далее необходимо подняться на шоссе, ведущее в Серебряный Бор и, не доходя до моста через канал, следовать по берегу канала на север по направлению к Щукину (2 км) мимо Серебряного бора, находящегося по другую сторону канала. Переица р. Ходынку и следуя далее по берегу р. Москвы, выходят к обрыву высотой около 30 м. В нем обнажены флювиогляциальные пески и галечники московского оледенения (120–100 тыс. лет назад). Флювиогляциальные отложения широкой полосой обрамляют юг Тушинской поймы. В результате подпрудья р. Москвы, в Тушинской пойме образовалось огромное озеро, часть которого сохранилась до настоящего времени. Приблизительно 100 тыс. лет тому назад воды озера прорвали низкие холмы на южном берегу и образовали современную долину реки в пределах Москвы. После ухода Московского ледника в результате изостатического подъема территории со скоростью 1–3 мм в год и изменении климата на новом отрезке долины р. Москвы возникли три последлениковые надпойменные террасы.

Экскурсия «Татарово-Крылатское» От станции метро «Молодежная» автобусом № 229 доехать до остановки, следующей за Олимпийским велосипедным треком. Далее спуститься к реке Москве, держась левее. У бывшей деревни Крылатское, на берегу р. Москвы расположено обнажение аллювиальных песков и галечников I надпойменной аккумулятивной террасы р. Москвы. Ее высота 6–8 м. Следует иметь в виду, что уровень воды в р. Москве у Крылатского-Хорошова поднят плотиной у Мневников на 4–5 метров.

Далее следовать по правому берегу р. Москвы вверх по течению до первого оврага. Поверхность I надпойменной террасы постепенно поднимается до уровня II надпойменной террасы. В левом борту оврага обнажен цоколь последней, в котором вскрыты слюдиисто-глауконитовые пески верхнеготеривского подъяруса.

Далее выйти на верх и затем спуститься к берегу р. Москвы. Весь правый склон II и III надпойменных террас покрыт оползневыми буграми, скользящими до поверхности черных песчаных глин среднего подъяруса волжского яруса.

По берегу р. Москвы, следуя вверх по течению, необходимо дойти до устья оврага Малая Гнилуша. У устья оврага, на левом и правом его бортах, в доколе III террасы р. Москвы обнажены черные песчаные глины с многочисленными конкрециями фосфоритов среднего подъяруса волжского яруса (4–5 м мощностью), а выше – слабо глинистые желтые полимиктовые пески верхнего подъяруса волжского яруса (4–5 м мощностью).

Поднявшись на правый борт оврага Малая Гнилуша и выйдя на поверхность III надпойменной террасы р. Москвы, надо пройти по правому борту оврага Гнилуша. Во второй, поперечной к оврагу промоине находится обнажение песков и железистых песчаников верхнеготеривского подъяруса, перекрытых флювиогляциальными песками и галечниками московского оледенения.

Проследовать к школе, расположенной у подножья Татаровских высот, за спортивной автотрассой у подножья этих высот также обнажены водноледниковые отло-

жения московского оледенения и встречаются глыбы бурых готеривских железистых песчаников и светлых аптских кварцевых песчаников

На Татаровских высотах южнее геодезического знака расположен огромный теперь уже заросший карьер в котором начиная со времен Ивана Грозного добывались глыбы кварцевых песчаников. Из них делались тумбы устанавливавшиеся на углах улиц а позже верстовые столбы. Песчаники залегают в виде линз в светлых кварцевых песках аптского яруса. На южном борту карьера аптские пески перекрыты московской мореной (6–8 м мощностью). Бугры на северном борту карьера (в геодезического знака) являются отвалами образовавшимися при углублении карьера.

С Татаровских высот хорошо видна долина р Москвы террасы на территории Серебряного Бора и высокие правый берег р Москвы от оврага Гнилуша до села Троицкое Лыково. В понижении рельефа (с теса от церкви) в болотистом склоне в 20 е годы был найден полный скелет мамонта жившего 11 000 лет тому назад. Скелет установлен в Зоологическом музее МГУ на Б Никитской улице.

Спускаясь на север к р Москве в бортах оврага у подножья высот можно рассмотреть небольшое обнажение аптских песков и обработанные глыбы аптских песчаников.

Эскурсия у пос Держинск. От станции метро «Текстильщики» автобусом № 347 ехать до остановки «Больница». От этой остановки надо перейти на противоположную сторону улицы и далее идти тесее продовольственного магазина (150 м) поперек шоссе между домами до южного борта огромного действующего карьера. В борту карьера добывают кварцевые пески аптского яруса мощность которых составляет 10–12 м. Это единственное обнажение аптских песков в Подмоскowie.

Спустившись на дно карьера необходимо обойти его с твоей стороны и по дну карьера пройти к его северному борту. На дне карьера лежат многочисленные глыбы кварцевых песчаников с отпечатками фауны. Эти глыбы ранее были заключены в виде линз в песках верхнеготеривского подъяруса.

На северном борту в нижней его части вскрыты стойкие полимиктовые пески перекрытые бурыми железистыми песчаниками верхнеготеривского подъяруса. Общая мощность отложения подъяруса достигает 20–25 м. У самого верха карьера на верхнеготеривских песках лежат маломощные белые кварцевые пески аптского яруса. Стойкость в верхнеготеривских песках местами искривлена вследствие суффозионных процессов.

В северном борту карьера (под лесом) виден конусообразный врез московской(?) морены в верхнеготеривские пески. Морена заполнила существовавший до оледенения овраг и имеет мощность около 25 м. Выше у опушки теса, верхнеготеривские отложения перекрыты маломощной мореной и флювиогляциальными песками московского оледенения.

От опушки леса по дороге можно спускаться в рядом расположенный действующий западный карьер. В нем вскрыты кварцевые пески верхнего подъяруса волжского яруса заключающие линзы крепких кварцевых песчаников. Мощность песков 8–10 м. Они добываются для изготовления асбесто-цементных плит, используемых в строительстве.

Еще через две остановки у конечной остановки автобуса № 347 находится мужской Николо Угорский монастырь основанный в честь тысячелетия образования Руси. Икона св Николая спасла в XI веке Киев от вторжения венгров (угров) перемешавшихся с Волги на Дунай. В монастыре эффектная церковь и ограда.

Перечень и краткое описание объектов, указанных на рис. 2 19

- 1 Родник на склоне долины р Яуза в районе усадьбы Свибтово Отнесен к памятнику природы (1987 г) Площадь участка 25 кв м
- 2 Родник Лебедь в Түшино вблизи Вотокотамского шоссе в парке Покровское Глебово Отнесен к памятнику природы (1987 г) Площадь участка 25 кв м Разрез четвертичных торфяников в низовьях р Химки около Ивaньюкова Богатые остатки древесины
- 3 Ростокинский акведук к востоку от проспекта Мира недалеко от гостиницы «Космос» Является частью Мытишинского водопровода Длина акведука 358 м Сооружен в конце XVIII века
- 4 Разрез четвертичных отложений на правом берегу р Москвы в 0,2 км выше бывшего загородного дворца Нарышкиных Видно залегание отложений мневниковской террасы на микролинские межледниковые торфяники с растительными остатками Объект геологических экскурсий
- 5 Пойма р Москвы Щүкинский полуостров Соединен с берегом реки узким песчаной косой Хорошо выраженный поименный рельеф
- 6 Местонахождение остатков стона тригонтерия предка мамонта на склоне долины р Москвы в районе бывшего села Троицкое Обнаружено в середине XIX века Приурочено к древним озерным отложениям
- 7 Алексеевская водоподъемная станция Вблизи платформы Маленковская Одно из сооружений Мытишенского водопровода Действовала в начале XX века
- 8 Местонахождение остатков мамонта на территории Сокольников Череп мамонта включен в коллекцию палеонтологического музея Российской академии наук
- 9 Старинные разработки торфа в районе Черкизово Использовались с 1795 года для топki кирпичных заводов в Измайлове
- 10 Разрез четвертичных отложений в Серебряном овраге на правом берегу р Москвы около бывшего села Троицкое Озерные отложения с многочисленными остатками рыб насекомых растений В 40-ых годах прошлого столетия здесь был найден скелет мамонта Объект геологических экскурсий в прошлом
- 11 Местонахождение остатков гигантских ящеров плезиозавров около бывшей деревни Щүкино по Звенигородскому шоссе Обнаружено в середине прошлого века Были найдены позвонки и обломок челюсти с зубами Определены размеры этих животных достигавших в длину 15 м
- 12 Троицкий разрез четвертичных межледниковых отложений Правый берег р Москвы около подножия Татаровских высот Изучался многими известными геологами Объект геологических экскурсий в прошлом
- 13 Разрез юрских отложений около устья оврага Гнилуша на берегу р Москвы Глины и пески с обильными конкрециями фосфоритов В прошлом объект геологических экскурсий
- 14 Галька разноцветных кремней иногда обломков халцедона и агата Около Крылатского на склонах в небольших песчаных карьерах
- 15 Участок современного проявления карста на 3 и Хорошевской улице Отнесен к памятнику природы (1987) Площадь участка – 2,7 га
- 16 Место расположения Крестовских водонапорных башен около Рижского вокзала Две кирпичные башни боьшой высоты были построены в конце XIX века Входили в систему Мытишенского водопровода Полностью снесены в 1940 году

17 Преображенская водокачка на правом берегу Яузы в Сокольниках Действовала в начале XX века

18 Преображенские родники В старину служили для снабжения города водой

19 Татаровские высоты Крутые склоны р Москвы в районе Крылатского

20 Старинные месторождения строительного камня Склоны Татаровских высот в районе Крылатского Здесь добывались прочные песчаники из меловых отложений В них находили отпечатки папоротников и пальм Интенсивно разрабатывались в XVII веке и были исчерпаны к середине XIX века

21 Татаровский овраг в районе Крылатского вблизи 6-ой Крылатской улицы Характерный рельеф Геологические обнажения Отнесен к памятнику природы (1987) Площадь – 29,7 га Здесь же, в овраге – родник Имеет рекреационно-оздоровительное значение Площадь участка 25 кв м Родник назван в честь явления иконы Руденской Божией матери Известен с XV века По составу вода близка к нарзанам

22 Участок террасы ходынского уровня на Карамышевской набережной р Москвы Отнесен к памятнику природы (1987 г) площадь участка – 0,8 га Уникальный ландшафт Имеет рекреационное значение

23 Разрез четвертичных отложений

24 Разрез юрских отложений

25 Ходынская водокачка около Ленинградского проспекта на бывшем Ходынском поле Действовала в начале XX в

26 Сретенский холм Повышенный участок на пересечении улицы Сретенка с Садовым кольцом Ранее здесь находилась Сухарева башня, которая использовалась в качестве водонапорной для Мытищенского водопровода

27 Лефортовский холм Повышенный участок левого борта долины р Яузы, в районе улицы Госпитальный вал

28 Участок оползневого рельефа на склоне долины р Москвы в парке Фили-Кунцево Отнесен к памятнику природы (1987 г) Площадь – 4,2 га

29 Холмы Кунцевского городища в парке Фили-Кунцево, квартал 1 Отнесен к памятнику природы (1987 г) Площадь – 5,5 га Характерные формы рельефа на склоне долины р Москвы

30 Обнажение юрских глин в парке Фили-Кунцево, квартал 2 Участок отнесен к памятнику природы (1987 г) Площадь 0,4 га

31 Местонахождение аммонитов, замещенных марказитом, обломков ростров белемнитов, раковин пластинчатожаберных моллюсков Берег р Москвы в Филевском парке Некоторые образцы имеют коллекционное значение

32 Трехгорные родники Из них в старину на подводах вода поставлялась в центр города

33 Ваганьковский холм

34 Старинные разработки торфа в истоках ранее существовавшей р Пресни

35 Участок террасы мневниковского уровня Занимает сквер на Кутузовском проспекте Отнесен к памятнику природы (1987 г) площадь участка – 0,8 га Имеет рекреационное значение

36 Трехгорный холм Возвышенный участок на левом берегу долины р Москвы в районе Пресни На нем расположены правительственные здания

37 Тверской холм Повышенный участок на пересечении Тверской улицы с Бульварным кольцом На месте сглаженной вершины находится памятник А С Пушкину

38 Петровский водоразборный фонтан Мытищенского водопровода в центре Театральной площади Сооружен в 1835 году

39 Разрез четвертичных отложений в Студеном овраге между Шелепихой и Мневниками Объекты геологических экскурсий в прошлом Сейчас район полностью застроен В четвертичных отложениях был установлен древний торфяник с многочисленными остатками растений, рыб и жуков Найден череп и кости древнего слона – тригонтерия Изучены К Ф Рулье еще в 1856 г Объект экскурсий для участников международной конференции по изучению четвертичного периода в 1932 г

40 Дорогомиловские каменоломни Правый берег р Москвы Интенсивно разрабатывались в первой половине XX в Добывались известняки каменноугольного возраста на строительный камень и для производства цемента В них находилось множество остатков ископаемых организмов В прошлом – объект многочисленных геологических экскурсий Сейчас территория полностью застроена Есть упоминания о протяженной системе горных выработок

41 Разрез древнего торфяника в районе Кутузовской слободы Расположен на третьей террасе р Москвы В нем найдены многочисленные остатки растений Ниже были вскрыты глины со стволами растений и остатками рыб Разрез был изучен В С Доктуровским Сейчас район полностью застроен

42 Местонахождение костей мамонта на Волхонке Было выявлено в котловане при строительстве Храма Христа спасителя Кости обнаружены в слое песка в основании разреза на глубине свыше 6 м под культурными слоями с археологическими находками

43 Красная горка Повышенный участок на правом склоне долины р Неглинной На нем расположено старое здание Московского университета на Моховой улице

44 Возвышенный участок на правобережье реки Неглинной, западнее Боровицкого холма На вершине – здание Российской государственной библиотеки, дом Пашкова

45 Боровицкий холм Возвышенный мыс между долинами рек Москвы и Неглинной Исторический центр города На холме расположен Московский Кремль

46 Псковская горка Повышенный участок левого склона долины р Москвы к востоку от Боровицкого холма

47 Артезианская скважина на Яузском бульваре Действовала во второй половине XIX века Снабжала водой окрестные улицы Изучение разреза скважины проводилось при участии известного геолога Г Е Щуровского В 1875 г по материалам бурения впервые на территории города были установлены девонские отложения Разрез скважины был опубликован в 1890 г С Н Никитиным

48 Крутицкое месторождение кирпичных глин Снабжало сырьем завод существовавший до середины XVII в

49 Старинные разработки гончарных глин вдоль склона долины р Яузы вблизи ее устья Здесь существовала Гончарная слобода, которая в течение длительного времени была ведущим центром производства керамики в России Глина и песок добывались из четвертичных отложений Следы производства сохранились в названиях Гончарных переулков

50 Рогожские родники В старину являлись источником питьевой воды, которая доставлялась в центр города в бочках на подводах

51 Долина р Сетунь вблизи Матвеевского Сохранились фрагменты поймы и первой надпойменной террасы

52 Поклонная гора Возвышенный участок между долинами рек Москвы и Сетуни Отмечена в качестве горы на старых картах города Историческое место и место мемориала на Кутузовском проспекте

53 Разрез древнего торфяника между Поклонной горой и р Сетунь Многочисленные остатки растений Изучен Г Ф Мирчиком и В С Доктуровским Был объек-

том экскурсии участников Международной конференции по изучению четвертичного периода 1932 г. Сейчас район полностью застроен

54 Месторождение кирпичных глин на склонах долины р. Сетунь. Сырье поступало на кирпичные заводы, действовавшие в начале XX в.

55 Старицы около Новодевичьего монастыря. Использовались в качестве оборонительных рвов, но частично сохранили первичные очертания старичного рельефа.

56 Местонахождение остатков мамонта. Обнаружены при строительстве Краснохолмского моста в 1936 году. Находятся в торфянике на глубине 18 м от поверхности.

57 Калитниковское месторождение кирпичных глин. Находится вблизи современного Птичьего рынка. На его базе действовал первый в городе кирпичный завод, основанный в 1675 году Аристотелем Фиораванти. Кирпичи использовались для строительства Успенского собора и крепостных стен Кремля.

58 Долина р. Сетунь ниже пересечения с МКАД. Сохранились фрагменты поймы и первой надпойменной террасы. На пойме имеются заболоченные участки.

59 Долина р. Неверешки (Наташонки) вблизи впадения в р. Сетунь. Обширный заболоченный участок на месте поймы.

60 Низовья р. Раменки около Киевской ж.д. сохранился небольшой участок сильно заболоченной старицы.

61 Местонахождение костей мамонта на Воробьевых горах. Было обнаружено при закладке храма в честь Победы в Отечественной войне 1812 г., который не был построен. Изучались известным геологом ГИ. Фишером фон Вальдгенмом.

62 Воробьевы горы. Крутой и высокий правый склон долины р. Москвы. Отнесен к памятнику природы (1987 г.). Площадь 90 га. Уникальный для города рельеф, многочисленные интересные геологические объекты. Большое рекреационное значение. Место экскурсии.

63 Воробьевы горы. Один из наиболее сохранившихся природных памятников в черте города. Крутой склон с оползневым рельефом и так называемым «пьяным телом». Отдельные обнажения меловых песчаников, которые в прошлом разрабатывались для производства стекла на заводе в Измайлове. Использовались также песчаники для посыпки рукописей в виде своего рода промокашки. В прошлом в основании склона были обнажения юрских песков с остатками аммонитов и сростками пирита. Вдоль русла реки такие сростки собирали для производства серной кислоты. В верхней части склона развиты моренные и покровные суглинки. Они использовались для изготовления кирпичей. Объект геологических экскурсий.

64 Вавилонский колодец в тупиках, вблизи пересечения Комсомольского проспекта с Окружной ж.д. существовал в начале XX века. Отмечен на старых картах города.

65 Крутой расчлененный правобережный район долины р. Москвы в районе Нескучного сада. Относится некоторыми исследователями к числу семи холмов, на которых расположен город.

66 Даниловские каменоломни. Существовали до середины прошлого века около деревни Даниловка. Сложная и запутанная сеть подземных выработок. В настоящее время территория полностью застроена.

67 Хамовническое месторождение кирпичных глин. Снабжало сырьем кирпичный завод с конца XV до середины XVII вв.

68 Боенская глубокая скважина. Вскрыла кристаллический фундамент и полный разрез осадочных отложений чехла. Сильно минерализованные воды из скважины в годы войны использовались для получения поваренной соли.

- 69 Карачаровское болото между Волгоградским и Рязанским проспектами. Обширная, в прошлом заболоченная котловина
- 70 Участок долины р Очаковки перед Олимпийской деревней. Сохранились склоны долины и заболоченное днище
- 71 Верховья р Неверешки (Наташонки). В истоках сохраняется узкое болото с реликтами поймы
- 72 Верховья р Раменки. Склоны долины только со стороны парка сохранили частично природный ландшафт. Имеется небольшая пруд
- 73 Небольшой участок долины р Самородинки ниже проспекта Вернадского. Протяженность всего 150 м. Выражены узкое русло, небольшая пойма и фрагмент первой надпойменной террасы
- 74 Местонахождение рисунчатых кремней. Вскрыто при строительстве метро на станции «Университет». В отвалах шахт кремни красивой розово-сиреневой окраски
- 75 Месторождения глин на Воробьевых горах. Снабжало сырьем небольшие частные заводы, действовавшие до начала XX в.
- 76 Место напорных кирпичных резервуаров большого размера на Воробьевых горах. Действовали в начале XX в. Обеспечивали напор воды при создании Московского водопровода. Позднее были разрушены
- 77 Местонахождение костей мамонта около Калужской заставы. Открыто в конце прошлого века. Изучалось известным геологом А. П. Павловым
- 78 Дворцовое месторождение кирпичных глин. Находится около Калужской заставы. Действовало в XVI – середине XVII в.
- 79 Кожевническое месторождение кирпичных глин. Существовало до середины XVII в.
- 80 Родник близ Загородного шоссе в пруда Бекет. Отнесен к памятнику природы (1987 г). Площадь участка – 25 кв м
- 81 Даниловское месторождение кирпичных глин. Действовало до середины XVII в.
- 82 Сукино болото. Между Волгоградским проспектом и р Москвой. Обширная в прошлом заболоченная котловина
- 83 Долина левого притока р Очаковки, берущего начало из озера, расположенного вблизи МКАД. Пойма узкая, выделяется небольшая надпойменная терраса. Склоны долины относительно крутые
- 84 Родник и долина вытекающего из него ручья в районе Тропарево. Отнесен к памятнику природы (1987 г). Площадь – 5,2 га. Имеет рекреационное значение
- 85 Местонахождение рисунчатых кремней. Вскрыто при строительстве метро на станции «Проспект Вернадского». В отвалах шахт находили кремни с характерной розово-сиреневой окраской
- 86 Долина р Самородинки ниже пересечения с Ленинским проспектом. Частично сохранилась пойма с островками в русле. Имеются небольшие родники
- 87 Разрез погребенных почв в районе Нижних Котлов. Относится к троцкому межледниковью. Выявлен Б. М. Даньшиным в 1932 г.
- 88 Интересные геологические объекты на территории музея-заповедника Коломенское. Родник Кадочка и валуны Девичий камень и Камень-Гусь в Голосовом овраге, родник в долине р Москвы ниже храма Вознесения, оползневые ступени под храмом Иоанна Предтечи. Отнесены к памятникам природы (1987 г). По преданиям, скопления валунов поклонялись еще в языческие времена. Сейчас им также приписывают целебные свойства

89. Интересные геологические объекты в районе Дьяковского, вблизи музея-заповедника Коломенское. Отнесены к памятникам природы (1987 г.). Валуны и обнажения аптских песков и песчаников на склоне холма с Дьяковским городищем. Площадь участка – 25 кв.м. Обнажение чёрных юрских глин в так называемом Чёртовом городище. Площадь 0,2 га. Участок р.Москвы со старицей. Площадь 1 га.

90. Верховья р.Очаковки вблизи ул. Тёплый Стан. Хорошо выражена пойма. Долина имеет живописный ландшафт.

91. Родник в Конькове около улицы Островитянова. Отнесён к памятнику природы (1987 г.). Площадь участка – 6,1 га.

92. Истоки р.Чертановки вблизи санатория Узкое. Неширокая долина с крутыми склонами и примыкающими частично заболоченными оврагами.

93. Высшая точка Теплостанской возвышенности и территории города в целом. На пересечении Профсоюзной улицы с Новоясеневским проспектом. Абсолютная отметка 253 м. Участок отнесён к памятнику природы (1987 г.).

94. Долина р.Городни. Обширный участок поймы, частично заболочен.

95. Старинные разработки фосфоритов. Правый берег р.Москвы ниже Дьякова. Здесь в 1922–1924 гг. были заложены пробные штольни, названные Царицынским рудником. Добыча была остановлена из-за сильных притоков воды в выработки.

96. Рисунчатые кремни. Находки в отвалах шахт метро у станции «Каширская».

97. Местонахождение раковин аммонитов, замещённых марказитом, обломков беленитов и раковин двустворчатых моллюсков. Берег р.Москвы около Коломенского.

98. Участок Люблинской поймы, примыкающий к р.Москве. Сохранились реликты пойменного ландшафта, нарушенного на остальной части полями фильтрации.

99. Верховья р.Городни. Сохранилась узкая пойма с характерным рельефом. Имеются небольшие пруд и болото.

100. Родник в Битцевском лесопарке, квартал 20. Отнесен к памятнику природы (1987 г.). Площадь участка – 75 кв.м.

101. Родник в Ясеневе, в начале улицы Айвазовского. Отнесён к памятнику природы (1987 г.). Площадь участка 25 кв.м. Благоустроен и хорошо оформлен.

102. Рисунчатые кремни, которые находили в отвалах шахт метро у станции «Южная».

103. Родник на склоне р.Городня, вблизи Задонского проезда. Отнесён к памятнику природы (1987 г.). Площадь участка – 1 га.

104. Братеевская пойма. Вблизи устья р.Городни. Участок с частично сохранившимся природным ландшафтом.

105. Долина р.Чертановки в среднем течении, в пределах Битцевского лесопарка. Хорошо выражены пойма и склоны долины.

106. Рисунчатые кремни. Обнаружены при проходке шахт метро у станции «Пражская».

107. Низовья Царицынского ручья, примыкающие к Царицынским прудам. Обширные участки частично заболоченной поймы.

108. Царицынский ручей в среднем течении. Сохранилась пойма и пологие склоны долины.

109. Косинские озёра – Белое, Чёрное и Святое. Имеют, по мнению ряда исследователей, карстовое происхождение. Размеры наиболее крупного Белого озера – 685×585 м при глубине 14 м. На дне залежи сапропеля.

Глава 3.

Подземные воды

3.1. Основные водоносные горизонты

Распространенный в пределах г.Москвы и Московской области комплекс горных пород различного возраста обводнен с глубин от 0 до 30 м в зависимости от положения той или иной части территории в рельефе и по отношению к водотокам, водоемам и болотам. Вблизи них глубины залегания поверхности подземных вод, как правило, наименьшие, а на водоразделах — наибольшие. В обводненной толще пород по гидрогеохимическим и гидрогеодинамическим признакам выделяют две зоны: активного и затрудненного водообмена, общая мощность которых составляет около 1500 м (рис.3.1).

В зоне активного водообмена выделяются две толщи обводненных пород. Верхняя из них сложена рыхлыми и связными породами четвертичного и мезозойского возраста. Разрез этой толщи наиболее полно представлен на юге территории города, в пределах Теплостанской возвышенности (рис.3.2). Он включает до пяти, иногда — шести, водоносных горизонтов, приуроченных к аллювиальным, флювиогляциальным и озерно-ледниковым песчаным слоям в четвертичных отложениях, а также к морским пескам мелового и юрского возраста. Водоносные горизонты разделяются слабопроницаемыми (водоупорными) слоями. Три из них представлены горизонтами московской, перекшинской и сетуньской морен, а два — меловыми (верхнеальбскими) глинами и глинами юрского возраста. Водоносные горизонты, залегающие первыми от поверхности обычно именуется в г.Москве «надморенными» или горизонтами грунтовых вод, а вся обводненная толща рыхлых и связных пород, лежащих над глинами юрского возраста — *нальюрским водоносным комплексом*. Юрский водоупор распространен на большой территории города, исключая долину р.Москвы, в центральной части города, и долину р.Яузы, в месте ее сочленения с долиной р.Москвы, а также в месте слияния долин рр.Яузы и Чермянки. Мощность верхней толщи обводненных пород изменяется от 15 до первых десятков метров. Для территории города характерно также развитие верховодки в покровных и техногенных отложениях.

Верхняя толща зоны активного водообмена питает малые реки и ручьи, протекающие на территории города (Ходынку, Яузу, Серебрянку, Пономарку, Городню и др.), и в существенной мере обеспечивает их сток в летнюю и в зимнюю межень. Она также является источником питания более глубоких горизонтов, практически определяя естественные и эксплуатационные ресурсы содержащихся в них подземных вод.

Нижняя толща обводненных пород зоны активного водообмена представлена, также как и верхняя, рядом водоносных горизонтов и перемежающихся с ними водоупорных слоев. Отличие состоит в том, что водовмещающими являются не пески с

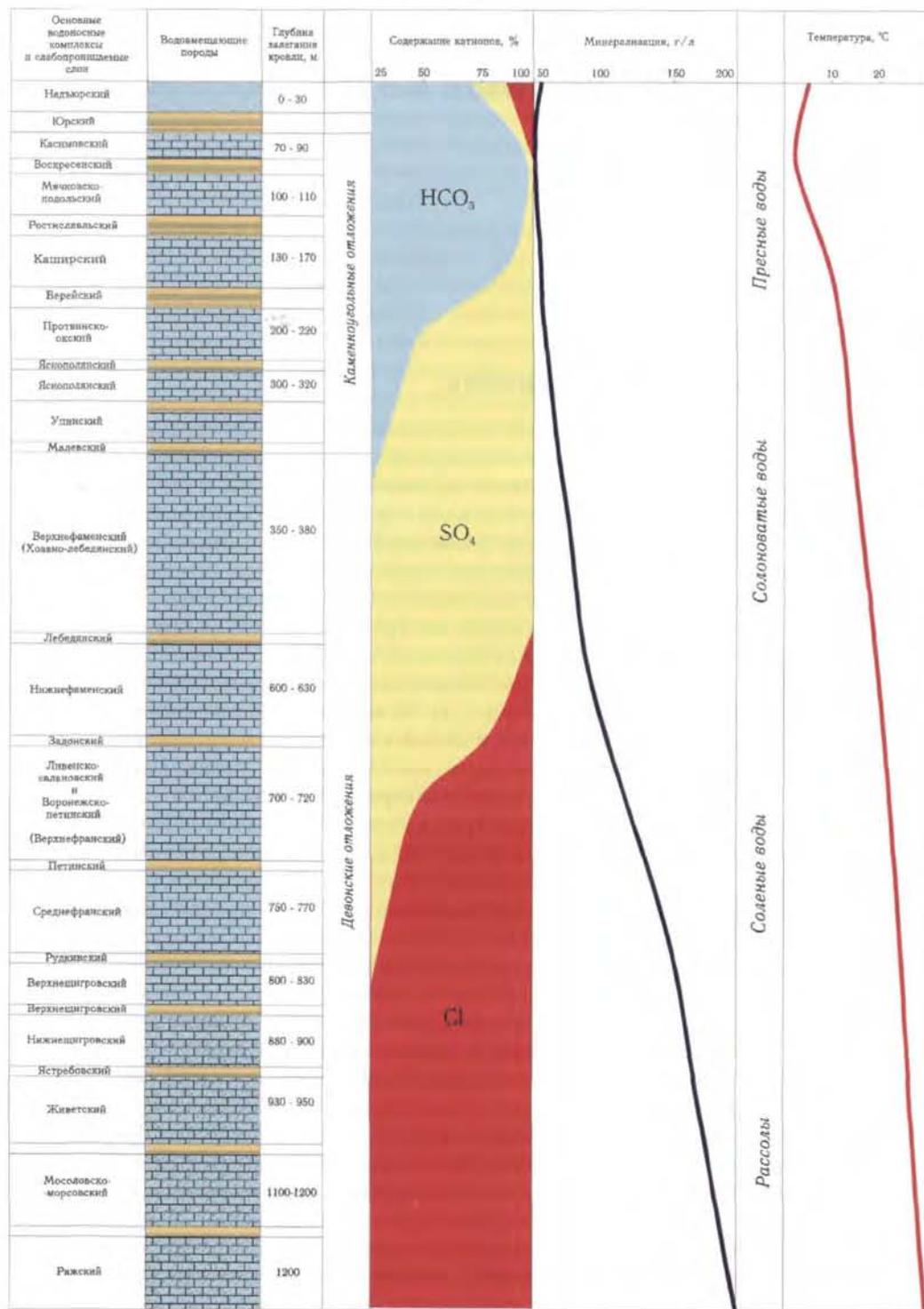


Рис 3.1 Основные водоносные горизонты и комплексы

глинами а известняки с доломитами (водоносные комплексы) а водопорами – мергелистые глины. В пределах Москвы распространены несколько карбонатных водоносных горизонтов и комплексов приуроченных к породам каменноугольного возраста. Все комплексы содержат пресные подземные воды лишь в том случае если находятся выше нижней границы активного водообмена которая одновременно является и нижней границей распространения подземных вод с минерализацией менее 1 г/л. Положение этой границы в толще каменноугольных отложений контролируется абсолютными отметками поверхности земли а также глубиной вреза долин наиболее крупных рек. В г Москве эта граница опускается до 200 м и располагается несколько выше стешевского водопора.

В зоне затрудненного водообмена с атмосферой и речной сетью тем ниже границы распространения пресных подземных вод залегает мощная толща (до 600-700 м) нижнекаменноугольных и девонских терригенно-карбонатных отложений подстилаемая архейско-протерозойскими кристаллическими породами. Верхние слои этой толщи содержат соленоватые и слабосоленые воды сульфатно-гидрокарбонатного состава с минерализацией от 1,5 до 4 г/л (рис 3.1).

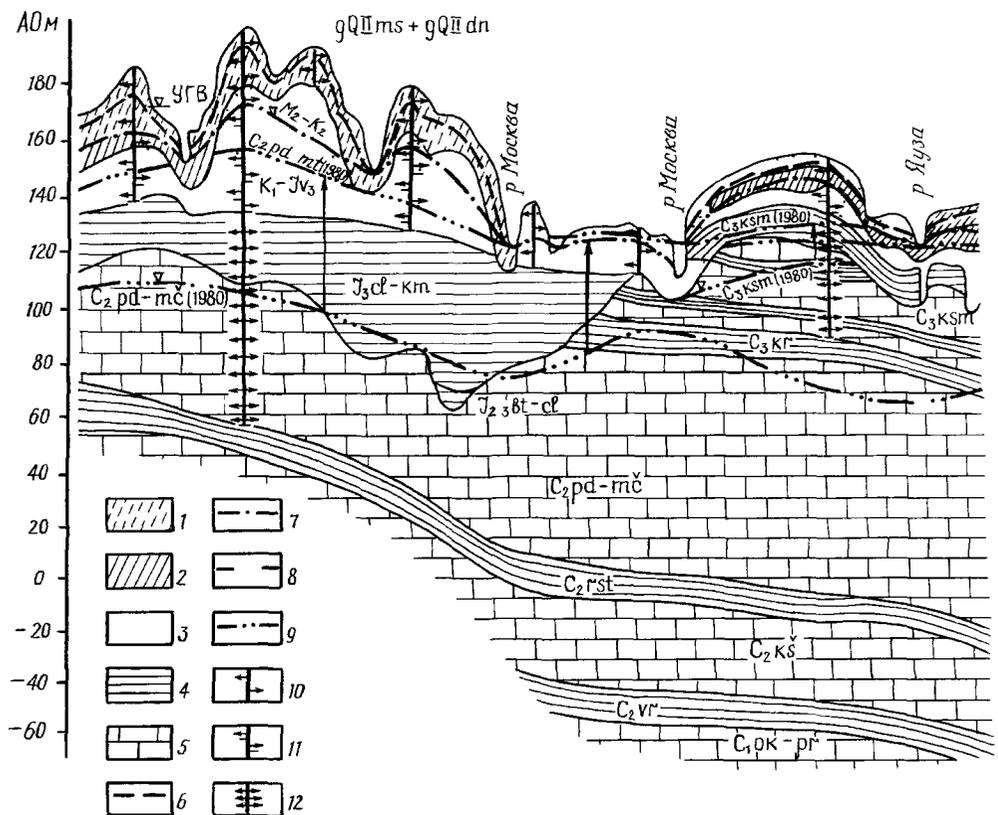


Рис 3.2. Схема водообменных литосистем Московской агломерации

Породы 1 – покровные суглинки и супеси 2 – моренные глины 3 – пески 4 – глины 5 – доломиты и известняки. Уровневая поверхность водоносных горизонтов 6 – грунтовых вод 7 – в четвертичных и мезозойских песках 8 – касимовского 9 – мячковско-подольского. Вертикальные границы водообменных систем опирающиеся на 10 – первый от поверхности слабопроницаемые слои 11 – юрский водопор 12 – слабопроницаемые слои каменноугольных отложений

На глубинах 1300 м и более вода содержит в растворенном состоянии уже до 260 г/л солей и меняет свой тип на хлоридный.

Приведем подробную характеристику водоносных горизонтов, распространенных в пределах г.Москвы .

3.1.1. Водоносные горизонты четвертичных и мезозойских отложений

На основе обобщения имеющихся гидрогеологических материалов в пределах территории г.Москвы оказалось возможным выделить девять водоносных горизонтов, приуроченных к четвертичным и мезозойским отложениям и установить границы их распространения.

В четвертичных отложениях выделяют:

- современный аллювиальный водоносный горизонт,
- водоносный горизонт первой, второй и третьей надпойменных террас рр.Москвы и Яузы,
- московский аллювиально-флювиогляциальный водоносный горизонт,
- *московско-днепровский (московско-донской) флювиогляциальный* и озерно-ледниковый водоносный горизонт,
- *днепровско-окский (донско-сетуньский) аллювиально-флювиогляциальный* водоносный горизонт.

Мезозойские отложения, в свою очередь, включают:

- сеноман-альбский водоносный горизонт,
- апт-неокомский водоносный горизонт,
- волжский водоносный горизонт,
- келловей-батский водоносный горизонт.

Современный аллювиальный водоносный горизонт распространен в пойменных отложениях рр.Москвы, Яузы, а также в пойменных отложениях более мелких рек (рис.3.3). Водовмещающие отложения представлены аллювиальными песками разной зернистости с гравием и галькой, местами супесями и суглинками. Водоносный горизонт повсеместно является безнапорным.

В поймах рр.Москвы и Яузы водоносный горизонт имеет наибольшую мощность 8–10 м; в поймах рр.Сетуни, Лихоборки и др., мощность как правило, не превышает 5 м. Глубина залегания уровня вод в области распространения водоносного горизонта в подавляющем большинстве случаев не превышает 3 м и лишь на отдельных участках глубина залегания горизонта увеличивается до 5 м (рис.3.1). В долинах рр.Москвы и Яузы нижним его водоупором служат юрские глины, а там где они размыты, в подошве водоносного горизонта залегают карбонатные и глинисто-мергельные отложения каменноугольного возраста.

В долинах, главным образом, мелких рек нижним водоупором служат глинистые отложения днепровской (донской) морены. Абсолютные отметки свободной поверхности водоносного горизонта в пределах долины р.Москвы изменяются с северо-запада на юго-восток от 130 до 110 м, а вдоль долин Яузы и Сетуни (по течению) от 140–160 до 120 м (рис.3.4).

Водоносный горизонт первой, второй и третьей подпойменных террас распространен в пределах надпойменных террас рр.Москвы, Яузы (рис.3.3). Водовмещающими породами являются пески разной зернистости с прослоями супесей и суглинков, главным образом, в верхней части водоносного горизонта. Горизонт является повсемест-

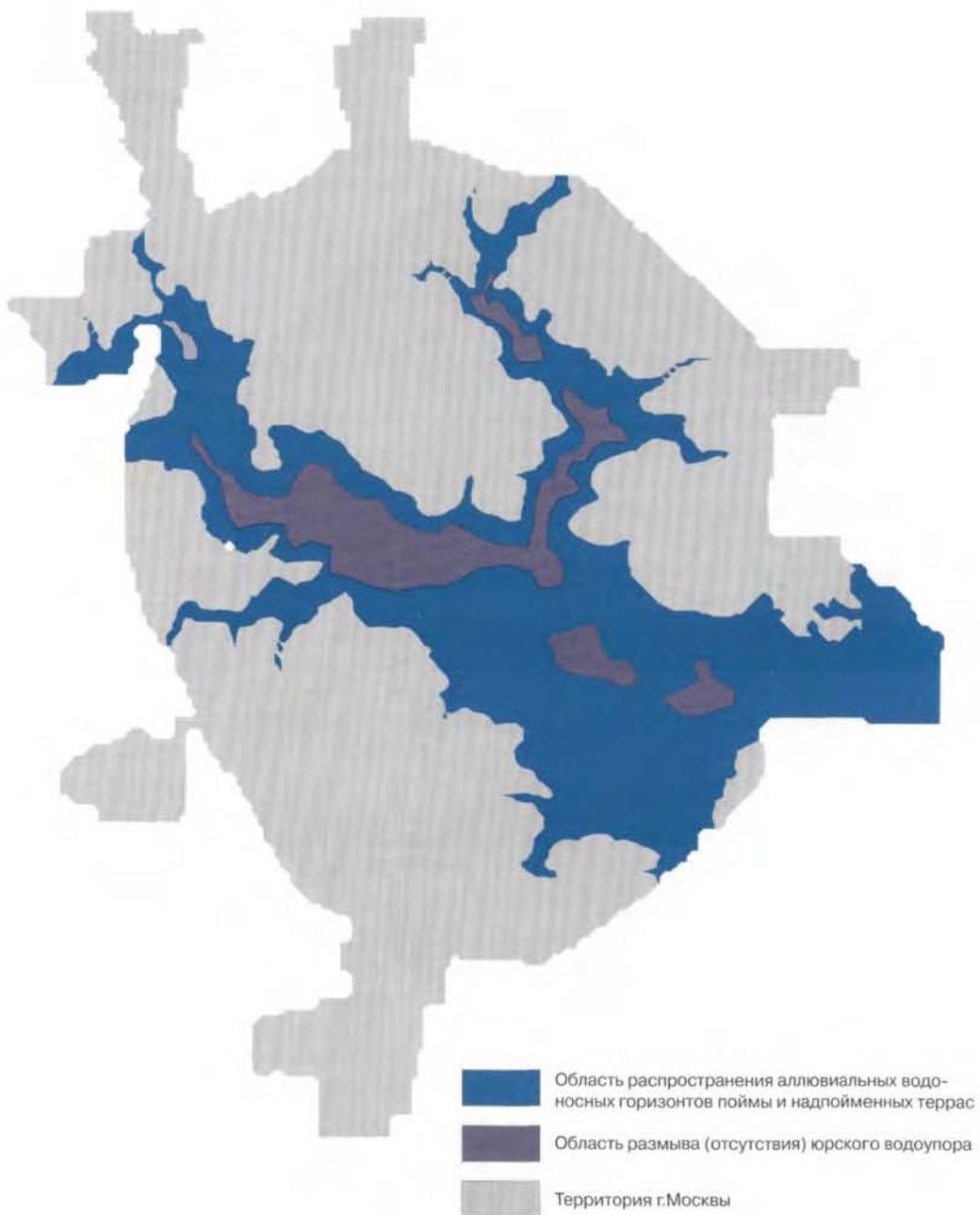


Рис 3.3 Карта распространения аллювиального водоносного горизонта и водоносных горизонтов надпойменных террас

Масштаб 1:250000

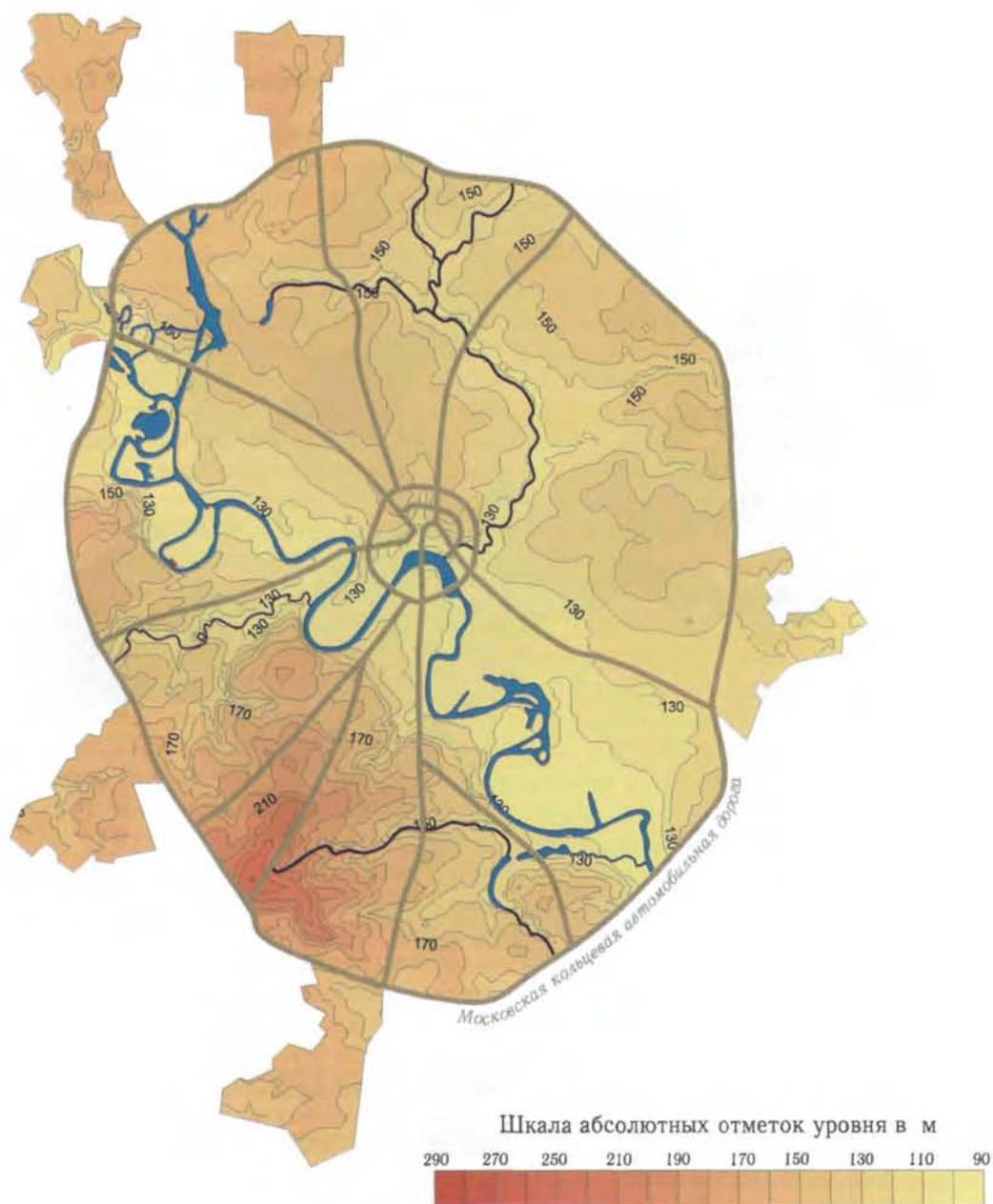


Рис 3 4 Карта гидроизогипс грунтовых вод

но безнапорным. Глубина залегания свободной поверхности в пределах надпойменных террас р. Москвы в подавляющем большинстве случаев составляет от 3 до 5 м (рис. 3.1), увеличиваясь от рек к водоразделам. Мощность водоносного горизонта в пределах I и II надпойменных террас составляет 5–10 м и достигает 15 м в пределах III надпойменной террасы. Нижним водоупором являются глинистые отложения днепровской (донской) морены, а там где они отсутствуют, например, в долине р. Москвы, горизонт не имеет водоупорного основания и залегает на днепровско-окских песках. Морфология свободной поверхности водоносного горизонта в целом соответствует закономерностям изменения рельефа (рис. 3.4). Абсолютные отметки грунтовых вод понижаются в сторону р. Москвы от 140 до 120 м.

Московский аллювиально-флювиогляциальный водоносный горизонт распространен в пределах флювиогляциальных равнин в северной, восточной и юго-западной части территории. Зоны его распространения обуславливаются положением внешней границы III надпойменной террасы и границами моренных плато. Водовмещающими породами на севере территории и ее юго-западе преимущественно являются глинистые пески и супеси мощностью 1–2 м, местами до 4 м. На востоке территории водовмещающие отложения в большей степени опесчанены и мощность их увеличивается от границ моренных останцов в направлении долин рр. Яузы и Москвы до 7 м. Повсеместно водоносный горизонт является безнапорным. Глубины залегания свободной поверхности водоносного горизонта на большей площади его распространения составляют менее 3 м и лишь на отдельных участках увеличиваются до 5 м (рис. 3.1). Водоупорным основанием водоносного горизонта, как правило, являются глинистые отложения днепровской, реже московской морены.

Московско-днепровский (московско-донской) аллювиально-флювиогляциальный и озерно-ледниковый водоносный горизонт в пределах территории г. Москвы распространен ограниченно, на крайнем севере и юго-западе, и залегает между днепровской (донской) и московской моренами. Водовмещающие отложения представлены песками разной крупности с гравием, галькой и валунами, а также супесями и суглинками. Свободная поверхность водоносного горизонта, как правило, приурочена к отложениям московской морены и залегает на глубинах от 5 до 10 м. Мощность водоносного горизонта составляет от 2 до 5 м. Абсолютные отметки свободной поверхности горизонта изменяются от 150 до 230 м.

Днепровско-окский (донско-сетуньский) водоносный горизонт распространен практически повсеместно на территории города, отсутствуя лишь на ее юге, в районе между Теплым станом и Борисовскими прудами. Водовмещающими породами являются пески с включениями гальки и гравия. На юге, севере и востоке территории горизонт залегает под днепровской мореной.

В пределах северного моренного плато и зандровой равнины, а также на востоке города горизонт местами является безнапорным.

Ближе к рекам Москве и Яузе в области распространения московского флювиогляциального горизонта днепровско-окский водоносный горизонт приобретает напорный характер и вскрывается на глубинах более 10–15 м. В пределах долинного комплекса р. Москвы и частично р. Яузы в областях размыва днепровской морены, он образует единую обводненную толщу с водоносными горизонтами поймы и надпойменных террас. Мощность обводненной толщи четвертичных отложений здесь увеличивается до 20 м.

Сеноман-альбский водоносный горизонт распространен на крайнем юге территории в районе Теплого стана и с Узкое и приурочен к сеноман-альбским отложениям.

представленным кварцевыми фосфоритонесущими песками мощностью от 5 до 15 м. Горизонт вскрывается на глубинах от 10 до 15 м и залегает под моренными и флювиогляциальными отложениями. Уровневая поверхность горизонта находится, как правило, в моренных отложениях. Водоупорным ложем горизонту служат черные альбские глины (т.н. парамоновские), не выдержанные в плане. Абсолютные отметки уровней горизонта составляют 190–200 м

Апт-неокомский водоносный горизонт распространен почти повсеместно на правобережье р. Москвы в области моренных плато и участков флювиогляциальных равнин, залегая непосредственно под днепровско-окским водоносным горизонтом. Водовмещающими отложениями являются мелкозернистые нередко глинистые пески, а местами песчаники. Мощность горизонта может достигать 20–25 м. Подстилается он обычно глинистыми юрскими песками, а местами келловей-оксфордскими глинами.

На левобережье р. Москвы апт-неокомский водоносный горизонт залегает отдельными довольно обширными участками. В районе низовьев Химкинского водохранилища, северного моренного плато южнее долины р. Лихоборки, на северо-востоке в междуречье рр. Чермянки и Яузы, в верховьях рр. Ички и Лось и на крайнем востоке территории вдоль МКАД. Практически повсеместно водоносные нижнемеловые пески подстилаются отложениями волжского водоносного горизонта.

Волжский водоносный горизонт широко распространен на территории города, обрамляя границы долинного комплекса рр. Москвы и Яузы. Водовмещающими породами служат тонко-зернистые, глинистые глауконитовые пески. Горизонт залегает под нижнемеловыми и четвертичными песками. Нижним его водоупором являются келловей-оксфордские глины. Мощность обводненных волжских отложений 10–15 м.

Из приведенного выше следует, что гидродинамически водоносные горизонты, заключенные в волжских, меловых и днепровско-окских отложениях, а также горизонты, приуроченные к террасам рр. Москвы и Яузы в области размыва днепровской морены, могут быть объединены в единый водоносный горизонт. Последнее было весьма убедительно показано еще в 20-х годах Б.М. Даньшиным и В.Г. Хименковым, присвоившим объединенному водоносному горизонту название Главного или надъюрского горизонта грунтовых вод (рис. 3.5)¹.

Келловей-батский водоносный горизонт является, пожалуй, самым своеобразным водоносным горизонтом, принадлежащим по времени накопления водовмещающих пород к мезозойским, он практически отделен от вышележащих водоносных горизонтов келловей-оксфордскими глинами и залегает непосредственно на известняках верхнего и среднего карбона. Лишь на небольшом локальном участке в районе Марьино (И.А. Кравцова, В.М. Гетманский и др., 1979 г.) перекрывающие его глины отсутствуют, и он имеет непосредственный контакт с современным аллювиальным водоносным горизонтом. По имеющимся данным келловей-батский водоносный горизонт распространен, главным образом, в пределах доюрских долин. Водовмещающие отложения келловей-батского водоносного горизонта довольно своеобразны и представлены песчано-глинистой породой, состоящей из мелких линз песков, супесей, суглинков и глин (И.А. Кравцова, В.М. Гетманский и др., 1979 г.). Мощность келловей-батского горизонта составляет 5–25 м. Нижним его водоупором местами являются одновозрастные глины, на большей же части территории распространения он залегает

¹ Даньшин Б.М., Коровин С.Л., Хещров И.Р., Хименков В.Г. Артезианские воды г. Москвы: снабжение населения и промышленных предприятий. М.: Изд-во МКХ, 1928. 112 с.

Масштаб 1:250000

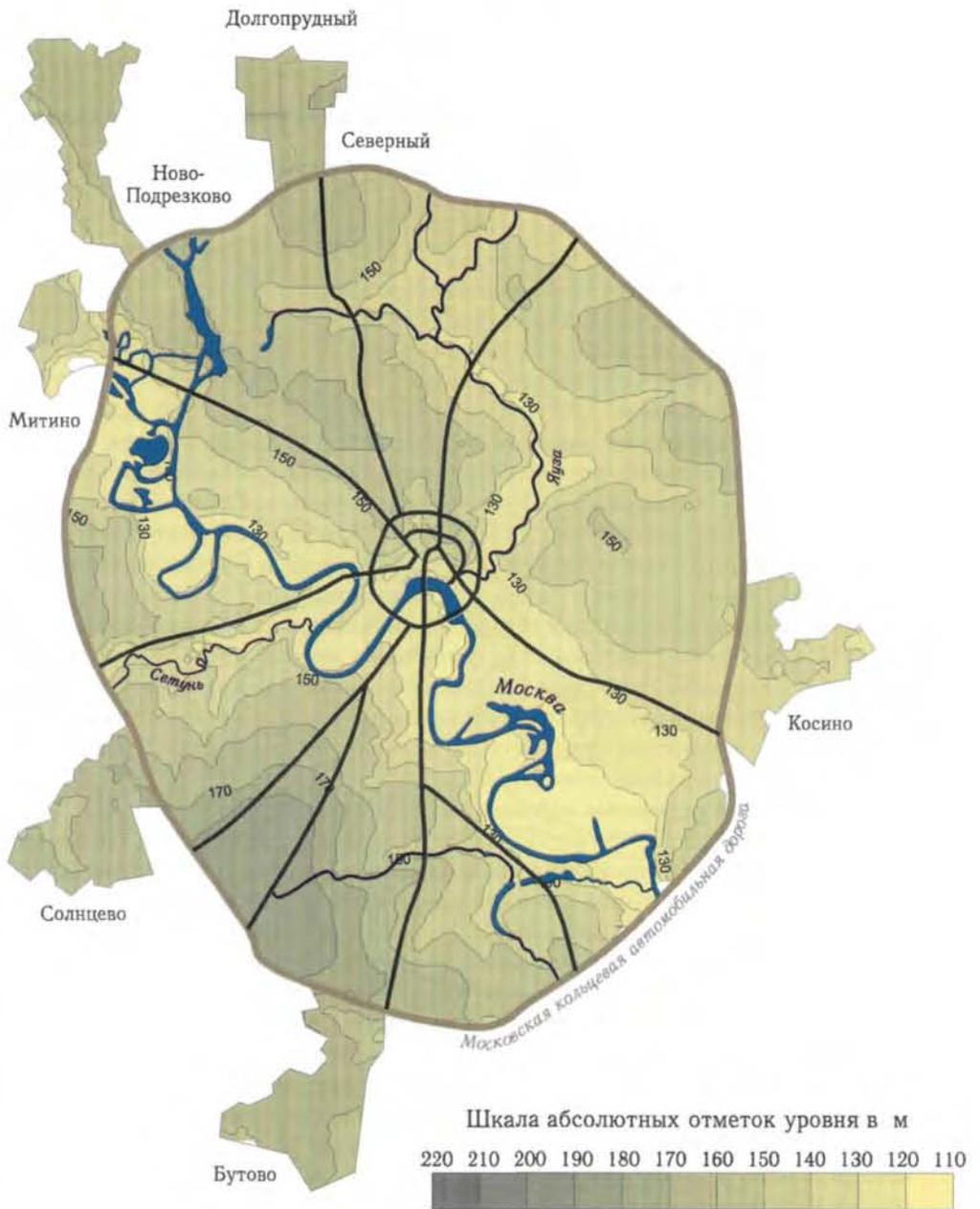


Рис 3 5 Карта гидроизогипс надюрского водоносного горизонта

на известняках ратмировской толщи верхнего карбона (на востоке), а также на мячковско-подольских известняках (на юге). Уровни водоносного горизонта на юго-востоке города устанавливаются на отметках больших, чем абсолютные отметки мячковско-подольского водоносного горизонта, но на меньших по сравнению с поверхностью грунтовых вод.

3.1.2. Водоносные горизонты и комплексы каменноугольных отложений

В каменноугольных отложениях на территории г.Москвы выделяются следующие водоносные горизонты и комплексы:

- гжельский водоносный горизонт,
- касимовский водоносный горизонт,
- мячковско-подольский водоносный горизонт,
- каширский водоносный горизонт,
- протвинско-окский водоносный комплекс,
- яснополянский водоносный горизонт,
- упинский горизонт.

Гжельский водоносный горизонт распространен в северной части территории г.Москвы. Горизонт представлен карбонатными породами русавкинской толщи, мощность которой не превышает 5 м. Нижним водоупором являются глинисто-мергелистые породы трошковской толщи мощностью 3–5 м. Верхним водоупором являются юрские глины. Отсутствие водоупорной кровли отмечается лишь на локальном участке в районе слияния рр.Яузы и Лихоборки. Абсолютные отметки кровли горизонта на северо-западе территории города (в районе Химкинского водохранилища) составляют 125–130 м, к востоку наблюдается погружение кровли до абсолютных отметок 100–105 м (Лианозово, Бибирево, Ростокино, верховье р.Ички). Уровни водоносного горизонта устанавливаются на отметках больших, чем абсолютные отметки уровней касимовского водоносного горизонта, но меньших по сравнению с уровнями мезокайнозойских водоносных горизонтов

Касимовский водоносный горизонт распространен в северной половине территории г.Москвы (рис.3.6). Горизонт включает от одного до трех пластов, приуроченных к измайловской, перхуровской и ратмировской толщам. Водоносные пласты разделены глинисто-мергелистыми слоями неверовской и мешеринской толщ. Водовмещающими породами являются известняки, доломиты и доломитизированные мергели. Мощность касимовского водоносного горизонта определяется количеством пластов, его слагающих, и изменяется от 3–6 м (однопластовая система) до 35–40 м (трехпластовая система). Водоупорной кровлеи касимовского водоносного горизонта являются юрские глины, а на севере, на участках распространения гжельского водоносного горизонта, глины и мергели трошковской толщи верхнего карбона. Отсутствие водоупорной кровли отмечается лишь в долинах доледникового размыва, где на отдельных участках касимовский водоносный горизонт образует с водоносными горизонтами четвертичных отложений единую водоносную толщу. Абсолютные отметки кровли меняются от 90 м на северо-востоке до 130 м на юго-западе

Водоносный пласт, приуроченный к измайловской толще, залегает в верхней части касимовского водоносного горизонта и распространен на значительных площадях в северной половине территории г.Москвы. Мощность пласта составляет 5–6 м. Пласт залегает на глинисто-мергелистых породах мешеринской толщи. Верхним водоупором

Масштаб 1:250000

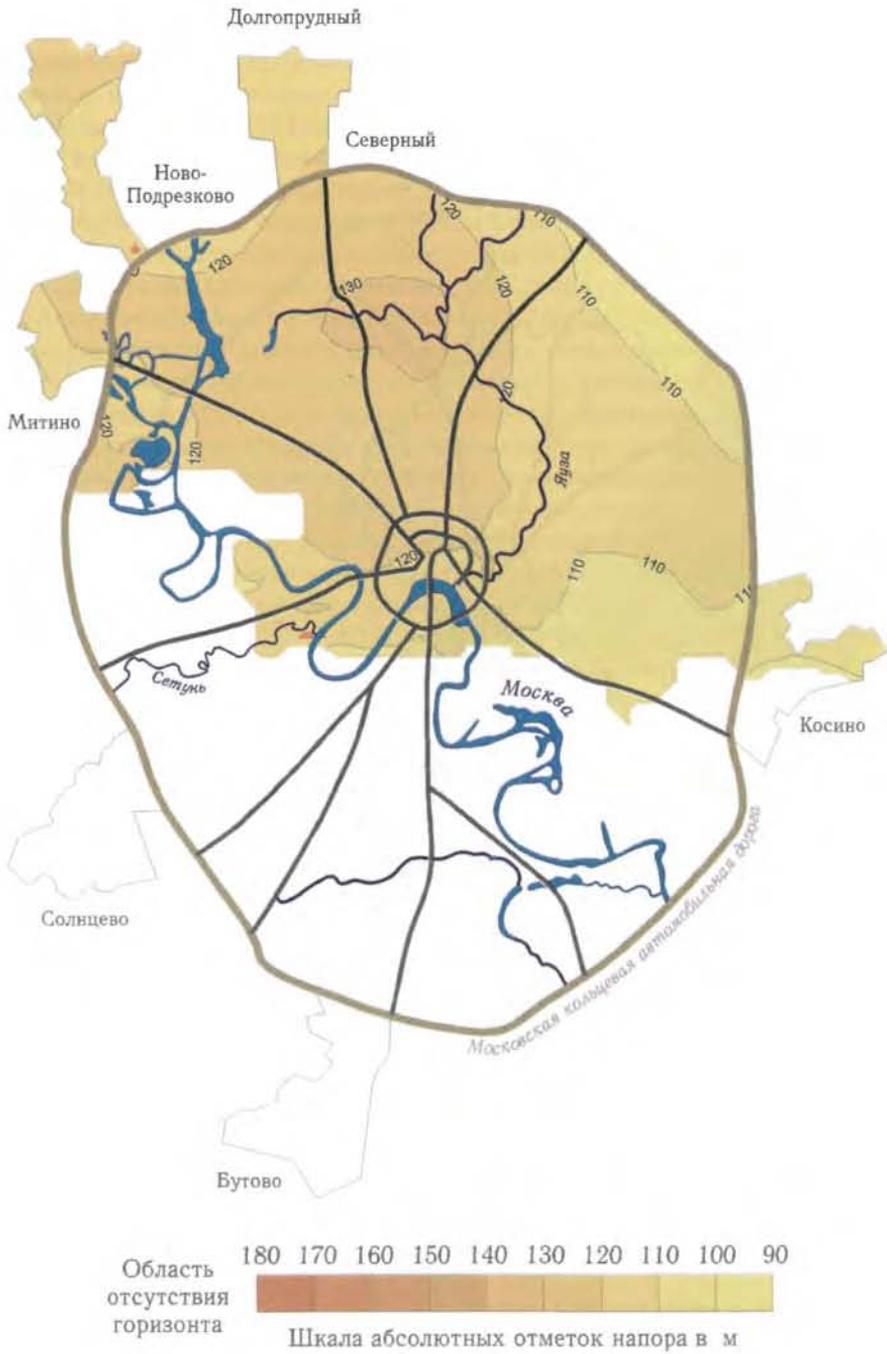


Рис 3.6 Карта гидроизогиг касимовского водоносного горизонта

Масштаб 1:250000

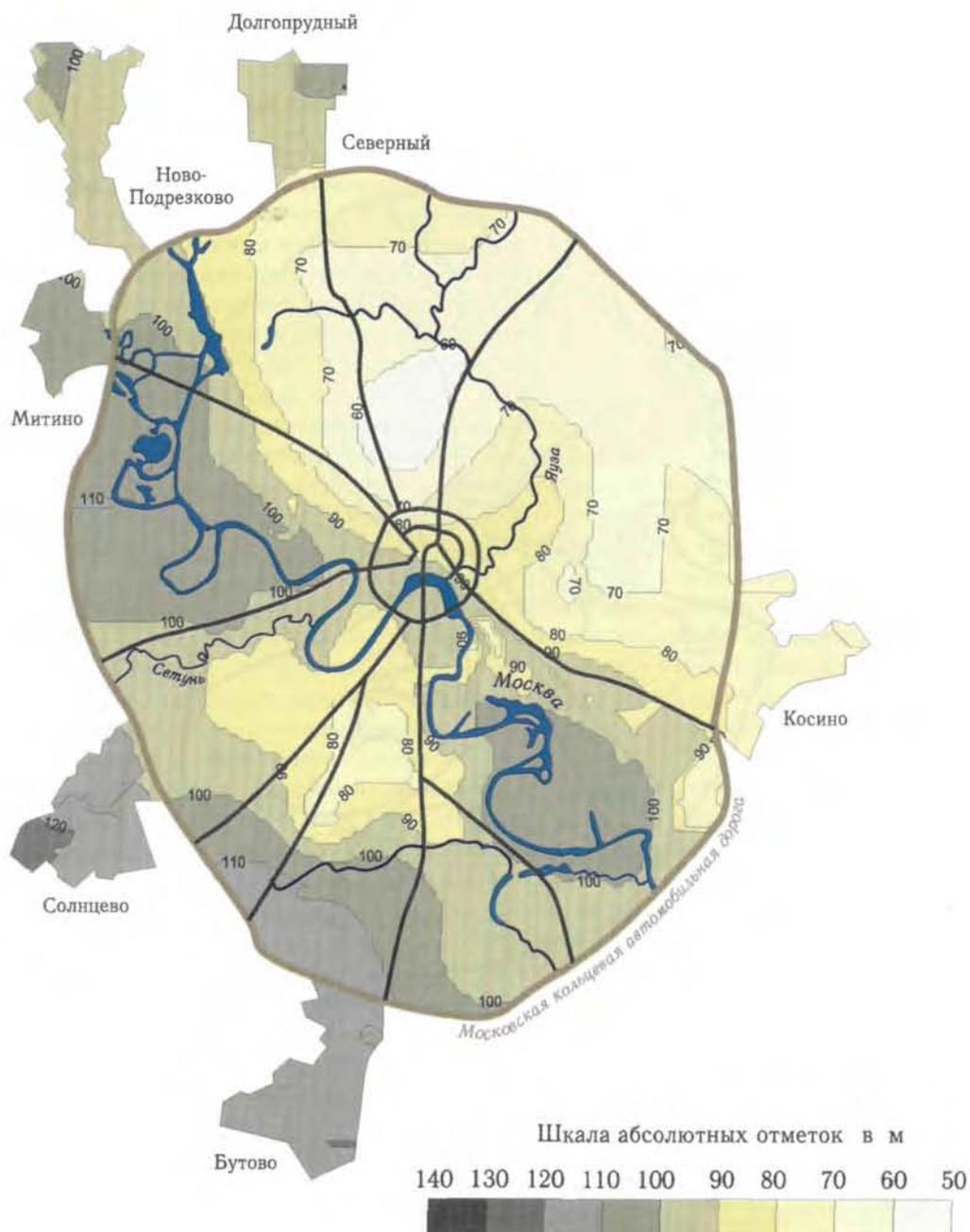


Рис 3 7 Карта гидроизоэпез мячковско подольского водоносного горизонта

являются глинистые юрские отложения. На севере территории г. Москвы на участках распространения гжелского водоносного горизонта водоупорной кровлеи пласта служат глины и мергели трошковской толщи. Отсутствие водоупорной кровли отмечается лишь в долине доледникового размыва на участке впадения р. Лихоборки в р. Язу. Абсолютные отметки кровли пласта изменяются в пределах от 105 до 130 м. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности пласта составляют 125–135 м (рис. 3.6).

Водоносный пласт, приуроченный к перхуровской толще, распространен почти повсеместно в северной половине территории. Мощность горизонта составляет 5–7 м. Пласт залегает на глинисто-мергелистых породах неверовской толщи, мощность которой 4–8 м. На большей части территории в кровле пласта залегают мешеринские глинисто-мергелистые породы мощностью 7–10 м. В районах, где пласт перхуровской толщи залегает с поверхности верхнекаменноугольных отложений, кровлеи его становятся юрские глины, за исключением доюрских долин, в пределах которых он контактирует с кетловей-батским водоносным горизонтом. Максимальные абсолютные отметки кровли меняются от 90 м до 120 м и более. Пласт является повсеместно напорным. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности уменьшаются в северо-восточном направлении от 125 до 120 м на севере и востоке территории.

Водоносный пласт, приуроченный к ратмировской толще, распространен повсеместно в северной половине территории г. Москвы. В основании пласта залегает глинисто-мергелистая воскресенская толща. На большей части территории в кровле пласта залегают глины и мергели неверовской толщи. В долине доледникового размыва, где в кровле пласта залегают обводненные четвертичные и меловые отложения, он обрывает с ними единый водоносный горизонт. Абсолютные отметки кровли пласта составляют величину порядка 100 м. Абсолютные отметки урвненной поверхности уменьшаются в северо-восточном направлении. В региональном плане происходит увеличение напора над кровлеи пласта к северо-востоку от 5–10 м до 25–30 м.

Мячковско-подольский водоносный горизонт в пределах г. Москвы имеет повсеместное распространение (рис. 3.7). Водовмещающими породами являются органогенные известняки с подчиненными прослоями глин, мергелей и доломитов. В южной половине территории г. Москвы в его кровле залегают оксфорд-кетловейские, а в северной части воскресенские глины. В пределах доюрской долины на участке от р. Капотни до района верхнего течения р. Сетунь у МКАД в кровле мячковско-подольского водоносного горизонта залегают бат-кетловейские отложения. Абсолютные отметки кровли мячковско-подольского водоносного горизонта в районе распространения верхнекаменноугольных отложений уменьшаются в северо-восточном направлении от 110 м до 70 м. Нижний водоупор мячковско-подольского водоносного горизонта представлен рогиставьскими глинами и мергелями.

Урвненная поверхность мячковско-подольского водоносного горизонта в значительной степени нарушена откачкой воды для целей технического водоснабжения, а также под влиянием откачек Метростроя (рис. 3.7). На территории города выделяются две крупные области понижения урвненной поверхности: на севере, северо-востоке и на юге. Между двумя крупными областями понижения располагается область с более высоким положением урвненной поверхности, протягивающаяся примерно по долине р. Москвы (рис. 3.8).

Каширский водоносный горизонт на территории г. Москвы имеет повсеместное распространение. Водовмещающими породами являются известняки и доломиты. Мощность горизонта на севере территории города составляет 30–32 м, увеличиваясь к

Масштаб 1:250000

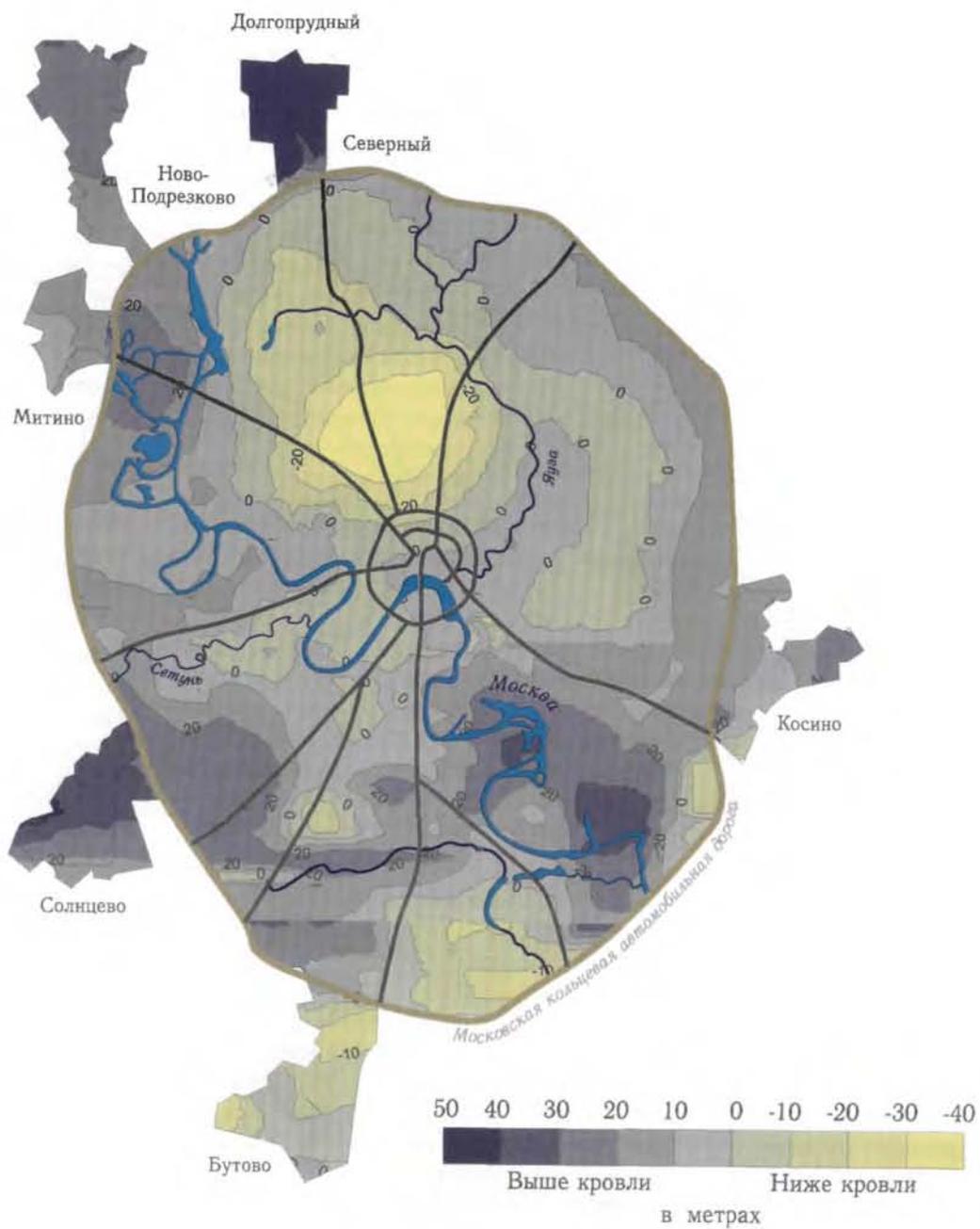


Рис 3 8 Карта положения уровня мячковско-подольского водоносного горизонта относительно его кровли

югу до 37 м. В кровле каширского водоносного горизонта залегают ростиславльские глины и мергели, которые изолируют его от мячковско-подольского водоносного горизонта, а в подошве – верейские глины, которые изолируют его от протвинско-окского водоносного комплекса. По отдельным данным опробования в районах Тушино, Кузьминки, Орехово-Борисово, Теплый Стан, Бабушкино уровни каширского водоносного горизонта устанавливаются ниже уровней мячковско-подольского горизонта на величину порядка 10–15 м.

Протвинско-окский водоносный комплекс в пределах территории г.Москвы распространен повсеместно (рис.3.9). Он включает в себя два водоносных горизонта (протвинский и серпуховско-окский), связанных на участках отсутствия стешевских глин. Водовмещающими породами являются известняки и доломиты с прослоями глин протвинской, серпуховской и окской серии нижнего карбона. Мощность протвинско-окского водоносного комплекса составляет 90–95 м. Водоупорным ложем служат глины яснополянского надгоризонта мощностью 30–50 м, а кровлей верейские глины. Абсолютные отметки кровли порядка -10 ± 0 м отмечают в районе Теплового Стана, Чертаново, -30 – -20 м в центральной части города и $0-45$ м на его северо-востоке. Водоносный комплекс на всей территории г.Москвы напорный. Характер пьезометрической поверхности определяется интенсивным водоотбором для целей технического водоснабжения (рис 3.9) Так в районах Павелецкого вокзала, Русаковской набережной уровни устанавливаются на отметках менее 25 м. Наивысшее положение пьезометрической поверхности протвинско-окского водоносного комплекса отмечают на участках, сравнительно удаленных от крупных водозаборов (рис.3.9)

Яснополянский водоносный горизонт развит на территории г.Москвы повсеместно. Водовмещающими породами являются пески, песчаники и угли. Средняя мощность яснополянского водоносного горизонта 40–60 м. Водоупорными кровлей и подошвой ему служат глины того же надгоризонта.

Упинский водоносный горизонт приурочен к известнякам и мергелям и развит повсеместно на территории города. Мощность водоносного горизонта 20–25 м. Водоупорной кровлей служат глины яснополянского надгоризонта, а подошвой – глины матевского горизонта мощностью до 15 м.

Яснополянский и упинский водоносные горизонты в гидрогеологическом отношении изучены гораздо хуже других, т.к. залегают на значительных глубинах и сложны для бурения и оборудования скважин на воду.

3.1.3. Водоносные горизонты девонских и протерозойских отложений

Все водоносные комплексы, относящиеся к девонским отложениям, погружаются в направлении с запада от района г.Смоленска где они выходят на дневную поверхность, на восток до километровой глубины в районе Москвы. Здесь подземные воды находятся уже на значительном удалении от областей питания, что и определяет особенности их режима.

Водоносные комплексы и горизонты верхнего девона

Верхнефламенский водоносный комплекс в районе Москвы залегает на глубине 350–400 м (рис 3.1). Водовмещающими породами являются трещиноватые доломиты и известняки с прослоями и включением гипса и ангидрита. В кровле его залегают матевские глины, а в подошве глины, приуроченные к основанию тебедянских слоев. Мощность

Масштаб 1:250000

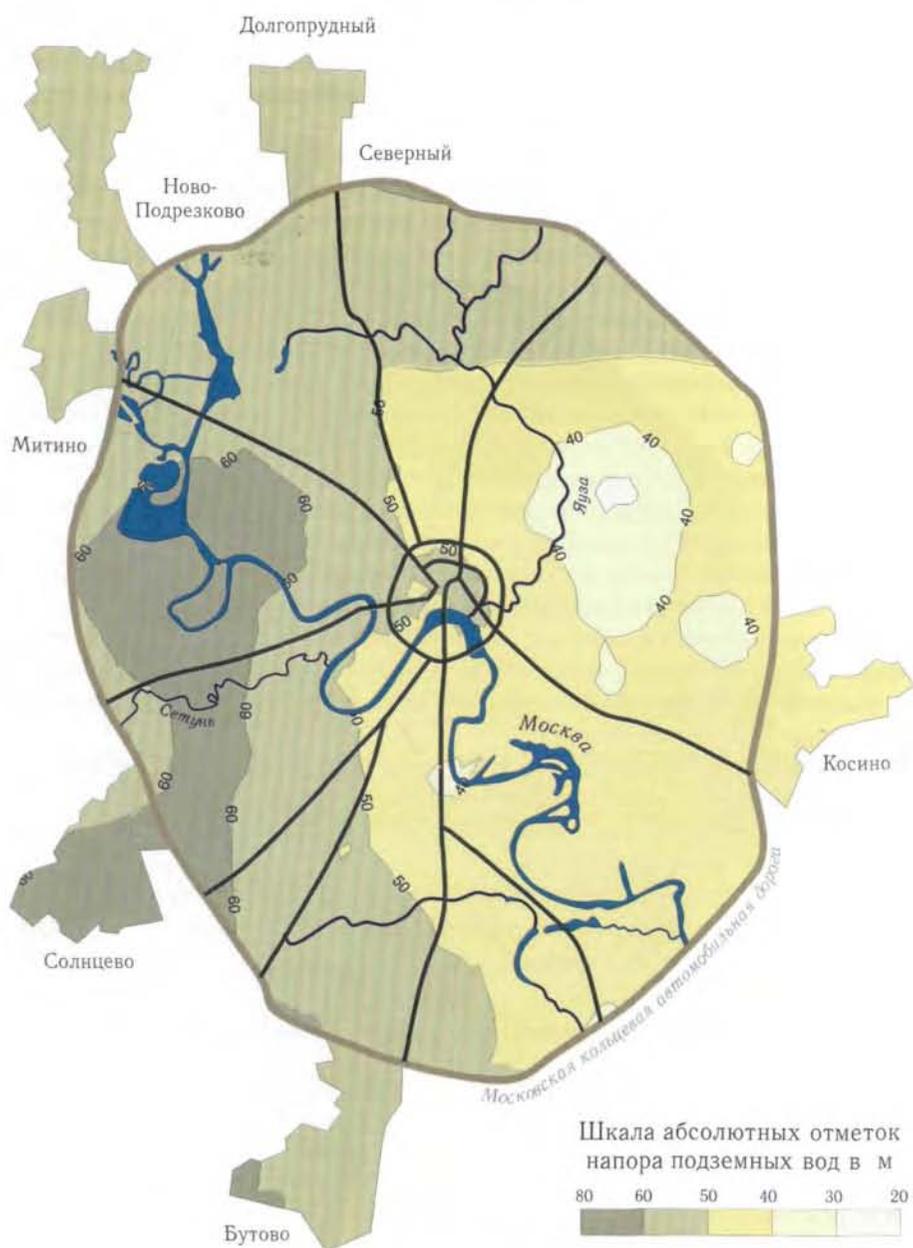


Рис 3 9 Карта гидроизопьез протвинско-окского водоносного горизонта

обводненных отложений в районе Москвы составляет 170–200 м. Абсолютные отметки уровней достигают 130 м.

Нижнефаменский водоносный комплекс приурочен к трещиноватым известнякам и доломитам. Общая мощность его составляет около 70 м. В его подошве залегают задонские глины, глинистые известняки и мергели. Между нижнефаменским комплексом и вышележащим хованно-лебедянским комплексом нет выраженного воупора, что способствует их гидравлической взаимосвязи.

Верхнефранский водоносный комплекс включает два водоносных горизонта – иванско-евлановский и воронежско-петинский. Водовмещающими породами являются преимущественно известняки. Общая мощность водоносного комплекса составляет 120–180 м. Воды напорные, в Москве из скважин отмечался самоизлив. Залегают водоносные комплексы на глубине 630–800 м.

Среднефранский водоносный комплекс приурочен в основном к известнякам и доломитизированным известнякам, переслаивающимся с глиной. В Москве уровень в скважинах отмечается на отметке 60 м.

Отдельно выделяются **верхнешигровский** и **нижнешигровский водоносные горизонты** в трещиноватых известняках. В Москве верхнешигровский горизонт вскрыт на глубине 831 м. Нижнешигровский водоносный горизонт приурочен к песчано-алеуритовым прослоям, отличающимся крайне невыдержанным простираением. Средняя мощность горизонта 80–100 м. Глубина залегания кровли 800–900 м.

Водоносные комплексы и горизонты среднего девона

В отложениях среднего девона выделяются живетский, мосоловско-моросовский и ряжский водоносные горизонты. Они приурочены к слоям песков и песчаников и известняков. В Москве мосоло-моросовский водоносный горизонт вскрыт в интервале глубин 1140–1169 м. Уровень воды в скважине установился на глубине 105 м, что соответствует абсолютной отметке 35 м. **Ряжский горизонт** вскрыт на глубине свыше 1200 м. Его водовмещающие породы представлены песками и песчаниками, реже конгломератами. Величина напора над кровлей достигает 1100 м.

Водоносные комплексы нижнего палеозоя и позднего докембрия

В пределах г.Москвы эти водоносные комплексы практически не изучены. Они залегают на глубинах свыше 1200 м.

3.2. Химический состав и свойства подземных вод

Для всей водонасыщенной толщи на территории г.Москвы, также, как и для всего Московского артезианского бассейна характерна вертикальная гидрохимическая и температурная зональность. Она проявляется с ростом минерализации воды и ее температуры с глубиной. Рост минерализации сопровождается сменой типа воды от гидрокарбонатного к сульфатному и хлоридному (рис.3.1). Нарушение этой зональности проявляется в верхней зоне активного водообмена под влиянием техногенных факторов.

Техногенное влияние столь велико, что закономерных изменений состава подземных вод и их температуры в зоне активного водообмена с глубиной не наблюдается, а в большей мере выражена их изменчивость по площади, что особенно проявляется в первых от поверхности водоносных горизонтах в пределах жилой и промышленной застройки. В результате меняется тип вод, увеличивается минерализация, температура.

Для водоносных комплексов нижней толщи зоны активного водообмена отмеченные закономерности выражены в меньшей степени, чем для горизонтов, заключенных в толще четвертичных и мезозойских отложений. По мере роста глубины сульфатные солоноватые воды сменяются хлоридными – солеными, а на глубине свыше 800 м – рассолами, закономерно растет их температура.

Для анализа гидрогеохимической обстановки водоносных горизонтов использовались результаты исследований, проведенных «Геоцентром – Москва», ПГО «Гидроспецгеология» (Кравцова И.А., Жуков В.Г., Александрова Н.В. и др., 1978, 1979, 1980), данные ежегодников Московской Гидрорежимной партии ПГО «Центргеология», треста Геоминвод и Института курортологии.

3.2.1. Гидрогеохимические условия водоносных горизонтов мезокайнозойских отложений

Химический состав подземных вод и мезокайнозойских отложений и их тепловой режим на территории города существенно изменен по сравнению с фоном. При этом выделяются некоторые общие закономерности, проявляющиеся на значительных площадях, и локальные аномалии, связанные с конкретными источниками теплового и гидрохимического загрязнения. Этим общим закономерностям и будет посвящено нижеследующее описание, а рассмотрению аномалий посвящен специальный раздел в главе 8.

На территории г.Москвы распространены два основных типа вод – гидрокарбонатно-хлоридные и гидрокарбонатно-сульфатные. Значительно менее распространены воды хлоридно-гидрокарбонатного, хлоридно-сульфатного и прочих хлоридных типов, а также сульфатные типы вод. Характер распространения установленных типов вод позволяет выделить на территории города две обширные зоны. Первую можно назвать зоной преимущественного распространения гидрокарбонатно-хлоридных вод с островным распростра-

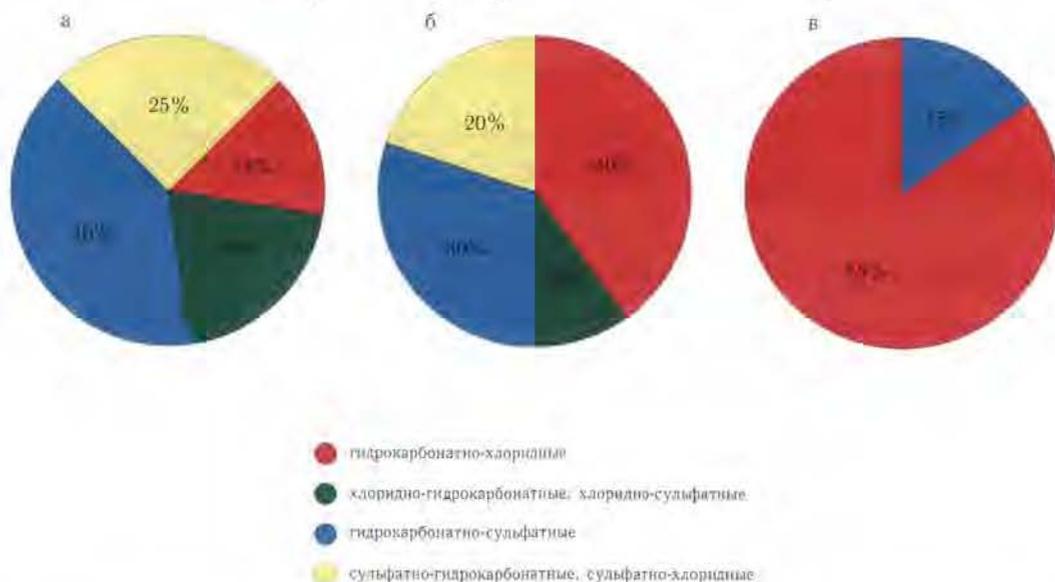


Рис 3 10 Химический состав мезокайнозойского водоносного комплекса в зависимости от функционального использования территории: а – промрайоны, б – жилые районы, в – лесопарки

нением хлоридных типов, а вторую – преимущественного распространения гидрокарбонатно-сульфатных вод с островным распространением сульфатных типов (рис 3 10)

По катионному составу подземные воды, приуроченные к выделенным зонам чрезвычайно пестры. Однако в первой зоне встречаемость вод с преобладанием натрия в катионном составе выше, а во второй зоне преобладает кальций.

Как видно из диаграмм, селитебные районы и промзоны характеризуются последовательным повышением доли распространения вод хлоридных и сульфатных по сравнению с районами лесопарков. В то же время для селитебных районов в большей степени, чем для промзон характерно распространение вод гидрокарбонатно-хлоридного состава по сравнению с гидрокарбонатно-сульфатными водами.

Уровень минерализации подземных вод тем выше, чем длительнее период существования освоенных участков территории, а встречаемость экстремальных величин минерализации в расчете на 1 кв.км площади прямо пропорциональна плотности застройки и связанной с ней плотности подземных коммуникаций.

Грунтовые воды с минерализацией менее 1 г/л относятся как к сульфатно-гидрокарбонатному, так и к гидрокарбонатно-сульфатному типу. При минерализации менее 0,3 г/л они являются практически всегда гидрокарбонатно-сульфатными кальциево-натриевыми и, как правило, близки к нейтральным.

Температура воды в целом выше фоновой на 2–3 градуса и в среднем составляет 8°C. На этом фоне имеются аномалии, где температура может быть более 30°C (см. раздел 8.4).

Водоносные горизонты, залегающие непосредственно под горизонтом грунтовых вод (днепровско-окский, меловой, волжский), наследуют тип химического состава грунтовых вод, но отличаются значительно меньшей минерализацией, редко превышающей 1 г/л и в большинстве случаев составляющей 0,4–0,3 г/л. Это заключение справедливо для территории города, где они перекрыты днепровской мореной. Температура воды в целом ниже, чем в верхней зоне (около 5–6°C), но и здесь имеются тепловые аномалии техногенного происхождения.

Для водоносных горизонтов верхней зоны нередко характерны высокие концентрации железа (более 0,3 мг/л), иногда – марганца.

3.2.2. Гидрогеохимические условия водоносных горизонтов каменноугольных отложений

Минерализация подземных вод каменноугольных водоносных горизонтов существенно ниже минерализации грунтовых вод. Максимальные величины ее, для касимовского водоносного горизонта составляют 1–2,6 г/л, для мячковско-подольского горизонта – 1–2,1 г/л, для каширского водоносного горизонта – до 0,7 г/л, для протвинско-окского водоносного комплекса – 1–1,5 г/л. При этом величина минерализации зависит от условий взаимосвязи с вышележащими горизонтами и с рекой Москвой. Зона с повышенной минерализацией с одной стороны, совпадает с областью наиболее интенсивного размыва юрских и частичного размыва верхнекаменноугольных отложений, а с другой – с территориями наиболее старых промышленных районов города. Химический состав вод повышенной минерализации показан на рис 3 11.

На окраинных территориях города, где отсутствует промышленная застройка и взаимосвязь водоносного горизонта с вышележащими затруднена, минерализация подземных вод меньше и они характеризуются составом, показанным на рис.3.12.

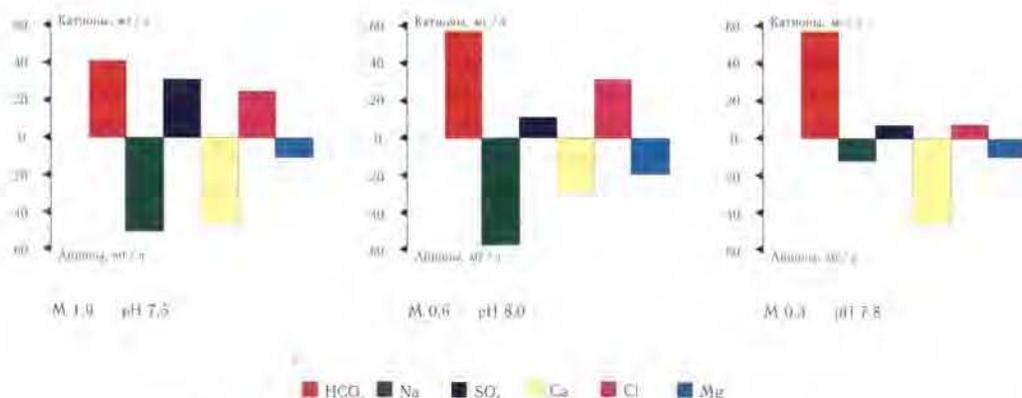


Рис 3.11 Химический состав подземных вод касимовского водоносного комплекса в области тесной связи с мезокаинозойским водоносным комплексом

Подземные воды каширского водоносного горизонта представляются наименее минерализованными (0,3–0,6 мг/л) по сравнению со всеми водоносными горизонтами каменноугольных отложений. Воды преимущественно гидрокарбонатно-сульфатного типа, иногда сульфатно-гидрокарбонатные или гидрокарбонатно-хлоридные, как правило, с присутствием магния в катионном составе.

Столь же невысока минерализация подземных вод протвинско-окского водоносного комплекса. Практически повсеместно на территории города они могут быть отнесены к гидрокарбонатно-сульфатному или сульфатно-гидрокарбонатному типам с преобладанием катионов кальция и магния (рис 3.13).

Такая особенность связана с тем, что химический состав воды протвинско-окского водоносного комплекса, определяется в большей степени перетеканием снизу вверх, что может приводить к ухудшению их качества (Просенков В.И., 1972).

Состав водовмещающих пород сказывается не только на величине концентраций макрокомпонентов, но и на распределении некоторых природных компонентов.

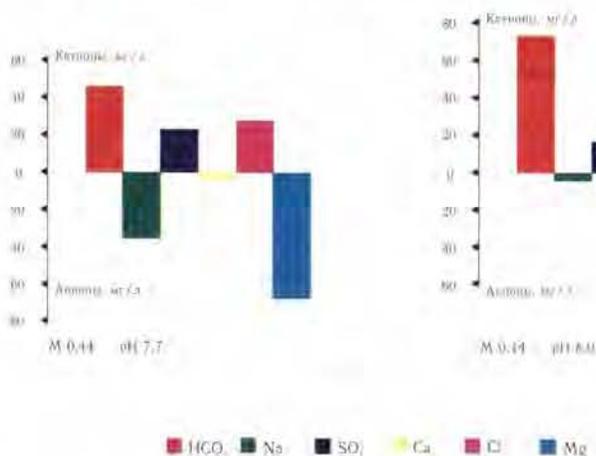


Рис 3.12 Химический состав подземных вод касимовского водоносного комплекса в областях затрудненной связи с вышележащими горизонтами

присутствующих в подземной воде в относительно малых, но сопоставимых с *предельно допустимыми концентрациями* (ПДК) для питьевой воды. Например, во всех водоносных комплексах, залегающих непосредственно под юрскими глинами или четвертичными отложениями местами отмечают аномальные содержания железа (более 0,3 мг/л), иногда марганца, а концентрация фтора, как правило, находится ниже гигиенической нормы (0,5 мг/л). Чем глубже, тем меньше содержание железа, а концентрация фтора в пределах ПДК. С глубиной концентрации фтора и стронция растут, нередко значительно превышая ПДК. Фиксируют также повышенные содержания бора и бария, иногда – алюминия и кремния.

В водоносных горизонтах каменноугольных отложениях уже существует вертикальная геотермическая зональность, проявляющаяся в медленном росте температуры с глубиной. Так в нижнекаменноугольных горизонтах она уже превышает 10°C. Правда и здесь наблюдают нарушение нормального геотермического режима за счет конвективного переноса тепла при водоотборе подземных вод.

Водоносные комплексы каменноугольных отложений традиционно используются на территории Московской области в качестве основного централизованного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения. Их выбор в этом качестве определяется несоизмеримо более высокой по сравнению с поверхностными водами естественной защищенностью от загрязнения и пригодностью подземных вод для питьевых целей. Улучшение качества подземных вод достигается либо путем смешения в процессе эксплуатации подземных вод различных комплексов, либо с помощью специальных технологий.

3.2.3 Гидрогеохимические условия водоносных горизонтов в девонских отложениях

Верхнефаменский комплекс содержит сульфатные воды с минерализацией до 5 г/л, которые относятся к категории минеральных. Москвичи хорошо знакомы с «Московской» минеральной водой, относящейся к категории сульфатных натриево-магниевых вод. Ее минерализация 3,9 г/л.

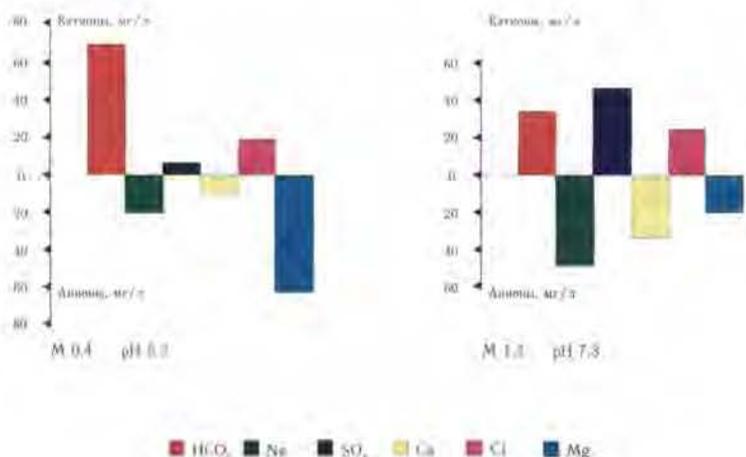


Рис 3 13 Химический состав подземных вод протвинско-окского водоносного комплекса

В верхней части комплекса минерализация воды составляет 7,4 г/л в нижней на глубине 732 м – 81 г/л. Соответственно меняется и состав воды от хлоридно-сульфатного до чисто хлоридного.

Далее, к подошве девонских отложений, минерализация подземных вод возрастает: в интервале глубин 300–500 м до 5 г/л, 700–900 м – до 60 г/л и далее до глубин порядка 1300 м по 80 г/л на каждые 200 м. При этом с глубин 600–700 м тип вод с сульфатного сменяется на хлоридный, так, что ниже этого интервала распространены хлоридные рассолы, минерализация которых в обводненной зоне архейско-протерозойских пород достигает 260 г/л (см. главу 6). Более подробно характеристика этих вод дается в разделе 6.3 и 6.4. Соответственно растет и температура воды, которая на глубине 1000 м превышает 30°С.

3.2.4. Параметры водоносных горизонтов

К настоящему времени в целом опробование мезокайнозойских и каменноугольных водоносных горизонтов проведено примерно в 1000 скважин (Зеегофер Ю.О., Дубровин В.М., Селезнев В.Н. и др., 1977). Из них 180–200 скважин – на водоносные горизонты четвертичных и мезокайнозойских отложений, порядка 100 скважин – на касимовский водоносный горизонт, 10–20 скважин – на каширский водоносный горизонт, 30–32 скважин – на протвинско-окский водоносный комплекс. Опытное-фильтрационное опробование мезокайнозойских и касимовского горизонтов проводилось в основном институтом «Метрогипротранс» в связи с обоснованием строительства метро, а мячковско-подольского водоносного горизонта и протвинско-окского водоносного комплекса в связи с обоснованием технического водоснабжения. Каширский водоносный горизонт опробовался ПГО «Гидроспецгеология» при проектировании трассы коллектора глубокого заложения (И.А.Кравцова, В.М.Гетманский и др., 1979). Большую роль в оценках параметров водоносных горизонтов сыграло математическое моделирование, проведенное в «Геоцентре-Москва» при создании постояннодействующей модели Московского градопромышленного комплекса (ПДМ МГПК). Оно позволило не только обобщить имеющиеся данные о распределении водопроницаемости водоносных горизонтов по площади, но и уточнить их абсолютные значения при решении обратных задач.

Гидрогеологические параметры мезокайнозойских водоносных горизонтов

В районе долин рр.Москвы и Яузы, где водовмещающая толща представлена единым пластом, коэффициент фильтрации песчаных отложений изменяется в широком диапазоне от 3–5 м/сут до 50–70 м/сут. Для района в целом характерно увеличение коэффициента фильтрации от пойменных участков р.Москвы и ее притоков по направлению к III надпойменной террасе. Современные аллювиальные отложения, представленные в различных соотношениях пойменной, русловой и старичной фашиями, характеризуются значениями коэффициента фильтрации в пределах от 3–5 м/сут до 10–15 м/сут. Коэффициент фильтрации отложения I надпойменной террасы по отдельным опытам составляет 12–15 м/сут, а II надпойменной террасы, представленные в основном средне- и крупнозернистыми песками, характеризуются значениями коэффициента фильтрации в пределах от 15 до 45 м/сут. Верхняя и средняя части разреза отложений II надпойменной террасы, сложенные в основном среднезернистыми песками, обычно характеризуются значениями коэффициента фильтрации

15–30 м/сут, причем наименьшие значения (15–20 м/сут), как правило, соответствуют верхней части разреза. Максимальные значения коэффициента фильтрации до 30–50 м/сут в пределах распространения единого водоносного пласта отмечаются на участках III надпойменной террасы, сложенной главным образом крупно- и среднезернистыми песками.

Верхний водоносный пласт, представленный московскими флювиогляциальными отложениями, характеризуется незначительными величинами коэффициента фильтрации 2–5 м/сут (районы междуречья рр Яузы и Чермянки, пересечения Ленинградского проспекта с Окружной железной дорогой). На северо-западе территории г.Москвы в районе Химкинского водохранилища, где водовмещающие породы верхнего пласта представлены супесями и суглинками с подчиненными прослоями песков, коэффициенты фильтрации московских флювиогляциальных отложений составляют 0,3–1 м/сут. Окско-днепровские флювиогляциальные отложения характеризуются значениями коэффициента фильтрации порядка 5–15 м/сут, меловые отложения – 3–10 м/сут, верхняя часть волжских отложений – 0,65–3 м/сут.

Прямые определения проницаемости келловей-оксфордских глин, основного регионального водоупора водоносных горизонтов мезокайнозойских отложений, на территории г.Москвы не проводились. Коэффициенты фильтрации этих отложений, определенные по данным моделирования (В С Плотников и др., 1969) составляют 10^{-4} – 10^{-5} м/сут.

Гидрогеологические параметры каменноугольных водоносных горизонтов

Анализ распределения водопроводимости и коэффициента фильтрации касимовского водоносного горизонта показывает, что величины этих параметров существенно изменяются на территории г.Москвы в плане и разрезе *Ратмировская толща* характеризуется значениями водопроводимости (коэффициента фильтрации) в пределах от 2–5 м²/сут (0,3–1 м/сут) до 2000–2500 м²/сут (350–400 м/сут). Максимальные значения величин параметров отличаются по долине р.Москвы. В районах Лужников, Шаболовки, где ратмировская толща залегает под юрскими глинами, по отдельным скважинам водопроводимость составляет величину 2000–2500 м²/сут (350–400 м/сут). В районе Киевского вокзала водоносный пласт, непосредственно контактирующий с четвертичными отложениями, характеризуется величиной порядка 500–600 м²/сут (90–100 м/сут). На участке впадения р.Яузы в р.Москву водопроводимость ратмировской толщи, залегающей под неверовскими глинисто-мергелистыми породами, составляет по отдельным опытам 120–150 м²/сут (20–25 м/сут). К северу и востоку от долины р.Москвы ратмировская толща характеризуется небольшими значениями водопроводимости (коэффициента фильтрации), составляющими 2–30 м²/сут (0,3–5 м/сут).

Перхуровская толща верхнего карбона на территории г.Москвы характеризуется водопроводимостью (коэффициентом фильтрации) в пределах от 3–10 м²/сут (0,5–1,5 м/сут) до 2500–3500 м²/сут (400–700 м/сут). Наибольшие значения водопроводимости (коэффициента фильтрации) отмечаются в районе впадения р.Яузы в р.Москву. В центре города в пределах Садового кольца водопроводимость перхуровской толщи, составляет по отдельным опытам величину 18–25 м²/сут (3–5 м/сут). На севере территории г.Москвы на участках доюрской долины (район Ботанического сада) перхуровская толща, непосредственно контактирующая с бат-келловейскими отложениями, характеризуется значениями водопроводимости порядка 60–80 м²/сут (10–15 м/сут).

Масштаб 1:50000

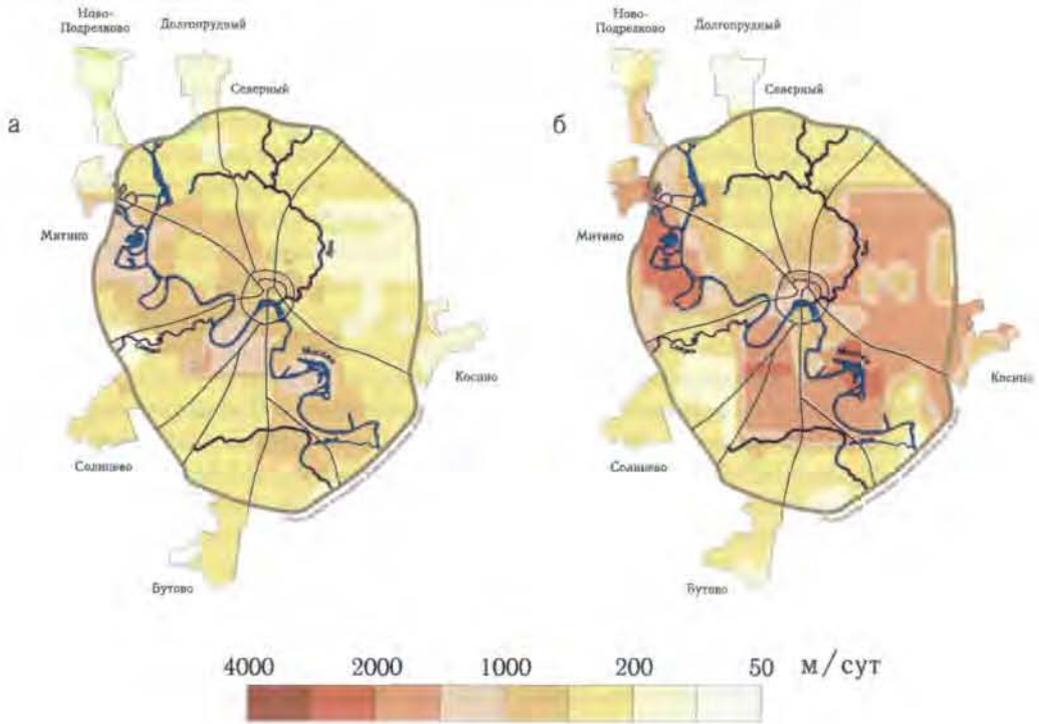


Рис 3.14 Карты водопроницаемости а – мячковско-подольского и б – протвинско-окского водоносных горизонтов

Для *измайловской толщи* характерны коэффициенты фильтрации от 6 м/сут до 100 м/сут. Общей закономерностью в распределении водопроницаемости водоносных горизонтов верхнекаменноугольных отложений, а как будет показано ниже и для всех каменноугольных водоносных горизонтов является уменьшение водопроницаемости от долины р. Москвы к водоразделам (рис 3.14). Особенно высокие значения водопроницаемости встречаются в зоне размыва юрских глин.

Водопроницаемость *мячковско-подольского водоносного горизонта* на территории г. Москвы изменяется в пределах от 50–100 м³/сут до 1800–2200 м³/сут, иногда более. Для анализа распределения водопроницаемости было проведено районирование территории, в результате которого составлена схема (рис.3.14). На схеме видно, что на территории г. Москвы выделяется крупная зона повышенных значений водопроницаемости, которая протягивается широкой полосой по р. Сетунь, далее по долине р. Москвы, захватывает район нижнего течения р. Яузы и расширяется к юго-востоку от Царицынских прудов до Кузьминок. В этой зоне величина водопроницаемости составляет более 400–800 м³/сут. На отдельных участках в районах Ленинских гор, Павелецкого вокзала, Марьино водопроницаемость мячковско-подольского водоносного горизонта составляет величину более 1600 м³/сут, обычно 1800–2200 м³/сут, по данным некоторых опытных скважин – 2400–3500 м³/сут. На севере территории г. Москвы (район Химкинского водохранилища, междуречья рр. Лихоборки и Чер-

мянки и рр Яузы и Чермянки) водопроницаемость обычно составляет величину 400–800 м/сут, на отдельных участках (междуречье рр.Чермянки и Лихоборки) по немногочисленным опытам мячковско-подольский водоносный горизонт характеризуется водопроницаемостью, равной 800–1200 м/сут, иногда до 1600 м/сут. В районе Ленинградского проспекта, на участке поднятия в рельефе каменноугольных отложений, величина водопроницаемости составляет 400–1200 м/сут. На остальной территории (примерно 60% территории г.Москвы) водопроницаемость не превышает 400 м/сут, обычно 180–250 м/сут.

Коэффициент фильтрации мячковско-подольского водоносного горизонта на территории г.Москвы изменяется в пределах от 1–2 м/сут до 70–80 м/сут, иногда более. Анализ изменения коэффициента фильтрации в плане показывает, что характер его распределения на территории города примерно согласуется с закономерностями изменения водопроницаемости мячковско-подольского водоносного горизонта.

Коэффициент пьезопроводности мячковско-подольского водоносного горизонта, оцененный по отдельным кустовым откачкам, составляет 104–106 м/сут.

Каширский водоносный горизонт характеризуется незначительными значениями коэффициента фильтрации и водопроницаемости. По данным немногочисленных опытно-фильтрационных работ водопроницаемость горизонта изменяется от 10 до 150 м³/сут. Коэффициент фильтрации каширского водоносного горизонта составляет 0,3–4 м/сут. Ввиду малого количества опытов анализ распределения параметров в плане провести не удается.

Протвинско-окский водоносный комплекс характеризуется широким диапазоном водопроницаемости (коэффициента фильтрации), изменяющейся на территории г.Москвы от 50–100 м/сут (0,5–1 м/сут) до 2000–2400 м/сут (22–27 м/сут). На схеме водопроницаемости (рис.3.14) видно, что максимальные значения отмечаются в зоне, протягивающейся широкой полосой от района р.Сетуни и ее протоков до участка Капотня-Новогиреево. В целом протвинско-окский водоносный комплекс характеризуется в этой зоне значениями параметров от 400–800 м/сут (5–10 м/сут) до 1200–1600 м/сут (13–18 м/сут). В районах Воробьевых гор, Капотни отмечаются наибольшие значения водопроницаемости, составляющие более 1600 м/сут и даже 2600–300 м/сут. На севере территории г.Москвы в районе Химкинского водохранилища фильтрационные параметры характеризуются величинами порядка 800–1200 м³/сут (8–13 м/сут). На юге территории г.Москвы в районе р.Чертановки по отдельным скважинам величины параметров составляют 400–1200 м/сут (4–12 м/сут). Коэффициент пьезопроводности протвинско-окского водоносного комплекса по отдельным опытным откачкам составляет величину порядка 104–106 м/сут.

В целом анализ результатов фильтрационного опробования водоносных горизонтов мезокаинозойских и каменноугольных отложений позволяет выявить определенные закономерности в распределении величин, характеризующих проницаемости водоносных горизонтов.

Для каменноугольных водоносных горизонтов следует отметить в целом слабую зависимость величин водопроницаемости от мощностей обводненных пластов. При этом, области с одинаковыми интервалами величин водопроницаемости довольно хорошо совпадают по распространению у всех водоносных горизонтов. Особенно заметно это обстоятельство проявляется для центрального и юго-восточного отрезка долины р.Москвы, где зоны с высокими значениями проницаемости четко накладываются в разрезе.

3.2.5. Агрессивность грунтовых вод

С химическим составом грунтовых вод тесно связана их агрессивность по отношению к заглубленным частям зданий и сооружений.

Первая карта агрессивности грунтовых вод была составлена Московской гидро-геологической партией в 1971 г. в соответствии с действующими в то время «Указаниями по проектированию антикоррозионной защиты строительных конструкций» СН 262-67. В настоящее время возникла необходимость составления новой карты агрессивности грунтовых вод на основе материалов, полученных в последние годы. При составлении такой карты важное значение имеет оценка агрессивного воздействия подземных вод по отношению к бетону, железобетонным конструкциям и известнякам, поскольку из последних сложены фундаменты многих старинных зданий.

В основу построения карты агрессивности грунтовых вод положено районирование территории: а) по виду и степени агрессивности грунтовых вод по отношению к бетону, б) по степени агрессивного воздействия грунтовых вод на арматуру железобетонных конструкций, в) по степени термодинамической неравновесности вод по отношению к карбонату кальция.

Оценка вида и степени агрессивности грунтовых вод к бетону и железобетону проводилась в соответствии со СНИП 2 03 11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии». По показателю агрессивного воздействия вод на бетон на любом из цементов, отвечающем требованию ГОСТ 10178-76 и ГОСТ 22266-76, устанавливался вид агрессивности – углекислотный, общекислотный, сульфатный и магниальный. По величине показателя агрессивности определялась степень агрессивности – слабая, средняя и сильная.

Степень агрессивного воздействия вод на арматуру железобетонных конструкций находилась по содержанию хлоридов и сульфатов в пересчете на Cl – (сульфаты пересчитываются на содержание хлоридов умножением на 0,25 и суммированием с содержанием хлоридов)

Наличие вод с выщелачивающей агрессивностью определялось по результатам оценки равновесно-неравновесного состояния в системе подземные воды – карбонат кальция, проведенной методом термодинамического моделирования по программе SOLMINEQ-88 путем вычисления индекса неравновесности (I):

$$I = \lg (a_{\text{прод реак}}/a_{\text{исх вещ}})/K_0,$$

где $a_{\text{прод реак}}$ – активность продуктов реакции, $a_{\text{исх вещ}}$ – активность исходных веществ, K_0 – константа неравновесности

Положительное значение индекса неравновесности характеризует равновесность среды подземных вод с карбонатом кальция, отрицательное – неравновесность, агрессивность среды. Чем меньше значение индекса неравновесности, тем дальше находится рассматриваемая система от состояния равновесности и тем больше агрессивность природных вод по отношению к карбонату кальция. При значении индекса неравновесности от 0 до -1 воды относятся к агрессивным, при значении индекса <-1 – к высокоагрессивным по отношению к карбонату кальция.

При построении карты агрессивности (рис.3 15.) были использованы материалы по химическому составу грунтовых вод, отобранных при бурении скважин Мосгоргеотрестом.

Построение карты агрессивности позволило в целом оценить виды и степень агрессивности грунтовых вод на территории г.Москвы, выделить районы распростране-

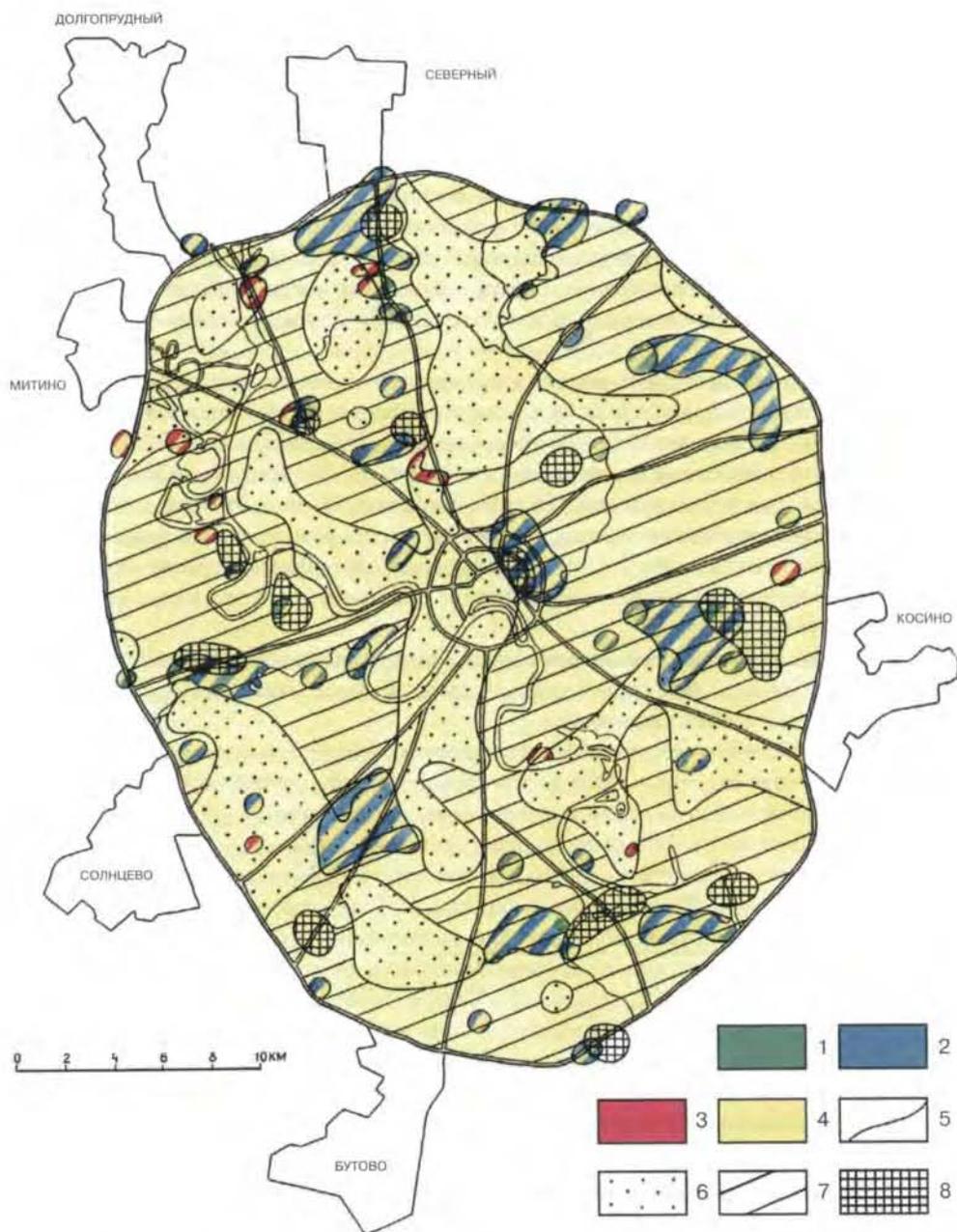


Рис 3 15 Карта агрессивности грунтовых вод на территории г Москвы Районы распространения вод характеризующихся различными видами агрессивности к бетону 1 – общекислотной 2 – углекислотной 3 – сульфатной, 4 – районы распространения вод, характеризующихся слабоагрессивным воздействием на железобетонные конструкции при периодическом смачивании, 5 – границы распространения вод с различными видами агрессивности, районы распространения вод, характеризующихся различными величинами индекса неравновесности вод по отношению к карбонату кальция 6 – >0 7 – от 0 до -1 8 – <-1 Карта составлена под редакцией В П Зверева И В Галицкой

ния вод, характеризующиеся различной степенью опасного воздействия на подземные части зданий и сооружений, а также различной степенью агрессивного воздействия на фундаменты, сложенные карбонатными породами

В большинстве случаев грунтовые воды на рассмотренной части территории г.Москвы обладают слабой углекислотной агрессивностью, реже слабой сульфатной или общекислотной (наличие вод с выщелачивающей агрессивностью определялось на основании результатов термодинамической оценки равновесного-неравновесного состояния в системе грунтовые воды – карбонат кальция)

Среднеагрессивные грунтовые воды зафиксированы в единичных случаях. По отношению к железобетонным конструкциям практически во всех скважинах воды слабоагрессивны при периодическом смачивании и неагрессивны при постоянном погружении

Участки распространения вод с сульфатной агрессивностью выделены в основном на территории районов Химки-Ховрино, Строгино, Мякинино, Крылатское, Бескудниково, Тропарево, Марьино, Хорошевский, Новогиреево

Воды с общекислотной агрессивностью распространены в районах Крылатское, Фили, Кунцево, Бескудниково, Орехово-Борисово, Перово, Новокосыновки

Воды с углекислотной агрессивностью в основном отмечены в районах Химки, Давыдовское-Кунцево, Бескудниково-Коровино, Медведково, Беляево, Царицыно, Перово, Бабушкинском, Ясенево, Люблино, Орехово-Борисово, в южной части парка «Лосиный остров»

На участке между Волоколамским и Ленинградским шоссе выявлен участок распространения вод, характеризующихся тремя видами агрессивности – сульфатной, углекислотной и общекислотной

В пределах территории г.Москвы выделены районы распространения грунтовых вод с различной степенью равновесно-неравновесного состояния с карбонатом кальция, определяемой величиной индекса неравновесности

Равновесные с карбонатом кальция грунтовые воды охватывают достаточно значительную часть территории города, тяготеющую в основном к ее Центральному, Северо-Восточному и Юго-Западным округам, а также отдельные участки Северного и Юго-Восточного округов. Большая часть территории города характеризуется распространением неравновесных с карбонатом кальция грунтовых вод. Это в значительной мере Южный, Восточный, Западный и Северо-Западный округа г.Москвы

Наиболее высокоагрессивные по отношению к карбонату кальция грунтовые воды имеют ограниченное, локальное распространение и приурочены в основном, очевидно, к местам интенсивного инфильтрационного питания и участкам поступления агрессивных бытовых и техногенных стоков

3.3. Условия формирования и разгрузки подземных вод

3.3.1. Питание подземных вод

В *естественных условиях* подземные воды образуются главным образом за счет просачивания атмосферных осадков, выпадающих в виде дождя и снега (при его таянии) на обширных водораздельных пространствах. Поэтому величина питания в естественных условиях целиком и полностью определяется климатом, условиями поступления воды на поверхность земли и ее просачивания в почву. В условиях города появляется мно-

жество дополнительных факторов, которые изменяют эти условия. Соответственно меняется и абсолютная величина его интенсивности.

По данным многолетних наблюдений, которые начаты в Москве в 1879 г. на станции Михельсона на территории сельскохозяйственной академии им. К.А.Тимирязева, количество осадков в среднем за многолетний период составляет 640 мм в год. В отдельные годы их выпадает не более 350 мм, в другие превышает 800 мм. На долю осадков холодного периода приходится всего 180 мм, однако именно эти осадки, выпадающие в виде снега, дают основную долю в питании подземных вод при их таянии.

Климат Москвы отличается от климата Подмосковья и неодинаков в пределах города¹. Прежде всего это сказывается на увеличении среднегодовой температуры до 8 градусов по сравнению с природным фоном (4–5 градусов). За счет загрязненности атмосферы и увеличения ядер конденсации в черте города выпадает несколько больше осадков.

Существенное значение имеет и то, что значительная часть площади города (в среднем 50%) закрыта зданиями и засфальтирована. С этой площади дождевые воды отводятся по системе дождевой канализации в речную сеть. Учитывая все эти обстоятельства, интересно сопоставить основные составляющие водного баланса для Подмосковья и г.Москвы и оценить условия поступления воды в водоносные горизонты.

В связи с этим прежде всего важно сопоставить характер ландшафта этих территорий. Эти характеристики представлены в таблице 3.1.

Таблица 3 1

Процентное соотношение различных элементов ландшафта

Тип ландшафта	Подмосковье	Москва
Лес, лесопарки, скверы	45	35
Открытые (сельхоз. земли)	50	20
Закрытая территория*	2	44
Водоемы	1	1
Болота	2	0

* Крыши, отмостка асфальтированные проезды и тротуары

Основное различие в структуре ландшафтов состоит в значительном увеличении в городе закрытых площадей. Мерой питания подземных вод является меженный речной сток, который формируется исключительно за счет разгрузки подземных вод. Однако реки различного порядка имеют разную глубину вреза и соответственно дренируют только те водоносные горизонты, которые находятся в зоне их влияния. Поэтому слой меженного стока малых рек характеризует разгрузку водоносных горизонтов верхнего этажа. Если соотносить этот слой стока с питанием подземных вод, то окажется, что последнее может быть в 1.5–2 раза большим. Разница между величиной питания и стоком этих рек фильтруется в более глубокие водоносные горизонты и разрушается уже в более крупные реки. Естественно весь ход процесса может быть нарушен эксплуатацией водоносных горизонтов.

¹ Климат Москвы Л Гидрометеониздат 1969. 323 с

В соответствии с картой подземного стока, составленной под руководством Б. И. Куделина, средний модуль его для Московской области составляет 2–2,5 л/с кв км, что соответствует слою стока 60 – 80 мм/год и может рассматриваться как нижний предел величины питания подземных вод в естественных условиях. Эта оценка позже была подтверждена исследованиями, проведенными Московской гидрогеологической экспедицией, результаты которых дают величину 60–90 мм/год. Приведенные величины характеризуют в среднем всю территорию, сток с которой заметно изменяется в зависимости от ландшафта. Питание грунтовых вод существенно зависит от степени открытости местности. На залесенных пространствах оно больше, а на открытых – меньше, что связано с более высокой инсоляцией и скоростью таяния снега, при которой талые воды не успевают просочиться в почву и сбегают в реки.

Питание подземных вод зависит не только от ландшафтных условий, но и от глубины залегания уровня первого от поверхности водоносного горизонта. При близком залегании уровня в среднем за многолетний период в балансе подземных вод преобладает их разгрузка за счет испарения и транспирации. С увеличением глубины залегания уровня начинает доминировать питание подземных вод, которое увеличивается с ростом глубины, стремясь в пределе к некоторой постоянной величине. Осреднение по ландшафтам и глубинам залегания уровня первого от поверхности водоносного горизонта дает среднюю величину инфильтрационного питания грунтовых вод для Московской области (без Москвы) в размере 90–110 мм/год.

При *техногенном питании подземных вод* в городе появляются новые факторы, приводящие к изменению условий питания грунтовых вод. К ним относятся:

- утечки из водонесущих коммуникаций (водопровод, канализация, ливневка),
- озеленение и посадки зеленых насаждений,
- перераспределение снега при очистке проездов и тротуаров,
- изменение теплового режима почвы в связи с ее прогревом теплотрассой и подземными сооружениями,
- изменение микрорельефа и мезорельефа при планировке территории,
- фильтрация из декоративных прудов и водоемов.

Влияние каждого из перечисленных факторов имеет локальный характер, однако вследствие их совместного действия можно говорить о повсеместном изменении питания под влиянием урбанизации или о техногенном питании грунтовых вод. Оценка влияния каждого фактора в отдельности представляется трудной задачей, решаемой только на основе специальных воднобалансовых исследований, которые в городе не проводились. Интегральная же оценка влияния техногенного питания была выполнена в «Геоцентре – Москва» методом математического моделирования при воспроизведении на модели гидрогеологических условий на период 1986 года. Задача состояла в подборе на модели такого питания, при котором все модельные показатели (напоры по скважинам, сток в реки при заданном водоотборе), соответствовали бы этим показателям в реальности. Такая задача называется обратной. Полученные в результате решения величины питания (рис. 3.16) ставились в зависимость от функции и времени застройки территории, степени ее закрытости, этажности и наличия озеленения (см. таблицу 3.2).

Масштаб 1 250000

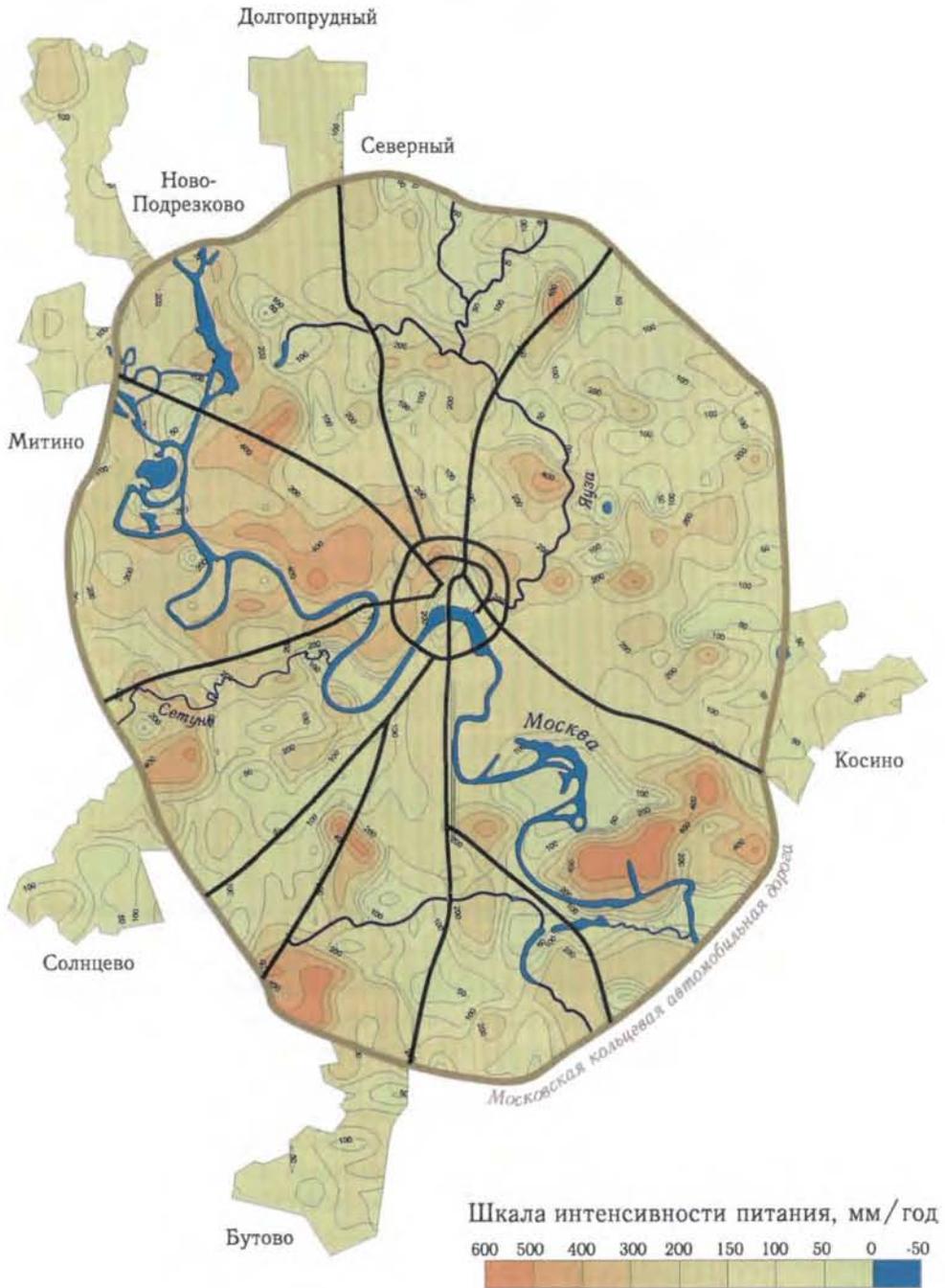


Рис 3 16 Карта интенсивности питания первого от поверхности водоносного горизонта

Таблица 3 2

Зависимость питания подземных вод в мм/год от функциональных особенностей территории г.Москвы

Тип застройки	Жилые зоны	Промзоны	Скверы	Лесопарки
В пределах Садового кольца	100–200	–	150	–
Между Садовым кольцом и Окружной железной дорогой	150–250	200–300	150	–
Между Окружной железной дорогой и МКАД	50–150	200–300	150	50–100

Средняя величина инфильтрационного питания в пределах МКАД составляет 200 мм/год, из них по селитебным территориям 200–220 мм/год, по промзонам 250–280 мм/год. Учитывая степень закрытости территории и полагая, что на открытых участках питание близко к естественному (около 100 мм/год), на долю техногенного питания в среднем приходится примерно 150 мм/год, что при площади г.Москвы в пределах МКАД 900 кв.км составляет 150 млн.куб.м в год.

Чем же обеспечивается эта величина? Водопотребление в Москве составляет 75 м³/с или 2,37 млрд. м³/год. Таким образом техногенное питание может быть обеспечено всего 6,3% от суммарного объема водопотребления города, что близко к нормативным потерям из водонесущих коммуникаций и прямым определениям потерь, выполненных Мосводоканалом.

Распределение питания в зависимости от функции территории достаточно тесно увязывается с суммарной водоподачей, что позволяет считать, что полученные значения в значительной степени определяются такими факторами, как потери из водонесущих коммуникаций, поливами зеленых насаждений и подпитыванием водоемов. Анализ данных показывает, что в среднем техногенное питание (без учета питания за счет атмосферных осадков) составляет от 3% до 8% от водоподачи. Среднее значение техногенного питания для промышленных зон составляет 6.6% от водоподачи, а для селитебных зон 5.6%.

3.3.2. Изменение гидрогеологических условий под воздействием техногенных факторов

Вода, профильтровавшаяся в грунтовые воды, разделяется на несколько потоков. Одни направлены горизонтально по водоносным горизонтам, другие вниз через слабопроницаемые слои в более глубокие водоносные горизонты. Соответственно, как уже говорилось выше, реки, имеющие различную глубину вреза, дренируют толщу разной мощности. Обычно в ненарушенных условиях на водоразделах имеет место нисходящая фильтрация, а в долинах крупных рек восходящая (рис.3 17). Такая картина наблюдалась в ненарушенных условиях и на территории города. Здесь можно выделить 16 бассейнов (без р.Москвы) рек – притоков р.Москвы, имеющих постоянный водоток, то есть явно дренирующих подземные воды. Общая протяженность речной сети в пределах МКАД в естественных условиях составляла около 450 км. Соответственно удельная протяженность 0.5 км/кв.км при средней ширине водосбора 2 км. В результате планировки и застройки территории значительная

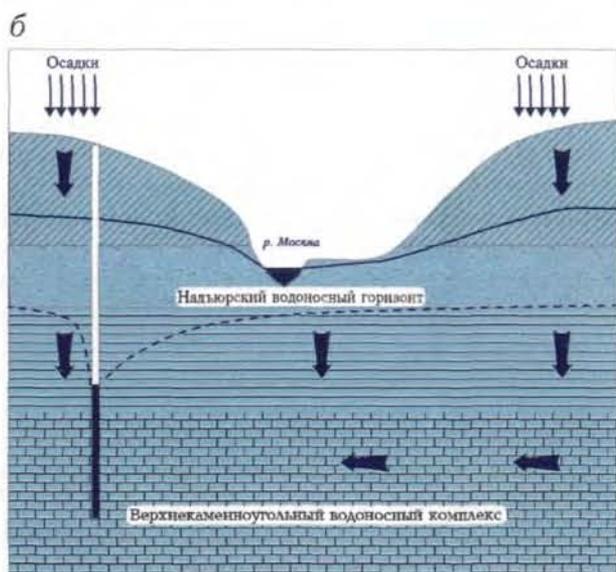
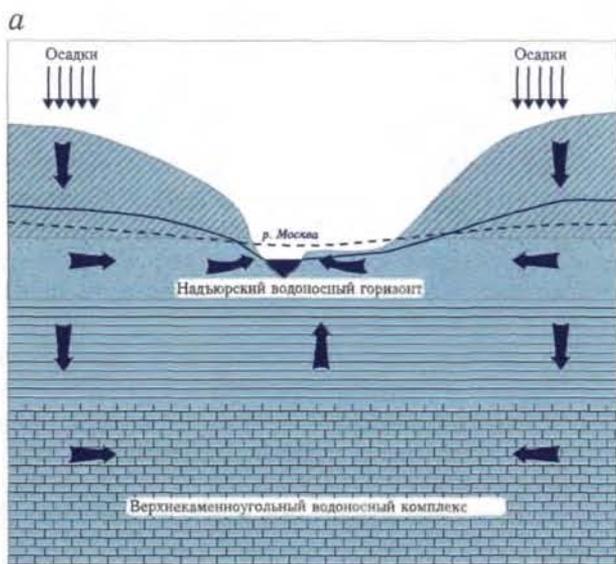


Рис 3 17 Схемы потоков подземных вод а) в естественных условиях, б) в нарушенных условиях

часть рек была забрана в коллекторы и засыпана. Общая длина засыпанных водотоков составила около 150 км. В результате этого ухудшились условия дренирования территории. Несмотря на застройку речная сеть и сейчас дренирует подземные воды верхнего этажа системы водоносных горизонтов, четвертичных и мезозойских отложений. Последнее хорошо видно на карте гидроизогипс первого от поверхности водоносного горизонта, которые в значительной степени наследуют поверхность рельефа (рис.3.4).

Однако в результате застройки и водоотбора изменились не только условия питания первого от поверхности водоносного горизонта, но и условия питания более глубоких горизонтов и, особенно, их разгрузки.

Изменение гидрогеологической обстановки территории г.Москвы является одним из главных факторов развития неблагоприятных инженерно-геологических процессов. Анализ этих изменений за отдельные периоды истории города прямо или косвенно неоднократно предпринимался в прошлом (Даньшин Б.М¹, Котлов Ф.В.², Гаврюхина А.А., Просенков В.И.⁴).

Гидрогеологические условия водоносных горизонтов мезозой-кайнозойских отложений сравнивались с ситуацией, имевшей место в начале 30-х годов, когда появилась достоверная карта гидроизогипс грунтовых вод для территории города в пределах кольцевой железной дороги, составленная в масштабе 1:25000 И.Г.Герасимовым, Н.А.Корчебоковым и др (Даньшин и др., 1935).

Для водоносных горизонтов каменноугольных отложений сравнение проводилось с ситуацией 70-х – 90-х годов прошлого века, когда началась интенсивная эксплуатация подземных вод каменноугольных отложений, причем наиболее подробно проанализирован период с 50-х годов нынешнего века.

Изменение урвенной поверхности мезокайнозойских водоносных горизонтов. Сопоставление поверхностей грунтовых вод на территории, расположенной в пределах Окружной железной дороги, показал, что за период с 1933 по 1978 гг. произошли в целом довольно существенные ее изменения, обусловленные длительным инженерно-хозяйственным воздействием.

Области понижений приурочены, главным образом, к долинам р.Москвы и ее притоков. Понижение уровня здесь напрямую связано с водоотбором из нижележащих горизонтов, о чем свидетельствует карта соотношения напоров (рис.3.18) в первом от поверхности, надъярском и касимовском водоносных горизонтах. Наибольшие снижения уровней грунтовых вод произошли в районах Киевского вокзала и Хорошевского шоссе, где на отдельных участках абсолютные отметки поверхности грунтовых вод уменьшились на величину порядка 6–7 м по сравнению с 1933 г. По долине р.Яузы протягивается зона, в пределах которой урвенная поверхность грунтовых вод понизилась относительно ее положения в 1933 г. на 1–2 м. На отдель-

Атлас геологических и гидрогеологических карт гор Москвы/ Под ред. Б.М. Даньшина и Н.А. Корчебокова М. Всес. Картограф. трест, 1935. 10 лист

Котлов Ф.В. Изменение подземных вод территории Москвы под влиянием деятельности человека // Тр. ЛГГП АН СССР. М. Изд-во АН СССР, 1961. Т. XXXVI. С. 41–57

Гаврюхина А.А. Многолетний режим гидродинамических давлений среднего и нижнего карбона Москвы // Тр. ЛГГП. М. Изд-во АН СССР, 1962. Т. 40. С. 98–105

Гаврюхина А.А. Подземные воды каменноугольных отложений Москвы и изменение их состояния под влиянием многолетней эксплуатации // Науч. тр. АКХ. 1967. Вып. 27. С. 71–85

⁴ Просенков В.И. Влияние градопромышленного комплекса Москвы на процессы формирования подземных вод ММФГО СССР, 1978. С. 60–66

Масштаб 1:500000

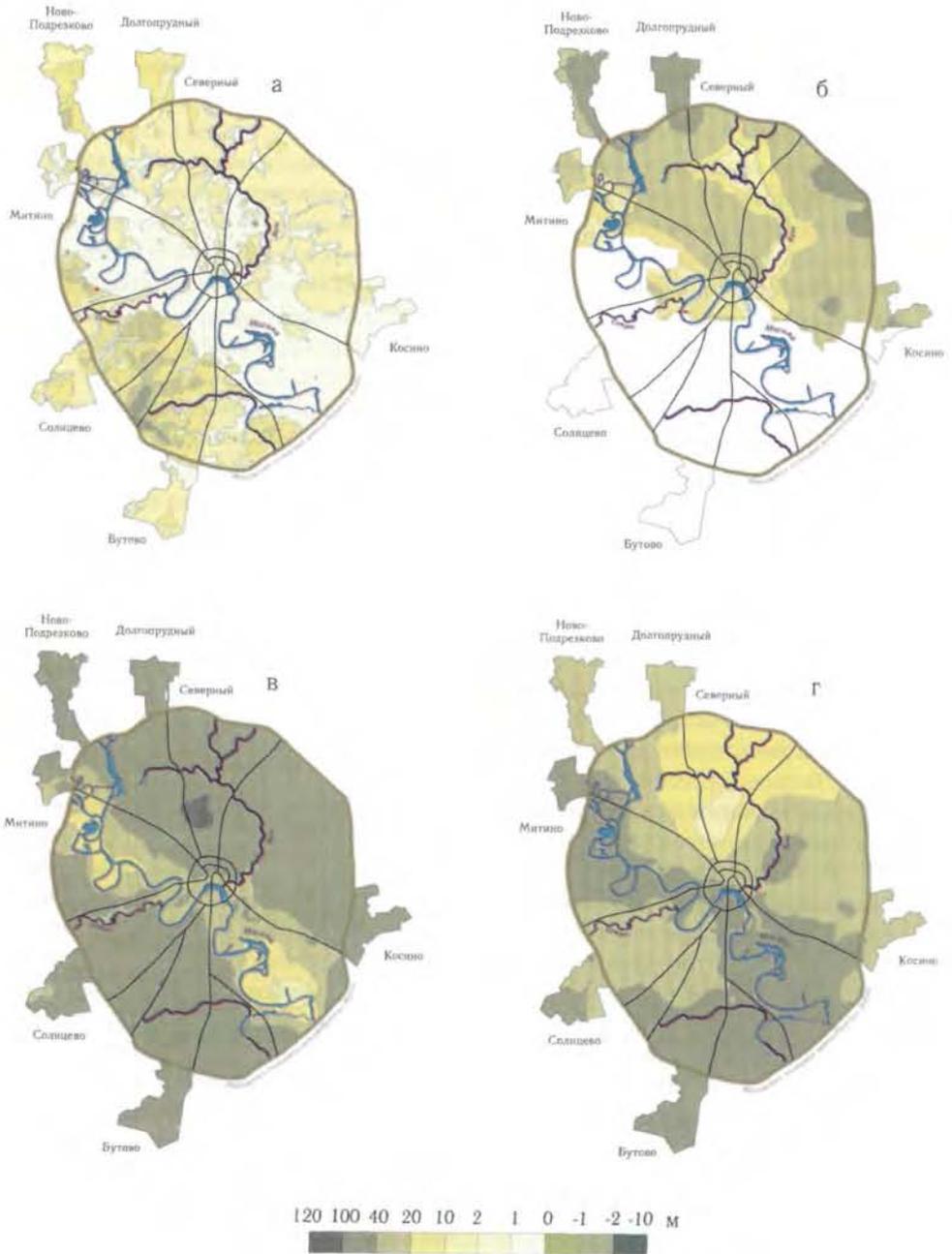


Рис 3 18 Карты соотношения напоров а – в первом от поверхности и надъяюрском, б – в надъяюрском и касимовском, в – в надъяюрском и мячковско-подольском г – в мячковско-подольском и протвинско-окском водоносных горизонтах

ных участках в районах слияния рек Москвы и Яузы и рек Яузы и Лихоборки отмечаются понижения уровней грунтовых вод, составляющие величину 2–4 м, иногда до 5 м. По сравнению с 1933 г. уровень грунтовых вод в районе долины р. Жабенки на участке Тимирязевских прудов понизился на 1–4 м, а по долине р. Неглинки в районе ее впадения в р. Москву на 1–2 м. В районе Павелецкого вокзала уровень грунтовых вод снизился на величину 1–2 м, что обусловлено работой Замоскворецкого дренажа.

Анализ характера изменения уровенной поверхности во времени на участках понижения показал, что до 1962–63 гг. происходило неуклонное ее снижение. С 1962–63 гг. поверхность грунтовых вод, если рассматривать ее начальное и конечное положение, осталась неизменной. Однако амплитуды колебаний уровней грунтовых вод на участках понижений остаются высокими (до 5–8 м) в течение всего рассматриваемого периода (1933–1978 гг.). Такие существенные колебания уровней вызваны главным образом, влиянием работы водозаборов и откачек «Метростроя», дебит которых периодически изменяется.

Области повышения поверхности грунтовых вод приурочены, в основном, к водораздельным участкам территории г. Москвы в районах моренного плато и флювио-ляциальной равнины и связаны с техногенным питанием. Здесь наблюдается и подъем уровня первого от поверхности водоносного горизонта и образование нового «техногенного» горизонта, как правило, верховодки в насыпных грунтах. Максимальные величины повышения уровней грунтовых вод по сравнению с их положением на 1933 г. отмечаются на севере территории г. Москвы в районе пересечения Дмитровского шоссе с Окружной железной дорогой. В районе Савеловского вокзала поверхность грунтовых вод повысилась на 2–5 м.

Некоторое повышение уровней грунтовых вод наблюдается в пределах Лужниковской излучины и Химкинского водохранилища, что является следствием совокупного действия подпора со стороны р. Москвы после строительства канала Москва–Волга. Остальная территория г. Москвы (примерно 50%) в пределах Окружной железной дороги характеризуется относительно неизменным в среднесезонном разрезе положением поверхности грунтовых вод с 1933 по 1978 гг.

Уровенная поверхность водоносных горизонтов в *меловых и днепровско-окских (донско-сетуньских) отложениях*, за период с 1933 по 1978 г. также претерпела существенные изменения. На нее еще в большей степени повлиял водоотбор из нижних горизонтов. На отдельных участках по долинам рек Москвы, Яузы и их притоков отмечаются понижения уровенной поверхности днепровско-окского водоносного горизонта, в районах Русаковской набережной, долины р. Серебрянки, на участке впадения р. Яузы в р. Москву на 6–5 м, в районе Хорошевского шоссе на 10–15 м. Анализ тенденций изменения уровней подземных вод на участках понижения показывает, что с 1933 г. по 1962–63 гг. уровенная поверхность днепровско-окского водоносного горизонта испытывала неуклонное снижение, затем стабилизировалась. Амплитуды изменения уровенной поверхности высоки и на некоторых участках (районы Русаковской набережной, впадения р. Яузы в р. Москву) достигают 8–10 м, что обусловлено главным образом периодичностью работы водозаборов.

На водоразделах наблюдается совершенно другая картина. Там на отдельных участках отмечаются повышения уровней подземных вод в меловых и днепровско-окских отложениях. Так, в районах Савеловского и Рижского вокзалов уровень подземных

вод нижнего водоносного пласта с 1933 г по настоящее время повысился на 5–6 м, в районе пересечения Дмитровского шоссе с Окружной железной дорогой на 3–5 м по сравнению с 1933 г

Области понижений характеризуются в настоящее время (примерно с середины 60-х годов) стационарным положением урвенной поверхности, однако амплитуды колебания уровней грунтовых вод достигают 5–7 м. Если говорить о дифференциации современных годовых амплитуд поверхности грунтовых вод по площади левобережья р Москвы в целом, то их величины составляют от 1 до 3 м, реже 4 м (50% территории), за исключением зон, где величина амплитуд превышает 4–5 м, и они связаны с техногенным возмущением горизонтов меловых и днепровско-окских отложений

Наиболее существенные изменения гидродинамической обстановки водоносных горизонтов мезокайнозойских отложений произошли на высоком правобережье р Москвы. До начала интенсивной застройки (середина 50-х годов), в юго-западной части г Москвы, мезокайнозойский водоносный комплекс был представлен в основном горизонтами, урвенная поверхность которых располагалась в меловых и днепровско-окских песках. Вышележащие водоносные горизонты в днепровско-московских флювиогляциальных отложениях, а также в покровных суглинках встречались лишь в виде линз. В настоящее время на юго-западе г Москвы в районах массовой застройки 50–60-х годов на участках моренного плато и флювиогляциальной равнины повсеместно прослеживается два (а на отдельных участках и три) водоносных горизонта, приуроченных к относительно хорошо проницаемым прослоям. Образование этих горизонтов связано здесь как с техногенным питанием, так и засыпкой речной сети.

Амплитуды сезонных колебаний уровня грунтовых вод на территории высокого правобережья р Москвы изменяются от 2 до 4 м, за исключением зон, где картина изменения уровней носит явно техногенный характер (величины амплитуд более 5 м).

Изменение урвенной поверхности касимовского водоносного горизонта Изменение урвенной поверхности водоносных пластов верхнекаменноугольных отложений оценить сколь-нибудь подробно очень сложно из-за отсутствия необходимых данных. Отсутствие сведений объясняется еще и тем, что вначале касимовский водоносный горизонт воспринимался как единый, о чем свидетельствовала небольшая разница в напорах отдельных водоносных пластов. Так, по данным А. А. Гаврюхиной (Гаврюхина, 1959), статические уровни водоносных пластов верхнего карбона отличались всего на 1–3 метра при снижении напоров сверху вниз.

Имеющиеся данные показывают, что в районе Ленинградского шоссе уровни перхуровской толщи снизились на 25 м, а ратмировской — на 33 м. В районе б. Бутырского хутора уровни измайловской толщи снизились на 10 м, перхуровской — на 15–20 м, а ратмировской — на 27 м. В районе Лионозова, близ слияния рр Язуы и Чермянки, уровни перхуровской толщи снизились примерно на 10–15 м, а ратмировской — на 25 м. Аналогично, в районе Сокольников, разница в напорах этих толщ составила 15 и 22 м по сравнению с прежними.

Обращают на себя внимание близкие для всех районов величины снижения уровней для двух нижних водоносных пластов каменноугольных отложений. Характерно также и то, что разница в уровнях их увеличилась по сравнению с первоначальным положением.

Оценить изменение питания и разгрузки подземных вод касимовского водоносного горизонта тоже весьма сложно даже на качественном уровне, вследствие явного недостатка данных. Тем не менее, если считать вслед за Б. М. Даньшиным (Даньшин, 1928), что в естественных условиях касимовский горизонт имел в зоне развития песчаных террас р. Москвы область питания и разгружался на северо-востоке, частично дренируясь в местную гидрографическую сеть, то следует отметить, что такая обстановка в целом сохранилась. Изменения же условий питания и разгрузки заключается в усилении последней за счет работы водозаборов на северо-восточных окраинах города и, главным образом, за его пределами.

В частности, поток подземных вод верхнекаменноугольных отложений, формировавшийся на правобережье р. Москвы в настоящее время перехвачен водозаборами, эксплуатирующими мячковско-подольский водоносный горизонт (рис. 3.19). Дренирующая же роль р. Яузы и ее притоков на севере городской территории, наоборот, уменьшилась, особенно для нижних водоносных пластов горизонта вследствие общего снижения его поверхности.

Изменение урвенной поверхности мячковско-подольского водоносного горизонта

Первоначальная пьезометрическая поверхность (1890–1900 гг.) мячковско-подольского водоносного горизонта снижалась в юго-восточном направлении (рис. 3.19). Мячковско-подольский водоносный горизонт был повсеместно напорным. Величина напора над кровлей водоносного горизонта в целом увеличивалась в северо-восточном направлении, составляя 30–50 м на юго-западе, 50–70 м — на северо-востоке территории г. Москвы. На отдельных участках доюрской долины на юге г. Москвы величина напора над кровлей мячковско-подольского водоносного горизонта составляла величину порядка 70–80 м. Разгрузка горизонта повсеместно происходила в р. Москву.

С начала интенсивной эксплуатации мячковско-подольского водоносного горизонта (1890–1900 гг.) по 1978 г. его урвенная поверхность претерпела значительные изменения. В результате влияния откачек для целей технического водоснабжения на территории г. Москвы повсеместно произошла существенная сработка напоров мячковско-подольского водоносного горизонта в пределах от 20–25 м до 70–75 м. На схеме изменения урвенной поверхности мячковско-подольского водоносного горизонта (рис. 3.19) видно, что наименьшая сработка напоров отмечается в зоне, протягивающейся по долине р. Москвы. Здесь урвенная поверхность горизонта понизилась относительно первоначальной на величину порядка 20–40 м. В районе долины р. Москвы, примерно с конца 50-х годов по 1963–64 гг., изменения урвенной поверхности мячковско-подольского водоносного горизонта становятся более значительными. Если за период с 1890–1900 гг. по 1958–1959 гг. сработка напора горизонта на отдельных участках в районе долины р. Москвы составляла величину порядка 25–30 м, то за 5 последующих лет урвенная поверхность понизилась на величину около 20 м (рис. 3.19). С 1963–64 гг. в целом в долине р. Москвы устанавливается стационарный режим с колебаниями уровней подземных вод мячковско-подольского водоносного горизонта до 5 м. К северу и к югу от долины р. Москвы урвенная поверхность мячковско-подольского водоносного горизонта испытывает постоянную тенденцию к снижению до начала 90-х годов. Динамика уровня во времени в основном определяется режимом водоотбора. Он преимущественно снижается до 1986 г. когда водоотбор был максимальным, и повышается в последующее время. На этом

Масштаб 1:500000

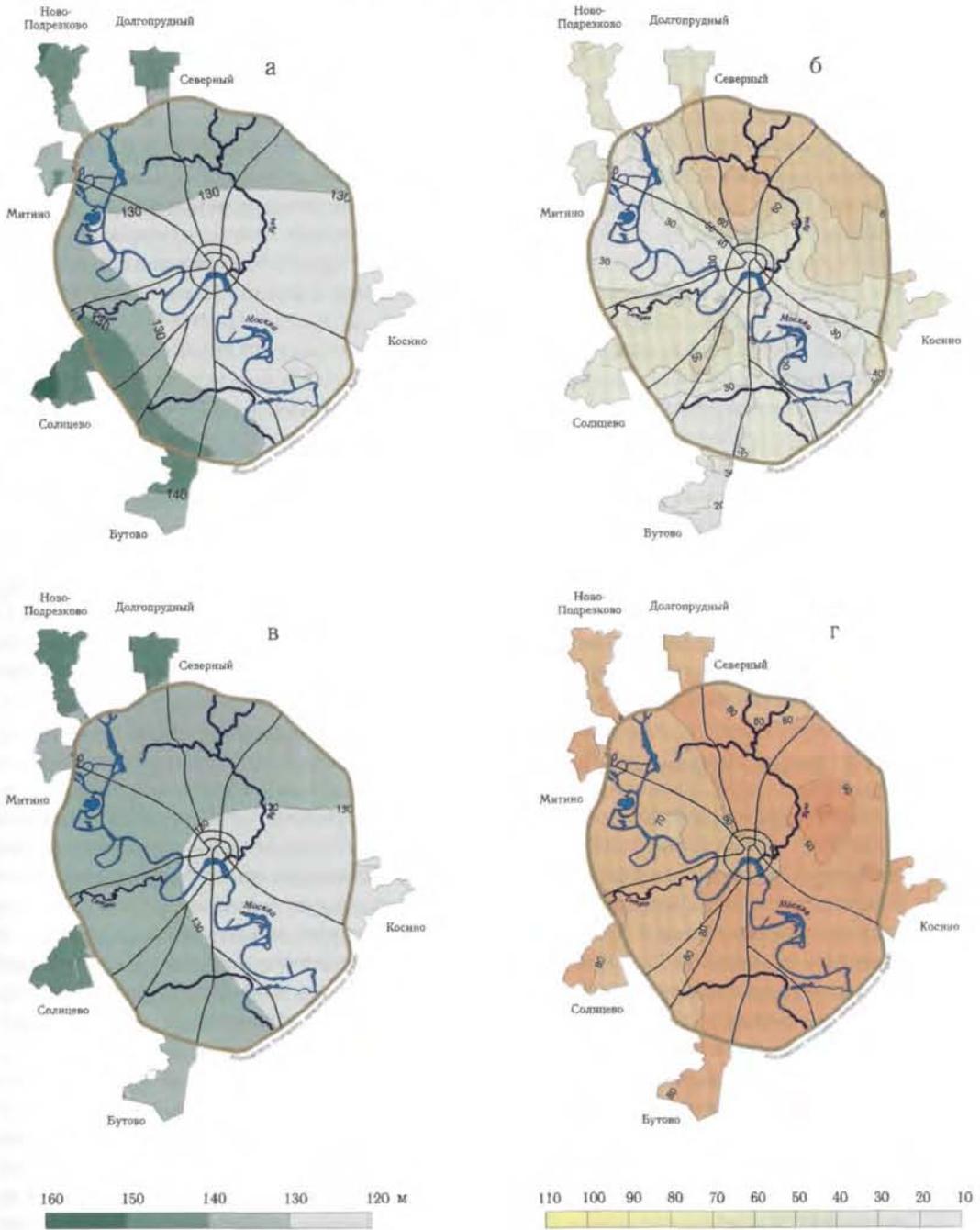


Рис 3 19 Карты гидроизопьез в естественных условиях (а в) и снижения уровня (б,г) соответственно в мячковско-подольском и протвинско окском водоносных горизонтах

общем фоне имеются локальные области, где изменение уровня связано с работой отдельных водозаборов.

За период многолетней эксплуатации водоносного горизонта изменились условия его питания и разгрузки. Теперь его питание происходит преимущественно в долине р.Москвы там, где раньше он разгружался. При этом практически единственной отрицательной статьей баланса является водоотбор скважинами.

Изменение урвеной поверхности протвинско-окского водоносного комплекса. За период длительной эксплуатации протвинско-окского водоносного комплекса как в Москве, так и в Московской области его пьезометрическая поверхность существенно понизилась (рис.3.19). Наибольшие величины сработки напора отмечаются в районах крупных водозаборов в восточной части территории г.Москвы, где сосредоточены крупные промышленные предприятия, например, в районе Павелецкого вокзала, шоссе Энтузиастов сработка напоров с 1893 по 1978 г. составляет величину более 115 м. В центре города сработка напоров протвинско-окского водоносного комплекса составляет величину порядка 95–105 м. На некоторых участках по р.Сетуни и ее притокам пьезометрическая поверхность изменилась с 1893 г. по 1978 г. на 100 м и более. На юге территории г.Москвы в районе МКАД отмечается значительное снижение пьезометрической поверхности до 100 м, по-видимому, в большей степени связанное с влиянием крупных водозаборов Московской области. На остальной территории г.Москвы изменение пьезометрической поверхности протвинско-окского водоносного комплекса составляет величину порядка 80–90 м. Анализ изменения пьезометрической поверхности во времени показывает, что существует тенденция к неравномерному, но неуклонному снижению уровней подземных вод. На 1958–59 гг. сработка напоров водоносного комплекса составляла величину 20–30 м относительно первоначального положения урвеной поверхности. С 1958–59 гг. снижение происходило значительно большими темпами.

3.3.3. Баланс подземных вод

Динамика урвеной поверхности водоносных горизонтов мезозой-кайнозойских и каменноугольных отложений свидетельствует о существенных изменениях условий их питания и разгрузки, происшедших в процессе инженерно-хозяйственного освоения территории города. Количественная их оценка прямыми методами из-за недостатка данных затруднительна и потому дается ниже на основании математического моделирования (см. таблицу 3.3). Техногенное воздействие привело к коренной перестройке баланса подземных вод всей верхней зоны (зоны пресных вод). Она проявилась прежде всего в полной инверсии разгрузки каменноугольных водоносных горизонтов в реки, которые стали питающими для подземных вод.

Во вторых произошло увеличение питания грунтовых вод за счет техногенных факторов на водораздельных освоенных участках территории г.Москвы. Соответственно увеличилось питание и нижележащих водоносных горизонтов мезозой-кайнозойских отложений, о чем свидетельствуют обширные зоны вновь образованных водоносных горизонтов на юге территории города, а также подъем поверхности грунтовых вод на значительных ее участках. Увеличение питания подземных вод на водораздельных пространствах сопровождается некоторым ухудшением их дренированности, обусловленным засыпкой мелких ручьев, рек, оврагов при проведении планировочных работ.

Таблица 3.3

**Изменение структуры баланса подземных вод
в результате техногенного воздействия в пределах МКАД**

Статьи баланса	Естественные условия		Современные условия города	
	%	тыс куб м/сут	%	тыс куб м/сут
ПРИХОД				
Инфильтрационное питание	53	250	41	470
Приток из рек	0	0	45	507
Приток из нижележащих горизонтов	14	65	4	45
Приток от границ городской территории	33	153	10	113
Всего	100	468	100	1135
РАСХОД				
Водоотбор и водоотлив	0	0	63	716
Отток в реки	86	400	27	306
Отток через границы	14	68	10	113
Всего	100	468	100	1135

В долине р Москвы и ее крупных притоков разгрузка грунтовых и подземных вод нижнего водоносного пласта четвертичных и мезозойских отложениях в поверхностные водоотводы в целом, по-видимому, значительно уменьшилась за счет перевода их части на питание интенсивно эксплуатирующихся водозаборов водоносных горизонтов каменноугольных отложениях. Это происходит, в большей степени, в зоне размытия разделяющих водоносные горизонты водоупоров и, в меньшей степени, осуществляется повсеместно на территории города, путем перетекания через келловей-оксфордские глины.

Представляется вполне ясным, что техногенное усиление питания подземных вод мезозойско-кайнозойских отложений в существенной степени компенсируется техногенным же усилением их разгрузки (водоотбором), что и определяет относительно стационарное положение уровня поверхности на большей части города к настоящему времени. При этом суммарное изменение величины разгрузки этих водоносных горизонтов в реки и водозаборные сооружения должна быть такого же порядка, что и величина дополнительного питания.

Если для водоносных горизонтов мезозойско-кайнозойских и верхнекаменноугольных отложений в большей или меньшей степени сохранились черты природных условий питания и разгрузки подземных вод, то для мячковско-подольского горизонта они изменились кардинально. Основным в этих изменениях является то, что на территории города произошла инверсия местной области разгрузки этого горизонта. Если ранее он разгружался в р Москву (первые водозаборные скважины, пробуренные на этот горизонт на абсолютных отметках 120–130 м, давали самоизлив), то теперь р Москва является областью питания водоносного горизонта, а область его разгрузки имеет техногенный характер и располагается в южной и северной частях города, определяясь водоотбором.

Протвинско-окский водоносный комплекс в пределах города является типичным фрагментом обширной зоны техногенной разгрузки (за счет водоотбора) подземных вод, характерной для относительно изолированного пласта и значительно удаленной от областей питания. Как следует из анализа изменений уровенной поверхности комплекса, достоверность сколь-нибудь значительного усиления его питания за счет перетекания из вышележащих водоносных горизонтов весьма проблематична.

Питание протвинско-окского водоносного комплекса из ниже лежащих горизонтов по величине явно незначительно, однако оно способно менять химический состав подземных вод на отдельных участках территории г Москвы.

Основные черты гидрохимии подземных вод верхней зоны рассмотрены выше в разделе 3.2, поэтому здесь уместно лишь отметить основные изменения в условиях формирования качества воды, которые связаны с техногенным воздействием.

Закономерности перестройки гидрогеохимической обстановки водоносных горизонтов мезокайнозойских и каменноугольных отложений связаны с изменением условий их питания и разгрузки, что само по себе представляется ясным, если иметь в виду техногенное происхождение вод, идущих на дополнительное питание водоносных горизонтов и существенную роль техногенной разгрузки в движении загрязненных подземных вод.

Если касаться одного из главных аспектов изменений гидрогеохимической обстановки, а именно изменения химического состава подземных вод, то следует отметить наиболее сильное их проявление для мезозой-кайнозойских водоносных горизонтов, в первую очередь — для грунтовых вод.

Как следует из анализа имеющихся материалов, наиболее сильным изменениям грунтовые воды подвергались на территории промышленных районов, а наименьшим — в районах лесопарков, где грунтовые воды по составу весьма близки к фоновым, распространенным за пределами территории г Москвы.

Промышленные районы характеризуются наибольшим диапазоном изменений по существу всех ингредиентов химического состава и физико-химических показателей. Этот диапазон снижается для санитарных районов и становится весьма узким для лесопарков. Это обстоятельство свидетельствует о степени разнообразия типов грунтовых вод, распространенных в пределах выделенных районов, что может в первом приближении служить критерием изменчивости их химического состава.

Аналогичными признаками изменений обладают и подземные воды каменноугольных отложений в том случае, если условия взаимосвязи водоносных горизонтов между собой обуславливают проникновение загрязненных грунтовых вод в эти горизонты вместе с маломинерализованными водами р Москвы. Действительно, сопоставление диапазонов изменения показателей химического состава вод водоносных горизонтов каменноугольных отложений, слабоизмененных техногенезом (Гаврюхина, 1959), и вод, распространенных в пределах зоны повышенной их минерализации, также показывает большие диапазоны изменений компонентов химического состава в последнем случае. При этом наименьшие изменения претерпели подземные воды протвинско-окского водоносного комплекса, сохранившие свой исходный тип.

Отмеченные изменения в режиме, балансе и качестве воды относятся к верхней зоне распространения пресных вод и практически не затрагивают зону слабоминерализованных вод и рассолов вследствие надежной изоляции глубоководоносных горизонтов слабопроницаемыми глинистыми слоями. Изменения, происшедшие в этих горизонтах, обусловлены отбором воды для различных целей и проявляются исключительно в снижении их напоров, о чем подробнее будет рассказано в главе 6.

Глава 4.

Геологические процессы и явления

«Геология учит нас заглядывать в глубь времен и помогает объяснить изменения земной поверхности теми процессами, которые совершаются на наших глазах постоянно. Геология учит нас оторвать открытыми глазами на окружающую природу и понимать историю ее развития»

Академик В.А. Обручев

На протяжении длительной истории геологического развития на территории г.Москвы зарождались и продолжают развиваться различные геологические процессы и явления. По своей природе они разделяются на две большие группы: процессы внутренней геодинамики или эндогенные процессы и процессы внешней геодинамики или экзогенные процессы. Разделение геологических процессов на внутренние и внешние носит условный характер, так как между ними имеется тесное взаимодействие.

Среди геологических процессов одни проявляются эпизодически, протекают очень бурно и приводят к катастрофическим последствиям (землетрясения, провалы, оползни), хотя их скрытая подготовка в земной коре может происходить в течение длительного времени. Другие развиваются медленно и постоянно (суффозия, карст, денудация, аккумуляция). Часть геологических процессов фиксируется ощущениями и чувствительными приборами (землетрясения, оседания земной поверхности, разуплотнение пород за счет растворения и суффозии). Другие процессы (оползни, провалы) обнаруживаются визуально.

На территории г.Москвы наибольшее распространение имеют такие геологические процессы, как современные геодинамические движения земной коры, землетрясения, плоскостная, овражная и речная эрозия, заболачивание, карст и суффозия, оползни.

Ниже будут рассмотрены особенности развития геологических процессов, которые прямо или косвенно оказывают влияние на безопасность населения и инфраструктуру города.

4.1. Современные движения земной коры

Активность движений земной коры в прошлые геологические эпохи, как видно из данных, приведенных в гл.2, зафиксирована в рельефе древних разновозрастных осадочных пород, занимавших при своем формировании горизонтальное (или почти горизонтальное) положение. Теперь же такое расположение осадочных пород нарушено и отдельные их части находятся на существенно разных глубинах. Это говорит о том, что некогда единая поверхность в промежуток между моментом ее формирования и настоящим временем претерпела вертикальное смещение на разные величины.

В этом разделе приведены данные, свидетельствующие о том, что движения земной поверхности, в том числе тектонической природы, происходят и сейчас. Этот вывод следует из анализа результатов повторных геодезических измерений, представлен-

ных на карте в виде линий равных скоростей современных вертикальных движений земной коры Москвы и ее окрестностей (рис.4.1). Данные для составления этой карты взяты из отчета (Петренко С.И., 1988).

Основными исходными материалами явились результаты нивелирований I класса, выполненные в 1957 году Мосгоргеотрестом (исходное нивелирование) и в 1977–1980 гг. Московским аэрогеодезическим предприятием (МАГП) (повторное нивелирование). Нивелирная сеть I класса на территории Москвы и ее Лесопаркового защитного пояса (ЛПЗП) закреплена на местности более чем сотней реперов различной конструкции (Евтютов А.П., 1960):

- глубинными или вековыми реперами, основания которых закреплены в известняках каменноугольного возраста, т.е. расположены на глубинах в десятки и более метров. Самый глубокий репер заложен возле МГУ на глубине 129,9 м от поверхности;
- фундаментальными реперами с глубиной закладки 2,5 м;
- стенными марками, заложенными в прочных, устоявшихся зданиях.

При использовании геодезического метода для изучения современных движений земной коры глубина закладки реперов имеет принципиальное значение в силу следующих причин.

Разнообразного типа экзогенные процессы, охватывающие самые верхние слои земной коры, могут порождать (и порождают в действительности) значительные как обратимые, так и необратимые деформации и смещения в этих слоях, и поэтому при изучении тектонических движений геодезическими методами они являются помехами, которые необходимо исключать. Так как влияние экзогенных процессов быстро уменьшается с глубиной, то в общем случае наиболее надежными, наиболее устойчивыми против этих влияний являются геодезические пункты, основания которых заложены достаточно глубоко. Глубины закладки пунктов в стандартных геодезических сетях составляют 1,5–4 м, что считается достаточным. Однако в местах интенсивной хозяйственной деятельности, например, в больших городах, существенные смещения и деформации в поверхностном слое Земли происходят не только из-за природных экзогенных процессов, но и их-за возникающих в результате этой деятельности искусственно вызванных экзогенных процессов, получивших название техногенных или антропогенных. Создаваемая городами дополнительная нагрузка на земную кору, откачка подземных вод и многое другое порождают, как правило, необратимые оседания земной поверхности.

По масштабу площади техногенного воздействия можно разделить на локальные и региональные. Так, например, смещения земной поверхности, порождаемые различными подземными работами, производимыми на глубинах до нескольких десятков метров, можно отнести к разряду локальных. В то же время достаточно регулярное прогибание значительных по площади участков земной поверхности, возникающее из-за интенсивной длительной откачки подземных вод с больших глубин и на площадях в первые тысячи квадратных километров, вполне резонно отнести к разряду региональных. Такие прогибы земной поверхности известны под названием муть оседания или депрессионных воронок.

Каждый крупный город порождает муть оседания, по площади значительно превышающую его собственную территорию. Так, полный диаметр муть оседания Москвы составляет около 100 км, диаметр изолинии – 2 мм/год равен примерно 70 км, а изолиния – 3 мм/год практически совпадает с границей Москвы (Карта...1986)¹.

¹ Карта современных вертикальных движений земной коры на территории Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Румынии, СССР (Европейская часть), Чехословакии Масштаб 1:2 500 000 1986

После высказанных замечаний вернемся к вопросу о необходимых глубинах закладки реперов, при которых они могут рассматриваться в качестве датчиков тектонических движений. Практика использования государственных нивелирных сетей для составления карт современных вертикальных движений земной коры позволяет сделать вывод о том, что на территориях с малым техногенным воздействием (или вообще без него), т.е. там, где имеют место лишь природные экзогенные процессы, основания реперов достаточно заглублять лишь на несколько метров. На территориях же с существенным техногенным воздействием, особенно с интенсивным подземным строительством, необходимо использовать более глубокие реперы. В этом случае, очевидно, можно считать приемлемым следующий принцип: глубина закладки реперов должна быть не менее глубины проникновения активной хозяйственной деятельности.

Можно полагать, что начало использованию этого принципа в Москве было положено в начале пятидесятых годов, когда городскую нивелирную сеть I класса с целью ее долговременной сохранности в качестве надежной высотной основы, по-видимому, впервые в мировой практике оснастили глубинными или вековыми реперами. Было создано 19 реперов, основания которых закрепили в известняках каменноугольного возраста на глубинах от 16 до 130 м. Закладке каждого репера предшествовал тщательный выбор его местоположения, которое должно было обеспечить его максимальную устойчивость против любых экзогенных и локальных техногенных процессов. Талантливость и дальновидность творцов этого проекта вызывает восхищение.

Однако глубина закладки и этих реперов недостаточна для исключения техногенного воздействия регионального масштаба, обусловленного все возрастающей общей нагрузкой города на земную кору, в частности, интенсивной откачкой подземных вод. Дело в том, что исключить или существенно ослабить влияние на результаты нивелирования это техногенное воздействие можно лишь с помощью реперов, основания которых будут расположены независимо и ниже подошвы наиболее глубокого из интенсивно эксплуатируемых водоносных горизонтов. В Московском регионе откачка воды ведется из водоносных горизонтов каменноугольного возраста. Подошва самого глубокого из них, включающего отложения окской свиты и серпуховского яруса нижнего карбона, залегает на значительных глубинах — до 300 м.

В настоящее время скорость мульды оседания природно-техногенного происхождения оценивается лишь косвенно по данным региональных повторных нивелирований (Карта... 1986). Для территории Москвы она составляет примерно 3 мм/год.

Итак, с целью создания надежной высотной основы в Москве к 1957 г. была заложена соответственно размещенная сеть глубинных и фундаментальных реперов. Московская нивелирная сеть I класса включает, кроме 19 глубинных, 45 фундаментальных реперов. Помимо этих реперов в нивелирную сеть были включены 46 наиболее устойчивых ственных марок. Эта сеть состоит из трех концентрических окружностей: Садовое кольцо, Окружная железная дорога и граница ЛПЗП, соединенных между собой радиальными ходами. Общее протяжение нивелирных ходов сети составляло около шестисот километров.

Несмотря на тщательный выбор местоположения всех реперов и марок, анализ результатов повторного нивелирования показал, что не все они оказались достаточно устойчивыми против экзогенных и локальных техногенных воздействий. Урбанизация постепенно оставляет в Москве все меньше участков земной поверхности, неподверженных этим влияниям.

В качестве критерия устойчивости геодезических знаков была использована модель движения групп пунктов, т.е. блоковая модель (Петренко С.И., 1988). Устойчивые знаки были собраны в группы по принципу равных скоростей. Машинная обработка данных позволила выделить 64 устойчивых пункта. 18 глубинных, 28 фундаментальных реперов и 18 ственных марок

При использовании геодезического метода для изучения современных движений земной поверхности принципиальное значение имеет вопрос исходного начала: одного репера или нескольких, относительно которого (которых) определяются вертикальные смещения остальных пунктов нивелирной сети. Анализ устойчивости реперов показал, что наибольшей стабильностью относительно друг друга отличается группа из трех глубинных реперов: около МГУ, в Нагатино и в д. Жилино (вблизи Люберец). При уравнивании рассматриваемой сети именно эти три репера были взяты в качестве исходных.

Существенным также является вопрос выбора скорости смещения исходных пунктов. Выше отмечалось, что, согласно Карте.. (1986), территория Москвы относительно уровня Балтийского моря испытывает устойчивое опускание со скоростью 3 мм/год. Это, конечно, не «чистая» тектоническая скорость, но так как на исследуемой территории она имеет региональный фоновый характер, то мы и приняли ее в качестве скорости смещения исходной системы реперов

Отличительной особенностью геодезического метода является то, что он по своей сути способен фиксировать различные проявления только активной тектоники, и поэтому с его помощью можно исследовать лишь современное тектоническое деление территории и определять количественные характеристики современных полей смещений и деформаций различных тектонических структур. Предложенная карта (рис. 4.1) показывает лишь «геодезическую» дифференциацию территории Москвы, которая имеет, по-видимому, тектоническую природу. По этим данным здесь выделяются пять блоков: I – Центральный, II – Южный (Теплостанский), III – Северо-Западный (Дедовский), IV – Северный (Лобненский), V – Северо-Восточный (Абрамцевский).

Анализ пространственного распределения скоростей позволил сделать вывод о том, что Южный блок испытывает наименьшие опускания. По отношению к нему остальные блоки опускаются с разными скоростями. Наибольшую скорость опускания имеет Северо-восточный блок – до 2 мм/год. Скорость опускания Центрального блока составляет около $-0,5 - 1,0$ мм/год. Скорости опускания Западного и Северного блоков менее одного миллиметра.

Ступенчатое увеличение скорости опускания с юго-запада на северо-восток можно рассматривать в качестве признака, свидетельствующего об определенном наследовании современными деформациями общего уклона юго-западного крыла древней Московской синеклизы и его ступенчатого строения, отмеченного в залегании каменноугольных отложений (см. гл.2). Хотя для подтверждения этого предположения территория Москвы недостаточна.

Более достоверным и заслуживающим внимания фактом является определенное соответствие блоков, намеченных по данным повторного нивелирования (рис.4.1), неотектоническим и отчасти более древним структурам (см. гл.2). Прежде всего это касается Центрального блока, который по знаку движений (относительное поднятие) и по конфигурации в общем соответствует Центрально-Московскому поднятию, начало развития которого фиксируется, как отмечалось в гл. 2-й, уже в карбоне и которое достаточно хорошо проявлялось и в последующие времена. В поле современных

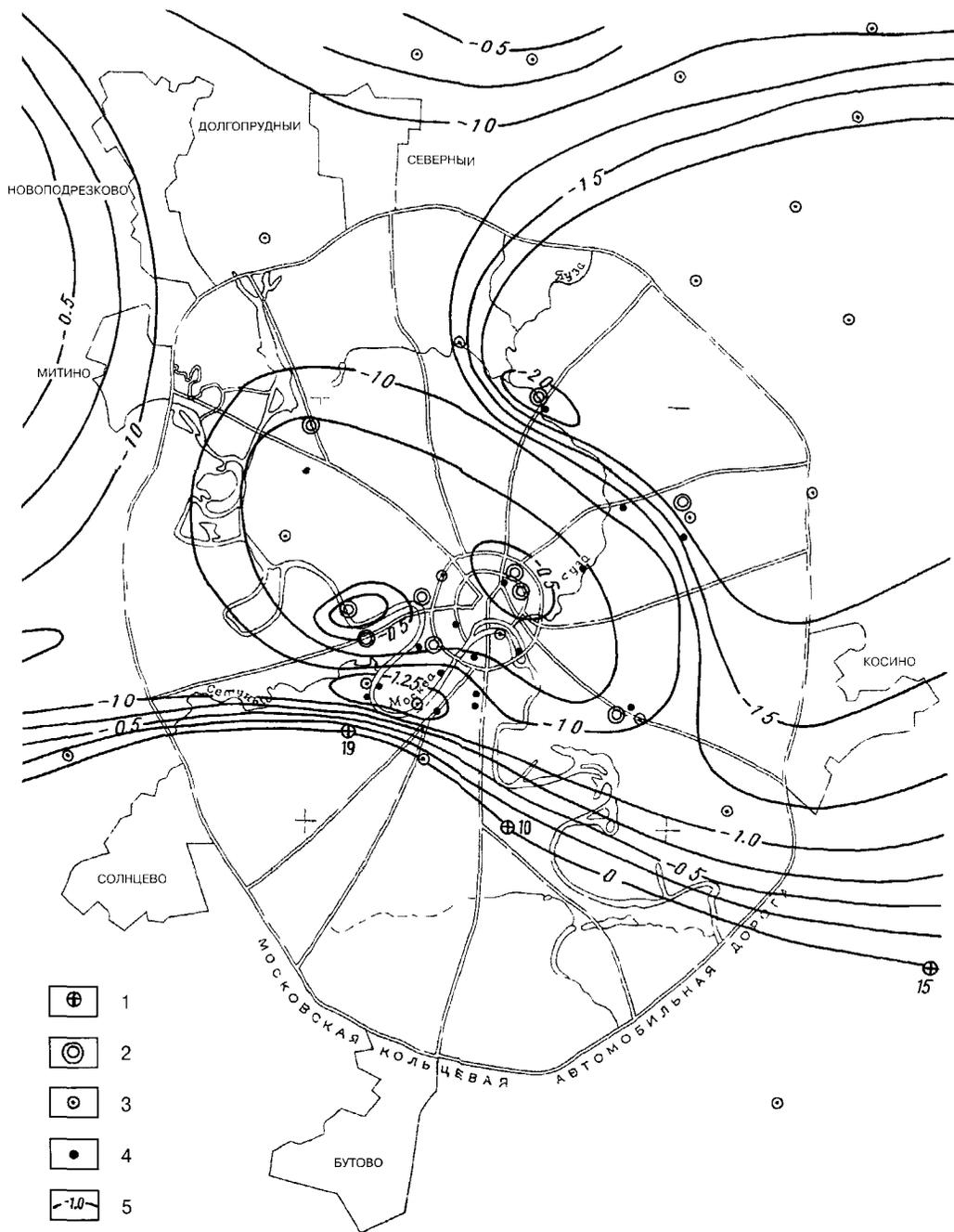


Рис 4 1 Карта скоростей современных тектонических вертикальных движений земной коры Москвы и окрестностей (И Б Карасик, В.И Макаров, А К Левнев)

1 – исходный репер, 2 – глубинный репер, 3 – фундаментальный репер, 4 – стенная марка, 5 – изолиния скорости, мм/год

движений это поднятие распространяется юго-восточнее Яузы, что делает его в этом отношении наиболее близким к контурам досреднеюрского рельефа

Теплостанский «геодезический» блок в общем близок неотектоническому, хотя в данном случае речь идет лишь о его северной границе — для остальной части блока данных практически нет. Западная часть этой границы, которая в поле скоростей современных движений проявлена как высокоградиентная зона, близка к дочетвертичной ложбине пра-Сетуни и к Сетунской зоне, разделяющим Кунцевское и Теплостанское поднятия Юго-Западного сегмента Москвы. Но восточнее эта градиентная зона уже не обнаруживает такого соответствия с погребенной дочетвертичной же ложбиной Москвы-реки, смещена далеко на север от Главной Московской ложбины доюрского рельефа.

В целом можно говорить о некоторой качественной близости рассматриваемой градиентной зоны с флексурой в отложениях карбона (рис 2.8). Пространственно они наиболее близки, хотя не совпадают, сближаясь лишь на юго-востоке города, и характеризуются структурным подобием — относительно высокоградиентным снижением поверхности в северном направлении.

Поскольку связям деформации приповерхностных слоев со структурами (разломами) докембрийского фундамента традиционно уделяется особое внимание, отметим, что рассматриваемая зона повышенных градиентов изменения скорости современных вертикальных движений земной поверхности никак не соответствует Павлово-Посадскому разлому основания — они имеют разное простираение, пересекаясь в районе Нагатино, и имеют противоположные знак смещения. В первом случае южное крыло поднято, во втором — опущено.

Аномальной представляется зона относительно высоких значений скоростей современных *нисходящих* движений (до $-1,25 - -1,5$ мм/год), предполагаемая на месте Кунцевского или Кунцевско-Одинцовского блока. Это — высоко *подняты* водораздел Сетуни и Москвы, в осевой части которого над урезом воды, поймы и надпойменной террасы обнажены коренные (дочетвертичные) слои. В дочетвертичном рельефе это также поднятая зона, в структуре палеозойских отложений — антиклинальный выступ с рядом локальных поднятий. Лишь в рельефе досреднеюрской поверхности вдоль этой зоны указана погребенная эрозионная ложбина (рис 2.9) которая, по-видимому, была наследована локальным понижением в структуре средне- и верхнеюрских отложениях (рис 2.10). Недостаток данных повторного нивелирования не позволяет делать здесь какие-либо далеко идущие заключения.

Можно высказать предположение, что зона современных опусканий действительно имеет место, но она смещена севернее, в зону современной долины р. Москвы, которая является частью Рублевско-Верхнеяузской неотектонической зоны относительных опусканий и которая наследует Рублевскую ложбину досреднеюрского рельефа.

Северо-Восточный блок, соответствуя в целом контурам Лосиноостровско-Измайловского неотектонического *поднятия* (во всяком случае, в пределах территории Москвы), не отвечает ему по направленности движения. Как указывалось выше, этот блок характеризуется наибольшими, в пределах рассматриваемой территории, скоростями *нисходящих* движений. Природа и устойчивость во времени этих движений при их очевидной локализации остаются непонятными и требуют дополнительных данных не только по повторяемости измерения, но и по более плотной сети пунктов измерений.

Также проблематичной является природа границ Северо-Восточного блока. На юго-западе эта граница приурочена к среднему участку долины Яузы достаточно хорошо согласуясь здесь со структурно-геоморфологической границей между Центрально-Московским и Лосиноостровским поднятиями. Но если в последнем случае эта граница имеет характер асимметричной структурной ложбины, то в поле скоростей современных движений она представляет основание склона Центрально-Московского свода, переходящего далее на восток в плоскую равнину некоторой структурной чашки, обращенной относительно Лосиноостровско-Измайловского поднятия.

Северная высокоградиентная граница Северо-Восточного блока по своему положению и простираению близка к Рублевско-Верхнеяузской неотектонической зоне ограничивающей с юга обширное поднятие Смоленско-Дмитровско-Ветлужского вала.

Северо-Западный и Северный «геодезические» блоки или поля современных движений намечены лишь в самых общих чертах. Они принадлежат Смоленско-Дмитровско-Ветлужской области неотектонических поднятий и в этом отношении вполне ей соответствуют.

Приведенные здесь результаты геодезического изучения современной тектонической активности участка земной коры, на котором располагается Москва с окрестностями, красноречиво свидетельствует о том, что к тектоническому фактору следует относиться с должным вниманием и на этой внутриплатформенной территории. Поэтому с полным основанием можно говорить о необходимости развития проектов, нацеленных на осуществление тектонического и геодинамического районирования и мониторинга территории мегаполиса Москвы.

4.2. Землетрясения в Московском регионе

Московский регион (в широком смысле – вместе с прилегающими областями) ранее не подвергался специальным сейсмологическим исследованиям. Он традиционно считается сейсмически безопасным, однако, в последние годы ситуация изменилась. Это связано с несколькими причинами. Резкое увеличение площади московского мегаполиса, повышение этажности зданий вплоть до массового строительства 12–16-этажных домов, использование участков с насыпными грунтами, и в ряде случаев, сильная водонасыщенность грунтов за счет подтопления территории, а также появление под городом разветвленной сети искусственных полостей – вот основные новые факторы, которые сильно повышают сейсмическую уязвимость территории города и ряда пригородов. Кроме того, в разных частях города зафиксированы аварийные ситуации с взрывами, сотрясениями, разрушением зданий и коммуникаций, которые иногда объясняют сейсмическими причинами. Поэтому рассмотрение степени и особенностей сейсмических воздействий в столице актуально, как и оценка сейсмической уязвимости города в его современном виде.

Следует, однако, различать два аспекта вопроса. Один – это определение (уточнение) сейсмического фона на территории региона, что включает определение исходной фоновой балльности в рамках общего сейсмического районирования. Здесь речь идет о максимальных наблюдавшихся сотрясениях в баллах MSK-64 на неизменных грунтах на уровне первого этажа при низком стоянии уровня грунтовых вод (для Москвы это максимально возможные). Другой – это реальная степень сейсмической уязвимости в разных районах города в основном за счет локальных условий, сезонных факторов и разной этажности.

Оценка общей сейсмической опасности Московского региона (как и Восточно-Европейской платформы в целом) состоит из двух частей, а именно: определения сейсмических характеристик удаленных сильных землетрясений и местных землетрясений.

4.2.1. О воздействии удаленных землетрясений в пределах Московского региона

За всю известную письменную историю (около 1000 лет) в Московском регионе сейсмические сотрясения от удаленных землетрясений зафиксированы многократно. Теоретически они могли бы происходить от очагов сильных землетрясений в Скандинавии, от глубокофокусных землетрясений Вранчского очага в Карпатах и от сильнейших коровых землетрясений в разных частях Крыма и запада Средней Азии. Но практически в районе известны сотрясения только от глубокофокусных землетрясений области Вранча в Карпатах, как это уже неоднократно описывалось в литературе. Из землетрясений, произошедших в других регионах, пожалуй, следует упомянуть только Казанджикское землетрясение 1946 г. в Западном Копетдаге, которое отмечалось в Москве несколькими наблюдателями (по-видимому, на высоких этажах). Его интенсивность в городе не превысила 2–3 баллов.

Глубокофокусные Вранчские землетрясения. Известная история этих землетрясений насчитывает почти 1000 лет, что позволяет достаточно определенно считать, что за это время проявились и сильнейшие (максимально возможные) в этом постоянном очаге землетрясения. Практически землетрясения с магнитудой (M) более 7,5 в этом очаге нам не известны, а повторяемость землетрясений с $6,5 \leq M \leq 7,5$ составляет 3–7 событий в столетие (Никонов А.А., 1990)¹.

Одно из последних памятных землетрясений произошло вечером 4 марта 1977 года и ощущалось во многих районах города, в первую очередь на высоких этажах, где колебания достигали 5 баллов, тогда как на уровне земли – 3–4 балла. Например, на 6 этаже (ул. Дм Ульянова) качалась люстра и в дверце шкафа брэнчала связка ключей, а на 12 этаже (близ Зоопарка) человек даже свалился со стула. В башнях высотных зданий люди падали со стульев, то же произошло с охранником на верхнем этаже (под шпилем) высотного здания МГУ на Воробьевых горах (Ефремов Ю.К., 1996)².

Известные Карпатские землетрясения 1977, 1986, 1990 гг., хотя и были сильнейшими и распространялись на обширную область Восточно-Европейской платформы, достигая и Московского региона с интенсивностью 3 и 4 балла, не могут, однако, рассматриваться в качестве максимально возможных. К тому же, именно изучение макросейсмических полей этих землетрясений, наиболее подробно и надежно обоснованных, показывает, что считать закономерности распространения сейсмических волн (затухания) одинаковыми от всех Вранчских землетрясений невозможно. Это заставляет привлекать материал также по более древним, хотя и слабее изученным событиям. Применительно к стоящей задаче мы выбрали несколько сильнейших из известных за последние два столетия Вранчских землетрясений, полагая, что более ранние события не могут быть обеспечены адекватным исходным фактическим материалом и, следовательно, служить надежными и удовлетворительными примерами исходными для последующих расчетов.

¹ Никонов А.А. Сейсмические сотрясения на Русской равнине в XI–XVII вв. // Изв. АН СССР 1990 № 10 С 26–38

Ефремов Ю.К. Цена невежества // Зеленый мир 1996 № 5

Соответственно, ниже последовательно рассматриваются землетрясения 26.X.1802, 23.I.1838 и 10.XI.1940.

Землетрясение 26 октября 1802 года считается сильнейшим глубоководным землетрясением Карпат, отразившимся на Восточно-Европейской платформе (рис.4.2). По новейшим определениям его магнитуда $M=7,5$, а интенсивность вблизи эпицентра (I_0) составила 9 баллов.

Землетрясение ощущалось в самой Москве и близких к ней пунктах: Калуга, Козельск, Тула, Белев, Лихвин, Перемышль (Карамзин Н.М., 1820)¹. Землетрясение проявилось в длинных плавных колебаниях, как это обычно

бывает на Восточно-Европейской платформе, удаленных от очагов возбуждения. Судя по тому, что в Калуге и Козельске звонили колокола (по-видимому, в церквях на возвышениях), сила сотрясения в отдельных пунктах могла составлять до 5 баллов.

Вот как спустя 4 дня описал это событие в Москве Н.М. Карамзин: «4 октября, в исходе второго часа пополудни, мы чувствовали лёгкое землетрясение, которое продолжалось секунд двадцать и состояло в двух ударах или движениях. Оно шло от востока к западу и в некоторых частях города было сильнее, нежели в других: например (сколько можно судить по рассказам) на Трубе, Рождественке и за Яузой. В иных местах его совсем не заметили. Оно не сделало ни малейшего вреда и не оставило никаких следов, кроме того, что в стене одного погребца (в Городской части) оказались трещины, а в другом отверстие в земле, на аршин с окружности.

Удары были чувствительнее в высоких домах; почти во всех качались люстры, в иных столы и стулья. Многие люди, не веря глазам, вообразили, что у них кружится голова. Работники, бывшие на Спасской башне, уверяют, что стены её тряслись. Те, которые шли по улице или ехали, ничего не чувствовали, и большая часть жителей только на другой день узнала, что в Москве было землетрясение» (Карамзин Н.М., 1820).

В Москве сотрясения в целом можно оценить как четырехбалльные, хотя в некоторых местах, скорее всего болотистых, они могли усилиться до 5–6 баллов, так как повредились отдельные строения. Наиболее северный пункт, откуда поступили сооб-

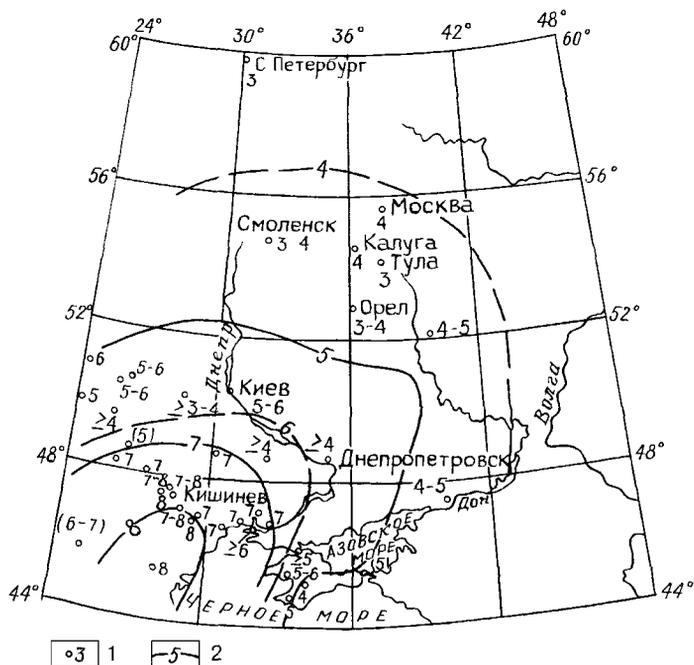


Рис 4.2 Макросейсмические данные о сильнейшем Карпатском землетрясении 26 октября 1802 года (Никонов А.А., 1996) 1 – пункты наблюдений, 2 – изосейсты наблюдений

¹ Карамзин Н.М. О московском землетрясении Соч., т. 9 М., 1820

шения о сотрясениях, это г. Владимир, где они ощущались на крутом левом берегу р.Клязьмы (возможно, с силой 4–5 баллов)

Землетрясение 23 января 1838 года, в отличие от Карпатского землетрясения 1802 года, небогато свидетельствами проявления в Центральной России и в Москве. Однако, оказывается, и оно, будучи более слабым и распространяясь более к северо-востоку, чем к северу от Карпат, дошло до Москвы в виде заметных колебаний. Приведем редкое (видимо, единственное) свидетельство из Москвы.

«11 января 1838 г (старый стиль) в 10-м часу вечера в студенческом общежитии в верхнем этаже старого Университета у стен стояли столики с горевшими свечами. Вдруг столики с горевшими на них свечами стали отодвигаться от стены, а неплотно затворенные двери начали хлопать, что продолжалось секунд около 10. На лицах свидетелей этого явления выразилось молчаливое изумление и только вырвалось у кого-то одно слово: «Землетрясение!». На другой день мы слышали, что в верхних этажах некоторых высоких московских домов в посудных шкафах было перебито немало посуды, а в некоторых стенах верхних этажей образовались трещины» (Павлов А.П., 1903)¹. Судя по этому свидетельству, интенсивность сотрясения на верхних этажах можно оценить в 5 баллов, тогда как на поверхности земли она вряд ли превысила 3 балла, из-за чего и сведений почти не появилось.

Землетрясение 10 ноября 1940 года можно считать хорошо изученным в отношении его макросейсмической характеристики, в том числе и в Европейской России. В Москве сотрясения достигали 3–4 баллов и были замечены во многих местах, практически на всей территории города. (рис. 4.3). На верхних этажах отдельных высоких зданий были даже повреждения в виде осыпания штукатурки, незначительных трещин в стенах, опрокидывания бытовых предметов (5–6 баллов) (Медведев С.В., 1940). Об отголосках землетрясения поступили сведения из таких удаленных пунктов, как Ярославль, Владимир, Ленинград, где сотрясения можно оценить в 2–3 балла.

Пересмотренные данные по сильнейшим на Восточно-Европейской платформе землетрясениям из Карпатского очага позволяют определенно считать, что за последние несколько сотен лет в Московском регионе сотрясения от удаленных землетрясений не превышали 4–5 баллов. Так обстояло дело в 1802 и 1940 гг. Подобной же силы сотрясения до этого были при очень сильном Карпатском землетрясении 1230 г (Никонов А.А., 1984, 1990).

Другой вывод состоит в том, что приход ощутимых сейсмических волн с интенсивностью до 4 баллов на уровне земли возможен только с юго-запада и не наблюдается по другим направлениям. Только два единичных сообщения позволяют считать, что едва ощутимые сотрясения (порядка 2 баллов) могут происходить в Москве от очагов в Средней Азии и на Кавказе. Так, одиночное свидетельство о качании ламп в квартире (этаж неизвестен) относится к Казанджикскому землетрясению 1946 г в Западном Копет-Даге, другое – к среднеазиатскому землетрясению 30.VIII.1902 г. когда примитивные самописцы зафиксировали колебания в подвале Московского Университета (Карточный каталог, 1991)⁴.

¹ Павлов А.П. Землетрясения. М., 1903.

Медведев С.В. О последствиях Карпатских землетрясении 1940 года // Тр. Геофиз. Инст. 1949. Вып. 1.

Никонов А.А. Землетрясения. Прошлое, современность, прогноз. М.: Знание, 1984. 192 с.

Никонов А.А. Сейсмические сотрясения на Русской равнине в XI–XVII вв. // Изв. АН СССР Сер. Физика Земли, 1990. № 11. С. 86–93.

⁴ Карточный каталог землетрясении Восточно-Европейской платформы // Белорусский сейсмологический бюллетень. Вып. № 1. Минск, 1991. С. 21–85.

4.2.2. О местных землетрясениях и сотрясениях

Как справедливо отмечалось еще И В Мушкетовым и А П Орловым (1893), а затем и Г П Горшковым (1949), среди известных сеismических явлений на Восточно-Европейской платформе (а значит и в Москве) многие имели не тектоническое происхождение. Сотрясения не тектонической природы рассмотрены нами отдельно (Никонов А А, 1995) от собственно тектонических землетрясений.

Не тектонические сотрясения земной поверхности могут быть связаны с оползнями, обвалами во внутренних пустотах, разного рода естественными взрывами подземных газов, гидроударами, с падением на землю небесных тел. Но есть еще одна до сих пор не распознаваемая причина местных землетрясений – морозобойные удары.

Так в 1888 г в Москве были отмечены удары. Как их объяснить? Ответ появился после озонакопления с газетными сведениями того времени.

«Сильные морозы (25–30°) вызывают небывалые случаи в Москве в нескольких местах мостовая образовала трещины. При растрескивании земли в местности, прилегающей к Смоленскому рынку, особенно на Поварской, чувствовались толчки в домах, как бы от сильного подземного сотрясения».

«В 7 часов вечера живущие в доме Шмидта на Никитском бульваре были испуганы страшным сотрясением и предположили, что это повторение подземных толчков. Затем только выяснилось, что причиной сотрясения был лопнувший от мороза асфальтовый тротуар».

«Особенность нынешних морозов (27–34°) – сильные сотрясения денои поверхности по ночам, сопровождаемые более или менее глухими звуками. Очень ощутительны были удары с 12 на 13 число. Стены, полы, потолки домов, особенно деревянных, сотряслись так, что колпаки на лампах, посуда, висящие на стенах легкие предметы издавали дребезжание, люди, находившиеся в постелях и на ногах, испытывали порывистое содрогание всего, на чем находились, многие сильно испугались. После этих сотрясений замечено, что не только показались многочисленные трещины на снегу улиц и тротуаров, но потрескались и фундаменты некоторых домов, и места».



Рис 4.3 Пункты с сообщениями о колебаниях зданий в пределах Москвы во время Карпатского землетрясения 10 ноября 1940 г (по Медведеву С В 1949). 1 – пункты наблюдения.

Мушкетов И В, Орлов А П. Каталог землетрясений Российской империи. СПб. 1893. 582 с.
Горшков Г П. Землетрясения на территории Советского Союза. М. Географгиз, 1949. 120 с.
Никонов А А. Нетектонические землетрясения Восточно-Европейской платформы // Природа, 1995. № 10. С. 26–38.

ми разошлись пазы между плитами панельных тротуаров. С 13 на 14 удары были много слабее, однако, и до сего дня появляются трещины на дорогах»

Приведенными сведениями, надо полагать, достаточно, чтобы принять тот факт, что в Москве в декабре 1888 г. имели место локальные поверхностные сотрясения во время сильных морозов. Сила сотрясения в отдельных случаях достигала 5 баллов. Важно, что при этом в искусственных покрытиях и домах возникли трещины, о размерах которых не сообщается. Приуроченность толчков и сотрясений к периоду сильных морозов и преимущественно ночному времени (т.е. времени усиления мороза), и одновременно морозное растрескивание, как и конкретное указание в отдельных случаях на связь толчков с растрескиванием земли, дает основание считать сотрясения морозобойными, т.е. поверхностными, в общем случае никак не связанными с тектонической деятельностью. Сами толчки в указанных пунктах случайны, т.е. за сотни лет не отмечалось их повторения в тех же пунктах.

Мы ставим вопрос о выделении особой группы морозобойных (криогенных) землетрясении (Никонов А.А., 1995). Они возникают в приповерхностном грунтовом слое, по-видимому, на глубине нескольких метров – десятков метров, могут достигать интенсивности, соответствующей 5 баллам, и охватывать ощутимыми сотрясениями площади размером в первые километры.

Ясно, что установление генезиса землетрясении, выделение события (или группы, роя) в категорию не тектонических имеет принципиальное значение и с точки зрения возможности (невозможности) определения (оценки) таких важнейших параметров, как магнитуда, глубина, степень воздействия (спектры, затухание, тип волн) и т.п., и с точки зрения сейсмических корреляции, т.е. в конечном счете, для адекватной оценки сейсмической опасности.

О местных землетрясениях тектонического происхождения. За последние 40 лет, несмотря на резкое увеличение уровня информативности, никаких сведений о местных землетрясениях в Центральном регионе (о Москве речь особо) не поступало.

Местные ощутимые землетрясения тектонического характера в пределах г.Москвы за историческое время также не зафиксированы.

4.2.3. О возможности местных тектонических землетрясений в пределах г.Москвы

Внимательный анализ доступных исторических источников начиная с XI века, т.е. примерно за 900 лет не позволит обнаружить какие-либо сведения, которые можно было бы истолковать как свидетельство локального тектонического землетрясения в пределах Москвы. Это относится к ощутимым, т.е. имеющим интенсивность более 3 баллов событиям. За период инструментальных наблюдений на сейсмических станциях «Кучино» (1924 – 1927), «Москва» (с 1935) и «Обнинск» (с 1967) также не зарегистрировано местных землетрясении в Москве. Это должно означать, что в последние несколько десятилетий здесь не было землетрясений с $M=2$ или даже $M=1,7$. Отсюда несомненно следует, что распространяемое время от времени слухи и публикации об ожидающем Москву сильном сейсмическом толчке, а то и о разрушительном землетрясении, не имеют под собой научных оснований. Здесь не место повторять или даже перечислять подобные публикации, поскольку фактические данные в них практически не приводятся, а если и фигурируют, то относятся к другим явлениям нетектонического характера (взрывы, просадки и др.)

Некоторые авторы полагают, что крупномасштабное воздействие человеческой деятельности на верхние слои пород Московского мегаполиса может породить разрушительные землетрясения в городе (Померанцева И В , Солодилов Л Н , 1994) Однако специалисты-сейсмологи определенно установили, что энергия возбужденных толчков в каком-либо районе не может превысить энергию тех землетрясении которые возникают в нем за счет естественных условия (уровня местного поля напряженности) Это значит, что для Москвы нет оснований допускать возникновение землетрясений с магнитудой выше $M=1,5-2$ Располагаясь в фундаменте на глубине в несколько километров, очаги таких землетрясении не в состоянии возбудить на поверхности ощутимых сотрясений

Конечно, техногенная деятельность на территории столицы (глубокая откачка подземных вод, ситные нагрузки возводимых сооружений, создание обширных подземных полостей и др) ведет к нарушению естественных несущих свойств грунтов способствуя карстовым и суффозионным провалам Возможны локальные скопления и взрывы газов, деформации насыпных грунтов Все эти процессы способны привести и действительно приводят в локальным сотрясениям в поверхностных слоях и в результате за собой деформации сооружений, медленные или мгновенные

При огромных масштабах города и вмешательства в подземную среду эта проблема действительно приобрела важное значение Однако ее надо рассматривать как проблему скорее инженерно-геологическую, чем сейсмическую

Итак, вышеизложенные материалы представляют результат специальной критической переработки исходных материалов по сейсмичности Москвы и Московского региона на основе первоисточников, чего раньше в надлежащем виде не осуществлялось Это дает основание считать что полученные результаты полнее и достовернее отражают реальные фиксированные сейсмические проявления (на уровне ощутимых события) и возможные в будущем события

Рассмотрение удаленных сильных землетрясении за сотни лет (в Карпатах — за 1000 лет) определенно свидетельствует о том, что в Москве ощущаются только глубоководные Карпатские землетрясения Сила сотрясений в столице и окрестностях при этом не превышает 4–5 баллов на земной поверхности, хотя раз в много сотен лет можно допускать и 5–6 балльные сотрясения Редко они возникают парно с интервалом в несколько месяцев, чаще отделены одно от другого десятилетиями

Местные землетрясения в Москве и ближайших окрестностях за всю историю достоверно не зафиксированы, если говорить о собственно тектонических землетрясениях в земной коре Во всяком случае это относится к землетрясениям $M \geq 2$ Точечные микросотрясения за счет морозобойных явлений, взрывов подземных газов и других причин возможны Подобные явления в последние годы фиксируются но их природа остается нерасшифрованной Требуется тщательно поставленные и профессионально выполняемые на новом уровне точности инструментальные наблюдения по специальной программе

На временной схеме сейсмического районирования Европейской части СССР, составленной в 1987 году группой В И Бунэ, И В Ананьина, В Н Крестникова и Д В Штанге и действующей до 1995 года, Московский регион отнесен к зоне максимальных расчетных землетрясении 6 баллов Согласно проведенным исследованиям в рамках общего сейсмического районирования (те в мелком масштабе, для средних

¹ Померанцева И В Солодилов Л Н Влияние техногенной деятельности человека на вынужденную сейсмичность Наведенная сейсмичность М Наука 1994 С 207–219

грунтов и на уровне земной поверхности), столицу можно отнести к зоне 4 или 4–5 баллов, а за максимальный расчетный балл принимать интенсивность 5 (рис 4 4)

Вместе с тем, учитывая столичный характер города чрезвычайную концентрацию населения, наличие опасных производств, крупных подземных полостей, а особенно резко возросшую во второй половине XX века уязвимость жилого фонда и инфраструктуры, после проведения в последующем детального сейсмического районирования и микросейсмораионирования возможно повышение фоновых значений только на 0,5–1 балл

4.3. Денудация и аккумуляция

Рельеф Москвы и Подмоскovie, сформированный, как мы уже показывали в предыдущих главах, под воздействием экзогенных и эндогенных процессов, обычно определяется как денудационно-аккумулятивный, эрозионно-аккумулятивный, эрозионный. Под денудацией понимают совокупность процессов сноса и переноса продуктов выветривания горных пород водой, ветром льдом, непосредственным проявлением силы тяжести. В зависимости от преобладающего фактора среди денудационных процессов выделяют водную

эрозию (овражную и речную), дефляцию, абразию, суффозию и др. Экзогенная аккумуляция – это процесс накопления рыхлого материала минерального происхождения или органических остатков на поверхности Земли. В зависимости от геологического и экзогенного факторов вызывающих аккумуляцию, выделяют следующие ее типы: озерную, речную, ветровую, ледниковую, биогенную.

Денудация и аккумуляция – сопряженные процессы и протекают одновременно. При совместном их проявлении и формируются отрицательные и положительные формы рельефа, увеличивается крутизна склонов и происходит их выполаживание. Возникают овраги и заполняются ложбины, формируются русла и террасы рек.

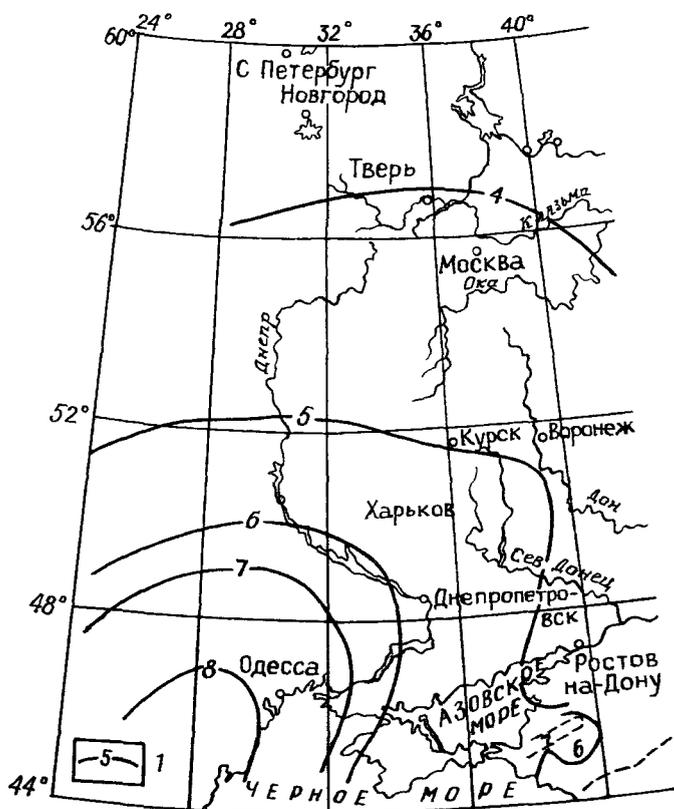


Рис 4 4 Сводная карта максимальных наблюдаемых (за 1000 лет) сотрясений на Русской равнине от удаленных землетрясений в изолиниях балльности (по Никонову А А) 1 – изолинии балльности

и т.д. Образующийся рельеф корректирует скорость и интенсивность комплекса процессов денудации и аккумуляции. Таким образом, между этими процессами и рельефом существует тесная взаимосвязь.

4.3.1. Овражная эрозия

К эрозии относятся те процессы (размыв или смыл текущей водой), в результате которых возникают линейно вытянутые полые формы рельефа — долины, балки, овраги, промоины. Об интенсивности развития овражной эрозии обычно судят по степени заовраженности территории, т.е. по числу эрозионных форм на единицу площади. При этом особое внимание уделяется «молодым» или новым формам. Овражная эрозия развивается наиболее интенсивно на первой стадии рождения оврага, которая занимает 5–10 % от длительности жизни оврага. За это время, как показывают экспериментальные исследования (Косов Б.Ф., Никольская И.И., 1984)¹, проведенные на модели в лаборатории экспериментальной геоморфологии Географического факультета МГУ, формируется 90–95 % всей длины оврага. В дальнейшем скорость роста оврага резко замедляется, и он, без воздействия дополнительных природных, природно-антропогенных и антропогенных (техногенных) факторов, медленно начинает превращаться в балку.

Проводимые с 1958 г. в черте Москвы и с 1978 г. в лесопарковом защитном поясе стационарные и полустационарные исследования в целом подтверждают отмеченные тенденции развития овражной сети. Так, по наблюдениям за малыми эрозионными формами на Теплостанской возвышенности (бассейн р. Чертановки) и в районе ст. Планерная, а также на границе Московской области и Боровского района Калужской области, скорость линейной эрозии составляет от 0 до 15 м в год, обычно равняясь десяткам сантиметров и, реже, первым метрам в год. Более 20 лет изучалась динамика донного вреза в балке в бассейне р. Сходни. Именно в первые годы развития этой новой формы наблюдался рост ее на метры в год, в дальнейшем уменьшаясь до десятков сантиметров в год (Большов С.И., 1986).

Следует отметить, что скорость образования оврага на первых этапах его развития тесно связана с количеством выпавших осадков. На территории Москвы большую роль в линейном росте оврага играет весеннее снеготаяние. Установлена корреляционная связь между скоростью линейного роста вершины донного оврага и запасом воды в снежном покрове (коэффициент корреляции 0,76). Следует заметить, что если водосбор имеет площадь менее 0,1 км² и уклоны 3–4°, то эрозионные процессы на этой территории практически не проявляются (Скоморохов А.И., 1981).

Эрозионные формы на территории Москвы находятся на разных стадиях развития. О стадиях развития оврага можно судить, в первую очередь, по форме продольных профилей тальвегов. Овраги с выработанным, вогнутым продольным профилем — практически «мертвы», в редких случаях отмечается их слабый продолжающийся рост, но не более первых десятков сантиметров в год. Такие эрозионные формы рельефа наиболее характерны для северной и восточной частей города.

Гораздо более активны овраги с еще невыработанным продольным профилем — выпуклым, иногда, к тому же ступенчатым. Их обычная скорость роста, равная десяткам сантиметров в год, отличается сравнительным постоянством. Среди этой группы эрози-

¹ Эрозионные процессы. М.: Мысль, 1984. С. 96–140.

Скоморохов А.И. К развитию форм овражно-балочного рельефа // Изв. АН СССР. Сер. географ. 1981. № 5.

онных врезов максимальный линейный рост наблюдается у оврагов, обладающих наиболее обширной площадью водосбора, особенно, при вытянутой форме водосбора, способствующей концентрации эродирующих вод. Именно эти «удлиненные» овражные формы, водосбором для которых на территории Москвы являются чаще всего древние флювиогляциальные равнины, растут обычно со средней скоростью около 1–1.5 м/год.

Наибольшая заовраженность характерна для южной и западной части Москвы – для Теплостанской возвышенности. Здесь большинство оврагов находятся в стадии зрелости. Свежие овраги развиваются вдоль долин рек Сетуни и Сходни, возникают на обнаженных склонах долин и, в основном, спровоцированы градостроительством.

Антропогенная деятельность может коренным образом изменить режим водотока и, соответственно, морфологию оврага. Тем не менее общая тенденция развития оврага остается прежней: интенсивность овражной эрозии значительно выше на первых этапах развития эрозионной формы.

Рост оврага (линейная эрозия) и формирование эрозионного рельефа всегда сопровождается и другими видами денудации: боковой эрозией, плоскостным смывом, склоновыми процессами (в том числе оплывание и оползание, солифлюкция). Нередко возникновение эрозионной формы начинается с развития суффозии.

В некоторых современных оврагах есть водотоки. Это короткие, но иногда многоводные ручьи, берущие начало от родников. Наиболее водолюбивые ручьи, как правило, связаны с крутым коренным берегом р.Москвы. Это ручьи Крылатского, Фили-Кунцевского лесопарка, Воробьевых гор и Коломенского.

Из ручьев в Крылатском наиболее известен Крылатский ручей в овражно-балочной системе Каменная Клетва, который берет начало от мощного родника Руденская Божья Мать на Крылатских холмах (назван по иконе). Другие ручьи в Крылатском (в низовьях Каменных Зараз, Татарского оврага, оврага Малая Гнилуша) менее значительны.

В Коломенском наиболее известен ручей в Голосовом овраге, получивший в последнее время название Коломенского. Он берет начало от родника Георгия-Победоносца, называемого также Кадочкой. Есть также родник под церковью Вознесения. Ниже Коломенского оврага расположены Дьяковский и ряд других оврагов с ручьями. Все перечисленные овраги находятся в стадии «зрелости».

4.3.2. Речная эрозия и абразия

Речная эрозия является показателем деятельности реки и проявляется наиболее активно на стадии развития и формирования долины. Интенсивность речной эрозии определяется как водностью потока, и следовательно, зависит от климатических и гидрогеологических условий, так и современными тектоническими движениями, изменяющими базис эрозии. Базис эрозии – поверхность, на уровне которой водный поток (река, ручей) теряют свою живую силу, и ниже которой он не может углубить свое русло (ложе). Речная эрозия проявляется в углублении русла (глубинная или донная эрозия) и в размыве берегов склонов (боковая эрозия) и сопровождается переотложением продуктов эрозии – аккумуляцией наносов в русле и на пойме.

Наиболее интенсивную эрозионную работу совершают и текущая вода, и лед во время половодий. Интенсивность эрозии прямо пропорциональна массе воды и квадрату скорости течения. Разрушительные скорости весенних паводков на Москве-реке, при которых начиналась интенсивная эрозия, до сооружения канала им.Москвы составляли в среднем 2.5 м/сек.

Речная эрозия издавна наносила большой ущерб городскому хозяйству. Весенние паводки постоянно размывали песчаные и глинистые берега у сел Хорошово и Воробьево, в Крутицах обвалы береговых отложений засыпали речное дно, речной поток регулярно разрушал береговые сооружения. Максимальное наводнение отмечено в 1908 г., когда скорости весеннего паводка достигали 3,5 м/сек (Котлов Ф.В., 1962; Лихачева Э.А., 1990)¹. После наводнения 1908 г. наблюдалось резкое снижение уровня половодий. Этому способствовали сооружение в верхней части бассейна р. Москвы водохранилищ и прокладка в 1937 г. канала Москва-Волга. Наводнения из-за весеннего паводка создавали и притоки р. Москвы — Яуза и Неглинная.

Одно из самых ранних описаний московского весеннего половодья (1702 г.) находим в книге «Путешествие через Московию» Корнелия де Бруина. «Месяц апрель начался такой резкой теплотою, что лед и снег быстро исчезли. Река от такой внезапной перемены, продолжавшейся сутки, поднялась так высоко, как не запомнят и старики. Мельницы на Яузе все были весьма попорчены; рыбные пруды и низменные места позади домов на далекое пространство были залиты водою, равно как и улицы затоплены, что обыкновенно случается здесь весною, когда тают снега. Немецкая садовода затоплена была до того, что грязь доходила тут под брюхо лошадям.» (Книга в переводе с французского П.П.Барсова была издана «к 200-летию дня рождения Петра Великого» в 1872 г.).

Несмотря на укрепление берегов и гранитные набережные, возведение гидротехнических сооружений у, снизивших интенсивность весеннего половодья, река все еще производит разрушительную работу — подмывает вогнутый берег и накапливает наносы у противоположного, выпуклого берега (рис.4.5).

Созданные водохранилища усложнили структуру речной сети и определили возникновение на территории города еще одного связанного с деятельностью текущей воды — абразии. Абразия — это размыв берегов под действием волн. Такие процессы наблюдаются на берегах Химкинского водохранилища.

4.3.3. Поверхностный сток и смыв

Поверхностный сток, образующийся при выпадении дождей, представляет собой массу потоков воды, растекающуюся по поверхности склона в виде ручейков. Стекающая вода поступает вначале в неровности рельефа, а затем стекает во вновь образующиеся эрозионные борозды. Поверхностные потоки возникают при объеме осадков, превышающем количество воды, необходимое для смачивания растительности и поверхности почвы. Обычно глубина поверхностных потоков изменяется от долей миллиметра до нескольких сантиметров в зависимости от микрорельефа, шероховатости поверхности и других факторов, влияющих на сток. Поверхностный сток осуществляет плоскостную эрозию (плоскостной смыв) и определяется по уровню деградации почвенного слоя.

Территория Москвы относится к зоне умеренно деградированных почв со средним смывом с поверхности 0,7 т/га/год, что соответствует слою почвы, толщиной 0,07 мм/год. Однако это средние показатели и они сильно варьируются в зависимости от механического состава почв, уклона и степени задернованности склона. Так почвы, содержащие более 30–35 % глины, обычно связные и устойчивы к плоскостной эро-

¹ Котлов Ф.В. Изменения природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 263 с.; Лихачева Э.А. О семи холмах Москвы. М.: Наука, 1990. 144 с.



Рис 4 5 Схема оценки территории по степени опасности развития эрозии
 1 – неопасные 2 – относительно опасные 3 – опасные, 4 – эродируемые берега р Москвы

зии. Пески и супеси грубого механического состава характеризуются высокими скоростями инфильтрации, поэтому также слабо эродируют. Поэтому наибольшая эродированность проявляется у почв, имеющих определенное соотношение между песчаными, пылеватыми и глинистыми фракциями.

Увеличение степени плоскостной эрозии обычно наблюдается с ростом крутизны склонов. Однако эта закономерность проявляется не всегда. На крутых и очень крутых склонах плоскостной смыв производит часто меньшую эрозионную работу, так как на его величину оказывают влияние и длина склона, и его экспозиция.

В естественных условиях плоскостной смыв на территории ближайшего Подмосковья практически незаметен. На пахотных землях отмечается активизация процесса во время весеннего снеготаяния. Здесь поверхностная эрозия и поверхностный смыв, как минимум, в два раза больше, чем на задернованных поверхностях.

Наибольшая активность поверхностного смыва отмечается на стройплощадках. На этих территориях, в зависимости от грунтовых условий, времени года, а также от метода строительства, активность механического сноса (поверхностной эрозии) может возрастать 10–40 раз (Горшков С.П., Кондратьева Т.И., 1981)¹. И хотя эта катастрофическая активность носит временный характер, и, как правило, с окончанием строительства прекращается, тем не менее своевременное проведение противоэрозионных мероприятий при строительстве может сократить расходы на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений.

4.3.4. Аккумуляция и заболачивание

На равнинах аккумуляция рыхлого материала обычно происходит в непосредственной близости от денудированных участков. По расчетам И.В. Старостиной в бассейне р.Оки на Русской равнине в средние реки, каковой является и Москва-река, поступает лишь 10 % твердого материала, смываемого и переносимого разными денудационными процессами с площади бассейна. 90 % этого материала задерживается в устьях оврагов и их днищах, в средней и нижней (у подошвы) частях склонов. Часто накопление этих осадков происходит очень быстро: формируется пойма, заиливаются днища озер, прудов, образуются конусы выноса, заболоченные ландшафты.

О заболоченных ландшафтах следует сказать особо, поскольку процессы заболачивания на территории города в настоящее время практически прекращены. Их заменили процессы подтопления, с которыми они тесно связаны. И те и другие процессы не создают каких-либо форм рельефа и часто не определяются современными процессами аккумуляции, но всегда приурочены к местностям с определенными геоморфологическими и гидрогеологическими условиями, сформировавшимися под влиянием процессов денудации и аккумуляции на предыдущем этапе развития рельефа.

Для заболоченных участков характерно постоянное и избыточное увлажнение, вызывающее появление гидрофильной растительности и развитие специфических почвенных процессов. Ход почвообразующих процессов различен и выражается либо в образовании и накоплении торфа (такие болота развиты в верховьях рр. Яузы и Неглинной), либо в чередовании кратковременных периодов формирования торфа и глеевых почв (такие болота были развиты на водораздельных поверхностях в северной ча-

¹ Горшков С.П., Кондратьева Т.И. Земельные ресурсы США, их антропогенное изменение и охрана // Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ. Т. 10. 1981. С. 83–102.

сти Москвы) либо в их образовании (такие болота формируются обычно на пойме при зарастании старичных озер) либо только в развитии процесса оттаивания

На территории Москвы немало мест сохранивших в своем названии память о бывших болотах. Болотная площадь (Болото Великий Туг), Моховая (в память о торге мхом применяемом при строительстве деревянных домов), Козихинский пер. (в память о Козихинском болоте). Крупные болота были ранее на территории нынешней Комсомольской площади и Южного порта (Скуино болото) и Савеловского вокзала на Трубной площади на пойме р. Москвы в Нагатино.

В настоящее время процессы заболачивания имеют естественное (природное) развитие только на окраинах города в Южном Бутово, вокруг Косинских озер и долине р. Пехорки, в долинах рек Сетунь, Сходня.

4.3.5. Районирование территории по степени эрозионной опасности и по интенсивности процессов денудации-аккумуляции

О степени интенсивности и направленности процессов денудации, аккумуляции можно судить по морфометрическим характеристикам рельефа: вертикальной и горизонтальной расчлененности, уклонам поверхности, поскольку эти характеристики рельефа зависят от климата (в частности от количества и интенсивности осадков), степени водопроницаемости пород, характера растительного покрова (задернованности), интенсивности современных тектонических движений Земли и сейсмичности, которые являются своего рода результатом взаимодействия перечисленных факторов.

На территории Москвы выделяются как минимум три типа районов, различающихся по интенсивности и направленности процессов денудации, аккумуляции по степени эрозионной опасности (рис. 4.5).

1 Районы эрозионно неопасные. Практически плоские и слабообнаженные водораздельные поверхности, плоские слабо расчлененные задровые равнины и речные террасы (крутизна склонов не более 3°, глубина и густота расчленения не более 10 м/км и 0,5 м/км соответственно). Здесь проявляется слабая и очень слабая денудация за счет плоскостного смыва и сиффозии, отмечаются благоприятные условия для развития заболачивания.

2 Районы относительно эрозионноопасные. Сюда относятся среднерасчлененные участки водораздельных поверхностей северо-запада, запада и юга столицы, придолинные территории (крутизна склонов до 3°, глубина и густота расчленения до 25 м/км и 1,0 м/км соответственно). Здесь проявляются процессы склоновой овражной и речной денудации и аккумуляции, возможна сиффозия и карст.

3 Районы эрозионноопасные. Значительно расчлененные придолинные участки с густой сетью оврагов и балок. Склоны крутизной до 12°, а в отдельных случаях и более, глубина и густота расчленения до 35 м/км и 2,0 м/км и более. Здесь развиты овражная эрозия, абразия берегов, оплывание и оползание склонов, при нарушении дернового горизонта резко активизируется плоскостной смыв.

Учитывая при планировке улиц Москвы направление и величину уклонов склонов, вертикальную и горизонтальную расчлененность, естественные понижения и речную сеть, градостроители во многом преобразовали рельеф местности, что изменило и общую направленность процессов денудации и аккумуляции.

Наибольшие изменения рельефа произошли в долине р. Москвы, вследствие искусственного расширения русла и поднятия уровня реки, частично затоплена пойма

другая часть поймы подсыпана (например, Лужнецкая пойма) и поднята до уровня наипоименной террасы. Засыпаны многочисленные овраги, промоины и русла малых рек (водный поток малых рек заключен в коллектор). Сильно изменен рельеф надпойменных террас: спланированы прибрежные перегибы, засыпана овражно-балочная сеть понижения и заболоченные участки. Мощность техногенных отложений в толщине достигает 12,5 м, превышения изменены на величину 5–10 м/км, в долинах рек Ходынки Пресни и Негтинной уничтожена почвенная гидросеть и овражно-балочная сеть, урз реки с отметок 115,2 м поднят до 120 м, русло р. Яузы во многих местах спрямлено. Градостроительная деятельность практически свела к минимуму проявления поверхностных рельефообразующих процессов — эрозии, плоскостного смыва, однако, привела к активизации техногенных процессов, которые имеют «скрытый» характер — это потопление, оседание земной поверхности в результате уплотнения слабых грунтов (пойменных и техногенных), а также в результате активизации карстово-суффозионных процессов. Засыпанные овраги и ручьи по-прежнему являются водосборами и воды, накопившиеся теперь уже в «подземных руслах», производят разрушительную работу — выщелачивание солей, вынос глинистых частиц, что, с одной стороны, приводит к образованию пустот в геологической среде, а, с другой — в коллекторах (искусственных руслах) речек происходит накопление взвешенных и влекомых частиц. Эти наносы нередко сильно уплотняются, уменьшают диаметр коллектора и увеличивают риск аварии.

С выходом «из берегов» засыпанных речек связаны многие аварии на метрополитене: р. Чечера вызвала аварии при строительстве линии Комсомольская площадь-Сокольники, р. Ольховка — на Лубянской площади, р. Негтинная — на Театральной площади и т.д. (Ивлев А. П., 1954).

4.4. Карст и суффозия

Карстовые и суффозионные процессы развиваются в результате геологической деятельности подземных вод и относятся к опасным труднопрогнозируемым процессам. Развитие этих процессов приводит к разуплотнению грунтовых толщ, образованию пустот, провалов и оседанию отдельных участков земной поверхности.

4.4.1. Карст

Под карстом понимают совокупность геологических процессов, в результате проявления которых происходит растворение горных пород и образование в них пустот различных форм и размеров. Многочисленные проявления карста в г. Москве были обнаружены метростроителями в 30-х годах при прокладке первых линий метро. Правда, уже и до этого времени материалы бурения скважин свидетельствовали о наличии карстовых форм в известняках карбона, однако, строительство метро, а в последствие и других подземных инженерных сооружений, позволило наиболее полно и наглядно представить закарстованность карбонатных толщ. При проходке подземных выработок были встречены разрушенные зоны известняков, многочисленные трещины и мелкие карстовые полости, карстовые каналы высотой до 2,0–2,5 м и длиной до 50–300 м, карстовые воронки и котловины на поверхности каменноугольных отложений (Воробьевы горы, Зарядье, Краснохолмский мост, Рижский вокзал, Таганка, Па-

велецкий вокзал и др.) Карст вызывает большие затруднения при строительстве метро, здания и сооружения глубокого заложения, основанием которых являются закарстованные породы (Котлов Ф.В., 1962)¹.

Карстовые процессы на территории г.Москвы связаны с наличием в геологическом разрезе мощной толщи (более 300 м) растворимых и водопроницаемых карбонатных пород каменноугольного возраста. Они, как правило, залегают на глубине нескольких десятков метров под толщей мезозой-каинозойских образований.

Развитие карста в каменноугольных отложениях представляет длительный и сложный процесс, обусловленный особенностями геологического и гидрогеологического развития территории. Наиболее интенсивно карстовый процесс развивался во время длительных континентальных перерывов, когда преобладал размыв ранее отложившихся осадков, происходило образование глубоких речных врезов и создавались благоприятные условия для проникновения в толщу известняков пресных подземных вод (Соколов Д.С., 1962). Такие перерывы на территории Московской синеклизы установлены в нижнем карбоне (упинское время), на границе турнеиского и визейского горизонтов, на рубеже ранней и среднекаменноугольных эпох (верейское время) (Путеводитель, 1975). Следы процессов карстообразования этого времени (палеозойский карст) сохранились в толще карбонатных пород в виде закарстованных трещин, пор, каверн, полостей разных размеров, в сильной разрушенности пород, развития на древней поверхности карбонатных массивов воронок и других карстовых форм, заполненных более поздними осадками, например, карбонатными глинами верейской толщи среднего карбона или воскресенской толщи верхнего карбона.

Следующие длительные континентальные перерывы, в течение которых палеозойские породы подвергались процессам эрозии и карстообразования, существовали с пермского периода до келловейского времени и на границе юрского и мелового времени (Даньшин Б.М., 1947)². В это время вновь происходил размыв ранее накопившихся пород (пермское время), заложение глубоко врезаемых речных долин и интенсивно развивались процессы карстообразования (меловой карст). В Юрском море, покрывшем размытую закарстованную толщу каменноугольных пород, отлагался песчано-глинистый материал, заполнивший неровности рельефа поверхности пород. Он проникал на глубину и залечивал карстовые полости в нижележащей толще.

С конца верхнемелового времени наступил следующий длительный континентальный перерыв, который продолжается до наших дней. В течение этого времени развитие карстовых процессов в толще карбонатных пород происходило неравномерно и связано с колебательными движениями земной коры и историей развития эрозионной сети (каинозойский карст).

После того, как меловое море покинуло данную территорию, начался смыв и разрушение отложений юрского и мелового времени. Обильные дожди и реки доледникового периода способствовали этому. Активизация процессов карстообразования тесно связана с заложением и развитием древней гидрографической сети и ее дренирующим влиянием. Глубоко врезаемая (до 100 м и более) в палеозойские породы речная сеть

Котлов Ф.В. Изменение природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 263 с.

Соколов Д.С. Основные условия развития карста. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 321 с.

Путеводитель экскурсии по разрезам карбона Подмосковского бассейна. М.: Наука, 1975. 176 с.

Даньшин Б.М. Геологическое строение и полезные ископаемые г.Москвы и ее окрестностей. М.: Изд-во МОИП, 1947. 308 с.



Рис 4.6 Карстовая полость в толще известняков измайловского горизонта (фото В.С. Соколова)

привела к повышению активности водообмена. Резко усилились процессы выщелачивания, особенно на участках, примыкающих к древним эрозионным врезам. Повышенная закарстованность карбонатных пород вблизи древних эрозионных врез фиксируется всеми разведочными скважинами, пробуренными в этом районе. В последующие эпохи, когда происходило заполнение эрозионных врез континентальными отложениями, процессы водообмена в палеозойских толщах значительно замедлились и, соответственно, ослабились процессы выщелачивания карбонатных пород.

Формирование современной гидрографической сети носит в какой-то степени унаследованный характер, в связи с чем развитие карста в толще каменноугольных отложений имеет ту же пространственную направленность – наиболее интенсивное развитие в придолинных участках.

Колебательные движения, обусловившие развитие карста вблизи гидросети, влияли также на ход карстообразования в зонах повышенной трещиноватости, где палеозойские породы оказались интенсивно закарстованными.

Таким образом, мощная толща каменноугольных карбонатных пород интенсивно и неравномерно закарстована и несет в себе следы как древнего, так и более поздних этапов развития этого процесса (рис.4.6). В вертикальном разрезе четко выделяются две зоны: верхняя, приуроченная к отложениям верхнего карбона, и нижняя, захватывающая отложения среднего и нижнего карбона (Кожевникова В.Н., 1974)¹.

¹ Кожевникова В.Н. О роли динамики и режима подземных вод в формировании карстово-суффозионных процессов (на примере некоторых районов Москвы) // Изв. Института геологии и географии. М., 1974. С. 22–27.

Верхняя зона распространена не повсеместно. Она полностью отсутствует в пределах доюрской долины размыва и имеет незначительную мощность вдоль тальвега и нижней части бортов дотедниковых долин (хорошевской и татаровской) где верхнекаменноугольные отложения полностью или частично размыты. Особенностью верхней карстовой зоны является то, что толщи карбонатных пород небольшой мощности (1–9 м) переставляются с глинами и мергелями (рис. 4.7). Закарстованность пород выражается в значительной их разрушенности, наличии закарстованных трещин, поркаверн, реже крупных потостей. Среди запотнителя карстовых потостей встречаются гнезда темно-серых, зеленовато-серых, красных карбонатных глин юрского или каменноугольного возраста, чаще дресва, щебень обломки карбонатных пород, иногда песчано-глинистый материал вышележащих четвертичных отложений (Кутепов В. М. и др. 1984).

Вторая закарстованная зона является более мощной и прослеживается до глубины 250–300 м. Отдельные скважины вскрыли почти всю мощность. Здесь были встречены следы древнего палеозойского, а также мезозойского, кайнозойского и современного карстового процессов.

Проявления палеозойского карста выражены в кавернозности, разрушенности пород и превращения их в мушкетерские разности и доломитовую муку. Встречаются крупные потости, запотненные обломками карстующихся пород разной величины и формы, глинистым материалом более молодых отложений, привнесенным и поверхностными и подземными водами. Встречаются и брекчиевидные породы (пестовская толща нижнего карбона), сильно кавернозные сахаровидные известняки с включениями кремня (высоковские стои) (Путеводитель 1975).

Наиболее интенсивно закарстованы карбонатные породы среднего карбона, особенно в верхней части толщи московского яруса, находящиеся в зоне влияния древней гидрографической сети. Они сильно кавернозны и разрушены. Имеются крупные потости внутри массива и воронкообразные понижения на поверхности растворимых пород. Наряду с открытыми карстовыми потостями, встречены и запотненные доломитовой и известняковой мукой, обломками известняков, доломитов, мергелей и линзами переотложенных, перемятых глин верхнего карбона и юры, с линзами песка и углистыми включениями. Изучение пыльцы, содержащейся в глинистом запотнителе карстовых потостей, показало, что осадки эти образовались в меловое время (Кожевникова В. Н. 1980).

Характер и степень закарстованности пород среднего карбона меняется по площади и по глубине. Повышенная закарстованность пород до глубины 80–85 м наблюдается в пределах зон повышенной трещиноватости, к которым приурочены доюрская погребенная долина, ее притоки и дотедниковые долины. С удалением от указанных участков закарстованность пород существенно снижается и на водоразделах древней погребенной эрозионной сети минимальна.

В современную эпоху на большей части территории г. Москвы каменноугольные отложения залегают под достаточно мощной толщей юрских глин и/или четвертичными суглинками. Лишь в пределах западной и центральной достаточно узких частях

Кутепов В. М. и др. Карстовые процессы и инженерно-геологические свойства глинистых пород // Инженерная геология. 1984. № 4. С. 91–103.

Кожевникова В. Н. Особенности механизма образования прослоков в результате изменения гидрогеологических условий закарстованных территории // Прогноз изменения гидрогеологических условий застраиваемых территории. М.: Строиниздат, 1980. С. 116–132.

долины р Москвы включая низовье р Язы карбонатные каменноугольные отложения залегают под аллювиальными хорошо проницаемыми песками

Питание верхне- и среднекаменноугольных водоносных горизонтов осуществляется южнее и юго-западнее г Москвы, где водовмещающие их карбонатные породы

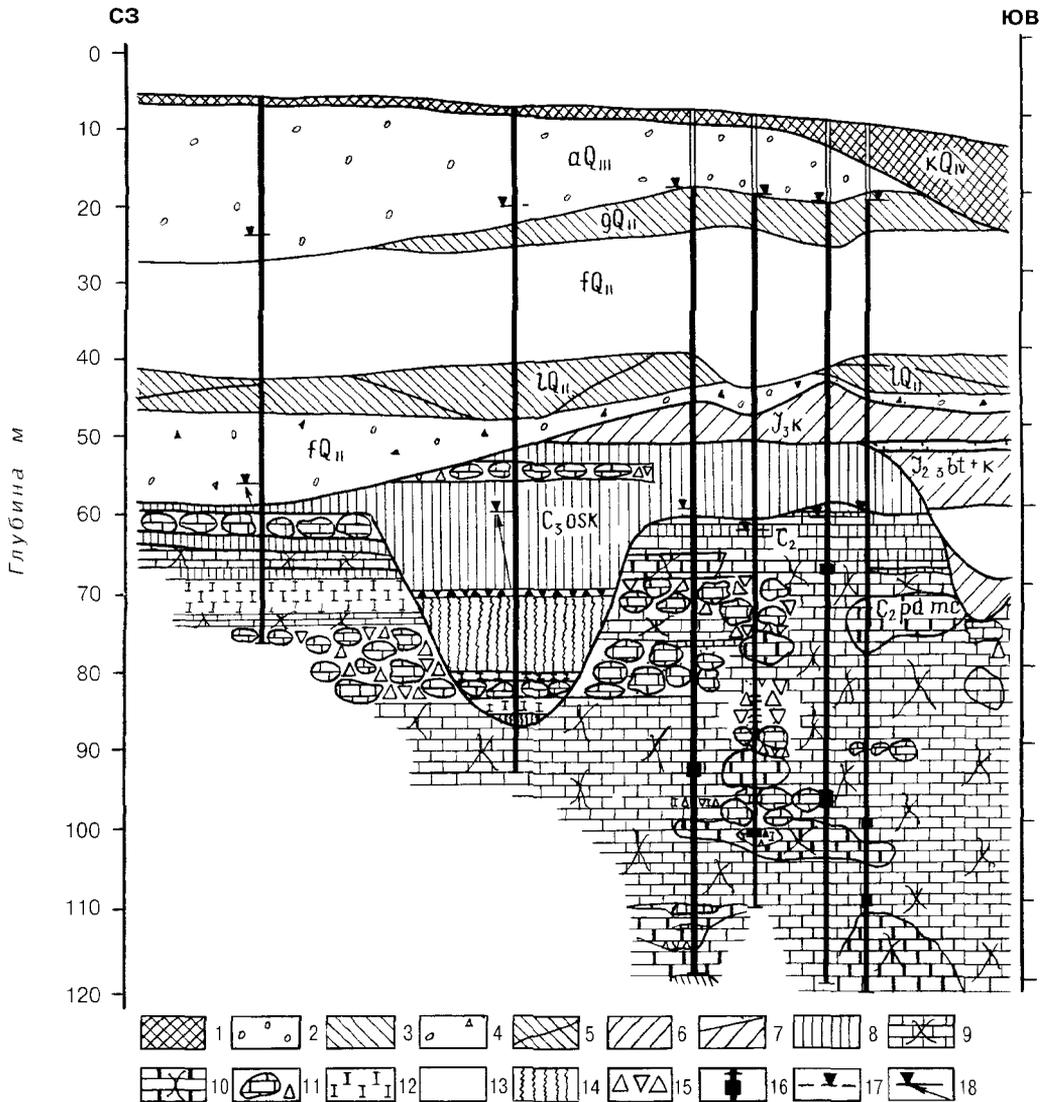


Рис 4.7 Древняя погребенная карстовая воронка на поверхности среднекаменноугольных пород (Кожевникова В.Н. Кожевникова И.А.)

1 – насыпной слой 2-5 четвертичные отложения 2 – аллювиальные 3 – ледниковые 4 – флювиогляциальные 5 – озерные 6-7 – юрские отложения 6 – глины келловеев 7 – бат келловеевские песчано-глинистые 8-12 каменноугольные отложения 8 – мергелистые глины воскресенской толщи верхнего карбона 9 – известняки трещиноватые 10 – доломиты 11 – известняки разрушенные 12 – известковистая мука 13 – песок 14 – перетолженные глины 15 – обломки известняков 16 – провал бурового снаряда 17 – уровень грунтовых вод 18 – напор карстовых вод

выходят на поверхность или залегают под небольшими слоями четвертичных отложений. Их разгрузка сосредоточена в основном в пределах долины р. Москвы преимущественно через аллювиальные песчаные отложения.

Карстовый процесс может развиваться лишь при взаимодействии карбонатных пород с природными водами – в первую очередь с атмосферными осадками – основным источником питания подземных вод. Термодинамическое моделирование равновесно-неравновесных состояний в системе атмосферные осадки – карбонаты кальция показало, что индекс неравновесности этой системы значительно меньше 0 (около 0,05), т.е. атмосферные осадки, выпадающие в районе г. Москвы, действительно агрессивны к карбонатным каменноугольным отложениям. Таким образом, в естественных условиях развитие карста возможно и действительно реализуется южнее и юго-западнее Москвы, в частности в долине р. Пахры в области питания верхне- и среднекаменноугольного водоносного горизонта (Гидрогеология СССР Т.1 1966). По пути фильтрации в карбонатных отложениях происходит взаимодействие подземных вод с водовмещающими известняками: их растворение и накопление в жидкой фазе Ca , Mg и HCO_3^- . В результате по мере приближения к области разгрузки подземные воды достигают равновесия с карбонатом кальция, полностью теряя способность его растворения. Об этом убедительно свидетельствуют результаты термодинамического моделирования: в области разгрузки индекс неравновесности подземных вод верхне- и среднекаменноугольных пород и карбоната кальция значительно больше 0 ($0,7 - 1,0$). Такие воды и циркулировали в толще карбонатных отложений в пределах г. Москвы до начала активного воздействия человека. Поэтому в естественных условиях до начала интенсивной эксплуатации каменноугольного водоносного горизонта в Москве отсутствовали условия для сколько-нибудь значительного развития современного карстового процесса. Вообще скорость развития карста в карбонатных породах, залегающих ниже местного базиса дренирования в Центральной части Русской платформы невелика, и ее интенсивность не превышает $0,25 \text{ г/с км}$ (Зверев В.П. 1982). Активное развитие карстового процесса в подобных природных условиях возможно только под влиянием антропогенной и техногенной деятельности человека, когда его интенсивность может возрастать на порядок и более.

На протяжении длительной истории геологического развития к настоящему времени на территории г. Москвы сформировались два типа карстовых форм: 1 – карстовые формы в растворимых породах и 2 – карстовые формы в нерастворимых породах, перекрывающих закарстованные толщи (Кутепов В.М., Кожевникова В.Н. 1989). Ко второму типу карстовых форм относятся провалы и оседания земной поверхности, которые образовались в результате проявления карстово-суффозионных процессов. По этому карстовая опасность, обусловленная закарстованностью растворимых пород, и карстово-суффозионная опасность, связанная с нарушением устойчивости покрывающих песчано-глинистых толщ, оцениваются отдельно. Основным критерием для оценки карстовой опасности является степень трещиноватости и закарстованности карбонатных пород. По этим критериям выделены три категории карстовой опасности – *весьма опасная*, *опасная* и *малоопасная* (рис. 4.8).

В качестве критериев оценки карстово-суффозионной опасности приняты мощность, состав и условия залегания перекрывающей толщи, режим подземных вод и на-

Гидрогеология СССР. Московская и смежные области. Т.1. М.: Недра, 1966.

Зверев В.П. Роль подземных вод в миграции химических элементов. М.: Недра, 1982. 186 с.

Кутепов В.М., Кожевникова В.Н. Устойчивость закарстованных территорий. М.: Наука, 1989. 152 с.

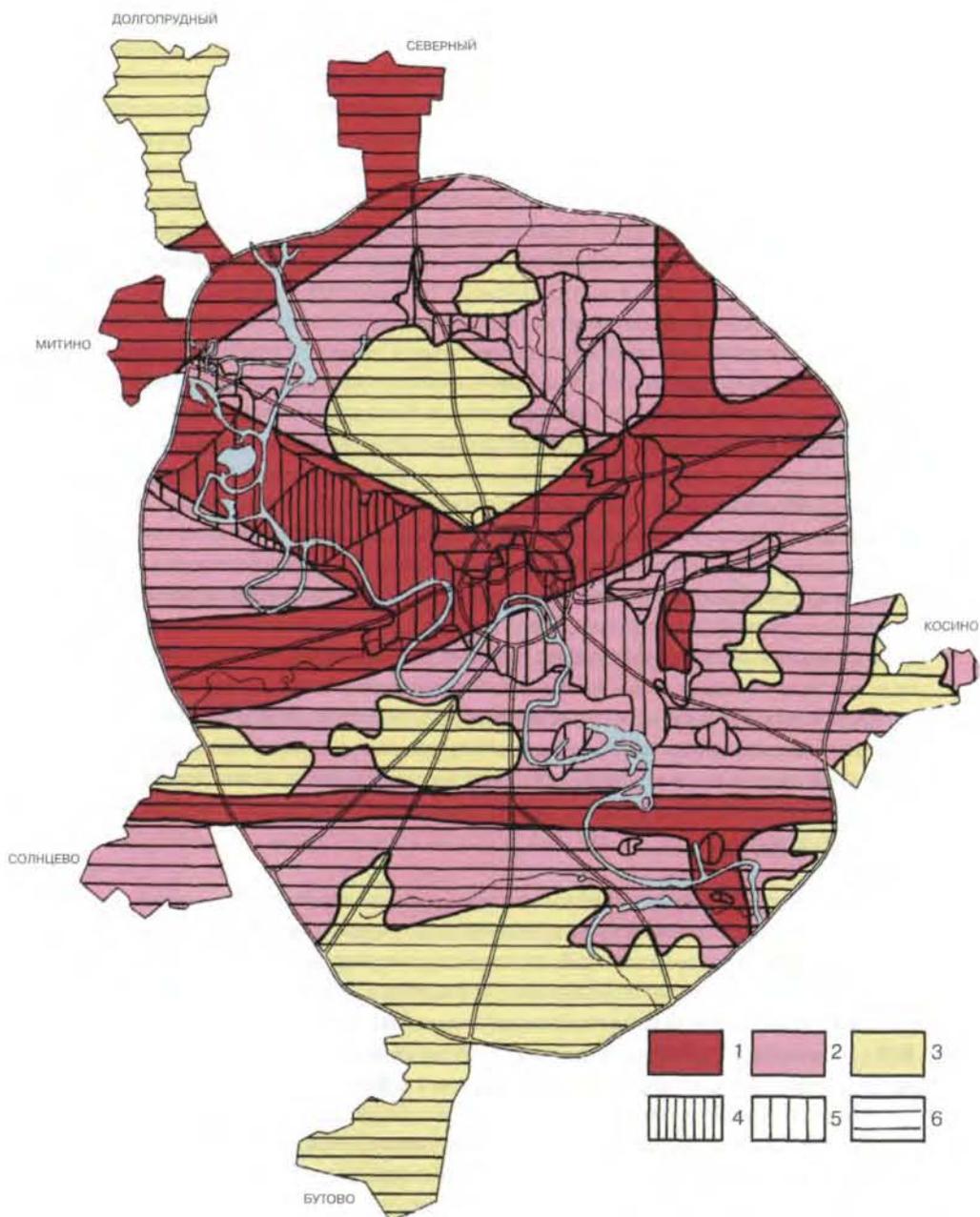


Рис 4.8 Карта карстовой и карстово-суффозионной опасности на территории г.Москвы (авторы: Кутепов В.М., Анисимова Н.Г., Кожевникова И.А., Козлякова И.В., Максимов М.М., Саянов В.С., 1996). Категории карстовой опасности: 1 – весьма опасная, 2 – опасная, 3 – малоопасная. Категории карстово-суффозионной опасности: 4 – весьма опасная, 5 – опасная, 6 – неопасная.

личие провалов и оседаний земной поверхности. Здесь также выделяются три категории — *весьма опасная*, *опасная* и *неопасная*.

Категории карстовой опасности характеризуются следующими признаками

— *весьма опасная* категория — зоны повышенной трещиноватости в каменноугольной толще, к которым приурочены днища доюрской и доледниковых погребенных долин карбонатные породы интенсивно трещиноваты и неравномерно закарстованы, сильно разрушены, содержат много открытых и закольматированных полостей разного размера

— *опасная* категория — карбонатные породы интенсивно и неравномерно закарстованы, сильно разрушены, содержат много полостей разного размера,

— *малоопасная* категория — карбонатные породы кавернозные и слаботрещиноваты

Категории карстово-суффозионной опасности характеризуются следующими признаками

— *весьма опасная* категория — закарстованная толща перекрыта песчаными породами, и ти в основании перекрывающей толщи залегает слабопроницаемые глинистый слой мощностью менее 10 м, и имеются критические значения напоров подземных вод, на земной поверхности встречаются провалы и оседания

— *опасная* категория — закарстованная толща перекрыта песчаными породами и ти в основании перекрывающей толщи залегает слабопроницаемые глинистый слой мощностью менее 10 м, избыточные напоры подземных вод имеют докритические значения, провалы и оседания земной поверхности отсутствуют

— *неопасная* категория — мощность слабопроницаемых глинистых пород, перекрывающих закарстованную толщу, превышает 10 м, избыточные напоры подземных вод имеют докритические значения

Раионирование территории г. Москвы по карстовой и карстово-суффозионной опасности показывает (рис. 4.8) что карстовая опасность разных категорий выявлена на всей территории города, а карстово-суффозионная опасность (*весьма опасная* и *опасная* категории) простеживается на отдельных участках, занимающих около 15% городской территории и приуроченных к погребенным долинам рек Москвы и Яузы.

4.4.2. Суффозия

На территории Москвы наблюдается еще один геологический процесс, связанный с разрушающей деятельностью подземных вод — суффозия. Название которому дано в конце прошлого века известным русским геологом, академиком А. П. Павловым, используя для этого латинский глагол «suffodio», что означает «подкапывать». В наше время существует несколько толкований термина «суффозия» (Тимофеев Д. А., Дублянский В. Н., Кикнадзе Т. З., 1991). В самом широком смысле это — разрушение и вынос потоком подземных вод отдельных компонентов и крупных масс дисперсных и цементированных обломочных пород (Хоменко В. П., 1996).

Суффозия проявляется неодинаково в разных геологических и природно-климатических условиях (Казаков В. Я., 1981). В Москве она затрагивает залегающие в верх-

Тимофеев Д. А., Дублянский В. Н., Кикнадзе Т. З. Терминология карста. Материалы по геоморфологической терминологии. М.: Наука, 1991. 260 с.

Хоменко В. П. Оценка суффозионной опасности // Промышленное и гражданское строительство. 1996. № 8. С. 46–47.

Казаков В. Я. Суффозионные явления на Русской равнине и смежных территориях // Изв. Всесоюзного географического общества. 1981. Т. 113. С. 44–48.

ней части массива горных пород пески, супеси и легкие суглинки. Вода, просачиваясь сквозь них, выносит отдельные частицы, тем самым ослабляя эти породы и даже образуя подземные полости и каналы. Со временем ослабленные породы уплотняются, полости обрушиваются, и на земной поверхности возникают оседания, провалы, а иногда и оползни. В подобной обстановке для развития суффозии необходима определенная структурная неоднородность водопроницаемой породы, достаточная гидродинамическая сила действующего на нее потока подземных вод и наличие свободного пространства, куда выносятся отдельные от нее частицы (Ломтадзе В.Д., 1977).

По своему вещественному составу и условиям залегания наиболее благоприятной средой для суффозионного процесса в Москве являются флювиогляциальные и аллювиальные четвертичные, а также меловые и юрские пески, современные оползневые и техногенные накопления. Суффозия не может протекать в непроницаемых тяжелых суглинках и глинах московской и днепровской морены, ее развитие затруднено в покровных суглинках. Отсюда можно сделать вывод: для суффозионного процесса наименее благоприятны участки моренной равнины, расположенные, в основном, в южных и юго-западных районах города. Исключение, однако, составляют встречающиеся здесь остатки тесных массивов, где местами присутствуют необходимые для суффозии водопроницаемость и структурная неоднородность залегающих с поверхности глинистых пород. В первую очередь это связано с продолжающимися в наши дни процессом оподзоливания почв (Казиков В.Я., 1981). Кроме того, рост и отмирание корневых систем деревьев, жизнедеятельность дождевых червей (Кригер Н.И., 1993), кротов и землероек способны создавать в глинистых породах выходящие на поверхность земли каналы, которые в случае их обводнения могут служить очагами суффозии.

Необходимая для суффозионного процесса гидродинамическая сила разрушающегося потока подземных вод обусловлена в Москве тем обстоятельством, что город расположен немного севернее границы между зонами избыточного и недостаточного увлажнения. Это означает, что на его территории количество выпадающих осадков несколько превышает количество воды, испаряющейся с поверхности водоемов. В Москве нередки обильные дожди и бурное снеготаяние, способные вызвать внезапное обводнение суффозионно неустойчивых пород и усилить существующую циркуляцию грунтовых вод.

Что же касается суффозионного выноса, то он в Москве всегда осуществляется на склонах, там где на земную поверхность выходят суффозионно неустойчивые породы. Суффозия может быть результатом временного обводнения тыловой части склона, но чаще всего она бывает связана с разгрузкой постоянных водоносных горизонтов.

В тех относительно редких случаях, когда вынос частиц разрушаемых суффозионно горных пород происходит под водой (рис. 4.9) процесс невозможно наблюдать, пока в тыловой части склона не возникнет оседание, провал или не сформируется оползень. Однако для Москвы более характерна ситуация, когда начальные стадии процесса легко прослеживаются на открытой поверхности склона в виде, так называемых аккумулятивных и денудационных суффозионных форм. Первые представляют собой разнообразные чаще всего конусовидные тела, сложенные вынесенными частицами, вторые — нечто вроде ниш и даже гротов. Это углубленные в склон суффозионные ниши, обычно обрамленные корнями растений, очень напоминают норы животных. Не слу-

Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л. Недра, 1977. 479 с.

Кригер Н.И. Инженерно-геологическое значение деятельности *Eisenia magnifica*. Геозкология, 1993. № 5. С. 95–103.



Рис 4.9 Суффозионная воронка на берегу пруда (фото В.П. Хоменко)

чажно во французском языке суффозионный процесс именуется словом «renard» (тысяща)

Когда-то на территории города постоянные водоносные горизонты вскрывались многочисленными долинами рек и ручьев, а также оврагами. Еще в 50-е годы нашего столетия суффозионные оседания и провалы вблизи родников наблюдались очень часто, особенно на

высоком правом берегу реки Москвы. В районе Воробьевых гор дело даже дошло до серьезных деформаций отдельных зданий (Котлов Ф.В., 1962, Чуринов М.В., 1957)

За последние десятилетия ситуация в городе изменилась. В местах плотной застройки естественный рельеф теперь сnivelирован, многие овраги и долины мелких рек засыпаны, а берега реки Москвы и, частично Яузы облицованы. Суффозия чисто природного происхождения все еще встречается, но главным образом там, где отсутствуют крупные здания и сооружения и процесс, тем самым, не способен нанести большого вреда. Например, типичные суффозионные явления можно встретить на крутых склонах долины реки Чертановки и ее притоков в Битцевском лесопарке.

4.5. Оползни

Систематическое изучение оползней, которые занимают около 3% территории Москвы, началось в середине 50-х годов. В результате этих работ к настоящему времени достаточно хорошо изучена природа оползней, закономерности их распространения и развития во времени, что позволяет осуществлять достаточно достоверное прогнозирование ряда элементов процесса.

Наличие оползней издавна осложняло освоение тех или иных участков. В качестве примера можно привести сведения о попытках строительства на Воробьевых горах храма Христа Спасителя в память Отечественной войны 1812 года, который должен был тремя ступенями опускаться к Москве-реке (Сытин П.В., 1952). Но в ходе зе-

Котлов Ф.В. Изменения природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1962. 263 с.

Чуринов М.В. Характеристика оползней правого берега р. Москвы на участке Ленинских гор и возможность строительного освоения этой территории // Тр. ВНИИ гидрогеологии и инженерной геологии. 1957. Сб. 15. С. 62–78.

Сытин П.В. Из истории Московских улиц (очерки). М.: Московские рабочие, 1952.

мляных работ обнаружилось, что «гора осыпается, сползает», и работы были прекращены. Позднее, уже в начале нашего века там же, в районе нынешней Смотровой площадки оползнем были разрушены расположенные там строения яхт-клуба (Павлов А. П., 1911)¹. О разрушениях, произведенных оползнем, образовавшимся в 40–50-х годах прошлого столетия на левом склоне реки Москвы под нынешней Карамышевской набережной, также упоминается в литературных источниках (Даньшин Б. М., 1947). Оползнепроявления без сомнения отмечались и в других, менее известных районах города, но по этой причине или вследствие меньших размеров не столь известны. На актуальность этой проблемы для Москвы указывает тот факт, что изучение оползней проводилось в предвоенные и первые послевоенные годы, когда внимание уделялось лишь самым неотложным вопросам.

В настоящее время острота проблемы использования склоновых и присклоновых участков, обеспечения их устойчивости не снижается, а в определенной степени обостряется. Это объясняется как сокращением благоприятных для застройки территории, так и стремлением использовать для престижных объектов находящиеся на склонах живописные участки.

Оползни на территории Москвы по масштабам проявления подразделяются на два типа — глубокие, характеризующиеся площадью 0,8–1,0 км² с глубиной захвата пород до 100 м, и поверхностные, мелкие — площадью до 0,002 км² с глубиной захвата пород преимущественно 1–5, реже 10 м (рис. 4.10).

Оползни глубокие выявлены в настоящее время на 13 участках долины реки Москвы (Шукино, Серебряный бор, Хорошево-1, Фили-Кунцево, Н. Мневники, Хорошево-2, Поклонная гора, Воробьевы горы, Коломенское, Москворечье, Сабурово, Чагино, Капотня) и на 2-х в долине реки Сходни (Сходня, Тушино), что соответствует линейной пораженности долин, равной примерно 25%. По своему механизму они относятся к оползням выдавливания или сдвига (Гулякян К. А., Кюнтцель В. В., 1970). Они развиты на склонах высотой 15–70 м, крутизной 9–17°.

Склоны, пораженные этими оползнями, имеют специфический рельеф: в верхней части это высокие крутой откос, в средней и нижней частях — терраса со специфическим бугристо-грядовым рельефом, придающим наряду с богатой растительностью большую живописность местности. Протяженность оползневых участков различная — от 0,5 до 3,0–3,5 км, ширина (длина по оси движения оползня) достигает 350–380 м, форма в плане фронтальная, реже циркуобразная.

В геологическом строении склонов, поражаемых оползнями, принимают участие породы четвертичной, меловой, юрской и каменноугольной систем, в коренном залегании располагающиеся почти горизонтально. Отложения каменноугольной системы, представленные карбонатными породами, и преимущественно песчаные отложения бат-келловейского яруса юрской системы в оползневом процессе участия не принимают и являются всегда подстилающей толщей для оползающих пород. Выше лежащие глины келловейского яруса на ряде участков могут быть вовлечены в смешение (рис. 4.11).

¹ Павлов А. П. О строении местности по линии напорный резервуар — яхт-клуб Москва-река и о причинах оползания нагорного откоса между напорным резервуаром и восточным краем с Воробьева, 1911.

Даньшин Б. М. Геологическое строение и полезные ископаемые г. Москвы и ее окрестностей. Изд. МОИП, 1947.

Гулякян К. А., Кюнтцель В. В. Классификация оползней по механизму их развития // Труды ВСЕГИНГЕО В 29. 1970. С. 58–64.

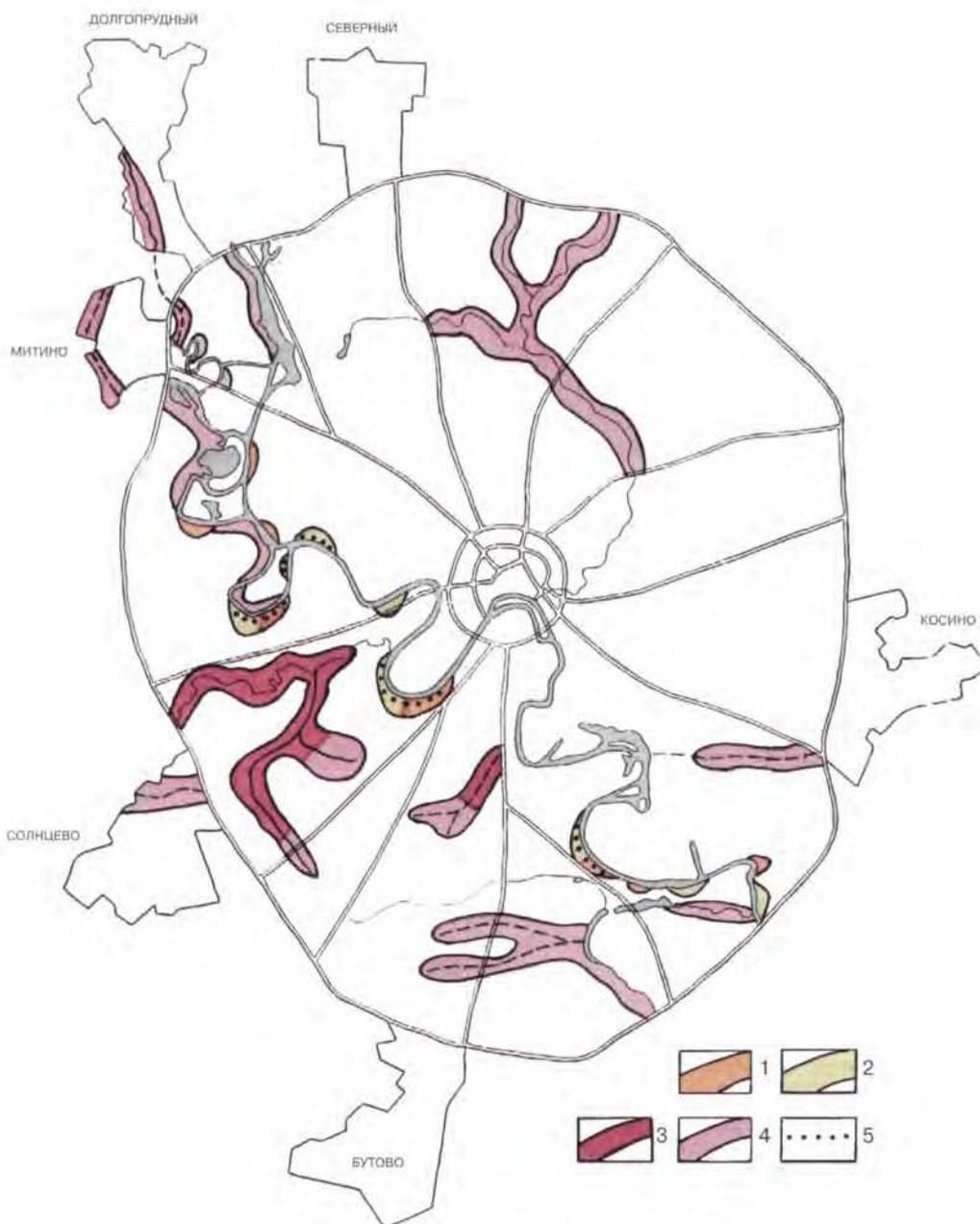


Рис 4 10 Схема пораженности оползнями территории г.Москвы (Парецкая М.Н., 1996) Участки склонов 1 – с проявлением глубоких оползней, 2 – стабильного состояния глубоких оползней, 3 – сильно пораженные мелкими и поверхностными оползнями, 4 – слабопораженные мелкими и поверхностными оползнями, 5 – противооползневые сооружения

Основным деформирующим горизонтом являются глины оксфордского яруса юрской системы. Они залегают на различном уровне по отношению к урезу воды в реке — от 8–12 м ниже уровня до почти полного сложения всего склона ими (Кюнтцель В.В., 1962)¹, что обуславливает некоторые особенности механизма оползней на склонах разных типов. Оксфордские глины склонны к деформациям ползучести и снижению прочности во времени (Парецкая М.Н., 1971), что, видимо, и определяет их основную роль в оползневом процессе.

Вышележащие пески волжского яруса юрской системы и меловой системы, а также песчано-глинистые отложения четвертичной системы называются перекрывающей толщей, так как пассивно смещаются вследствие деформирования подстилающих их пород.

На склоне смещенные породы залегают в виде системы блоков, запрокинутых под разными углами в сторону склона, с опусканием поверхности смещения на много ниже существующего базиса эрозии и выходом к нему в русле реки на значительном расстоянии от берега. Породы перекрывающей толщи в оползневых блоках запрокинуты в сторону плато, но сохраняют последовательность залегания и, как правило, близкую к первоначальной мощностю. В отличие от них глины основного деформирующего горизонта характеризуются значительной изменчивостью мощности — уменьшением в головных частях блока и зачастую увеличением в языковой (рис.4.11). Следует отметить, что представительные геологические разрезы имеются лишь по отдельным участкам (Воробьевы горы, Фили-Кунцево, Коломенское, Хорошево-1, Хорошево-2, Н.Мневники, Поклонная гора).

Основная роль оксфордских глин в оползневом процессе подтвердилась наблюдениями на участке Коломенское, где сначала был разорван канализационный коллектор, залегающий на глубине 14 м в оксфордских глинах, а потом уже появилась трещина на поверхности склона. Язык оползня в русле реки на расстоянии порядка 30 м от берега наблюдался на участке Н.Мневники в конце 80-х годов, когда там отмечалась активизация деформации. На таком же примерно расстоянии от берега распространялись деформации коллектора на участке Коломенское.

До постановки стационарных наблюдений существовало представление (Даньшин Б.М., 1937) о древнем возрасте оползней этого типа, возникших на границе ледниковой и современной эпох в условиях существенно отличных от настоящих. Кюнтцелем В.В. (1965)⁴ установлено, что возраст оползней, определявшийся различными способами, оказался сравнительно молодым, укладывающимся в пределы нашей исторической эпохи и первые тысячелетия до нашей эры, т.е. оползни по возрасту в соответствии с классификацией Ф.П.Саваренского (1935) являются современными-старыми или свежими в зависимости от состояния их в данное время, наиболее точно выявляемого стационарными наблюдениями.

¹ Кюнтцель В.В. Эрозия берегов реки Москвы и ее влияние на оползневые процессы // Разведка и охрана недр 1962 № 3. С. 41–45

Парецкая М.Н. Особенности инженерно-геологических свойств юрских глин и оползни выдавливания Подмосковья // Труды ВНИИ гидрогеологии и инженерной геологии, 1971 Вып. 40 С. 82–87

Даньшин Б.М. Геологическое строение Ленинских гор в связи с некоторыми вопросами стратиграфии отложения меловой системы и оползневые явления на берегу р. Москвы // Изв. МГГ Т. 4 1937.

⁴ Кюнтцель В.В. О возрасте глубоких оползней Москвы и Подмосковья, связанных с юрскими глинистыми отложениями // БМОИП, отд. геол. 1965 Т. 60 № 3

Саваренский Ф.П. Опыт построения классификации оползней // Тр. 1-го Всес. оползн. совещ. Т-М ОНТИ 1935

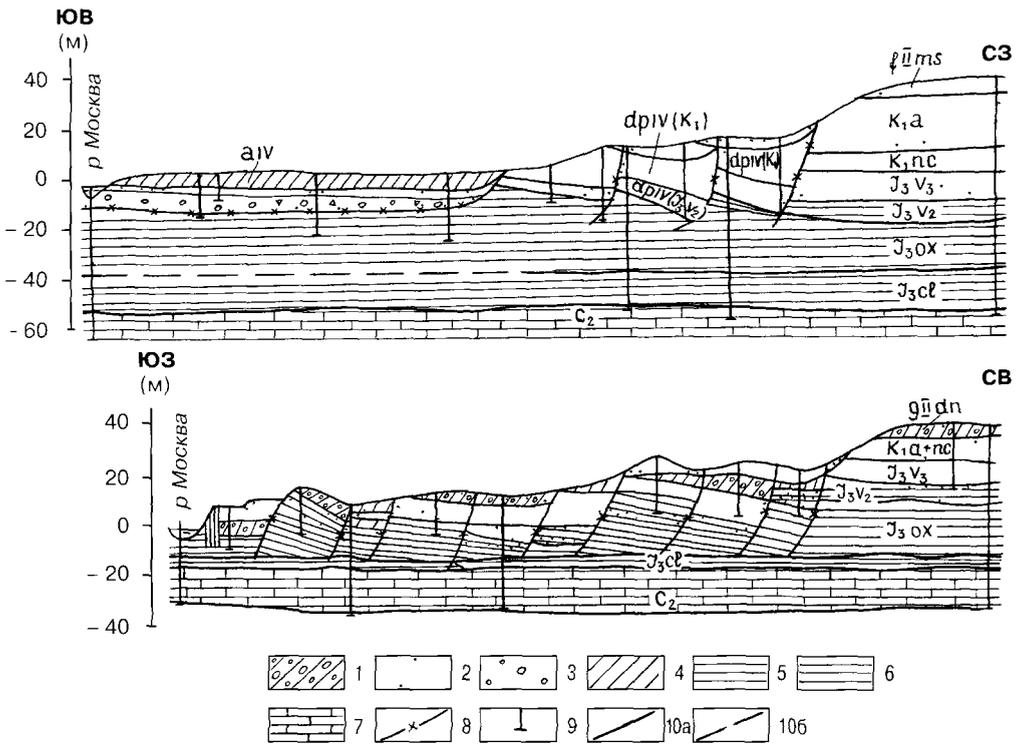


Рис 4 11 Схематические геологические профили оползневого склона у бывшего с Коломенское 1 – суглинки с гравием и валунами 2 – пески 3 – пески с гравием 4 – суглинки 5 – глины опесчаненные с фосфоритами 6 – глины 7 – известняки 8 – поверхность скольжения, 9 – скважины 10 – стратиграфические границы а) установленные б) предполагаемые

Глубокие оползни в Москве характеризуются стadiиностью развития (Кюнтцель В.В., 1964)¹. Продолжительность полного оползневого цикла составляет 100–400 лет на подмываемых склонах разного типа, различающихся положением оксфордских глин. Цикл состоит из стадии подготовки и основного смещения. Стадия подготовки охватывает основную часть оползневого цикла. В начале на склоне смещения идут очень медленно и могут быть выявлены лишь высокоточными геологическими наблюдениями в течение ряда лет ввиду близости скоростей смещения и точности наблюдений. В этот период оползневые подвижки никак не проявляются на поверхности склона и визуально заметных признаков активности оползней нет. Однако со временем скорости деформации нарастают, и на поверхности склона появляются визуально заметные признаки смещения – трещины, срывы. На стадии основного смещения, протекающей всего несколько суток, происходит окончательное оформление границ оползневого блока, откол его от плато и смещение вниз, вызывающее деформирование нижерасположенной части склона с выходом языка оползня в реку.

Кюнтцель В. В. О стadiином развитии оползней Москвы и Подмосковья // Уч. записки ПГУ Т119 // Сб. «Гидрогеология и карстоведение» В 2 1964

Основным природным фактором для описываемых оползней является эрозионная деятельность рек в основании склонов. Боковая эрозия реки Москвы в 1955–1960 гг., когда весенний подъем уровня в реке составлял 2–2,5 м, вызывала отступление бровки берегового уступа до 0,3 м/год (Кюнтцель В В., 1962). В последующие годы непосредственные наблюдения за боковой эрозией прекратились. Но и весенние подъемы уровня в р. Москве уже не достигали таких размеров, а колебались в пределах 0,15–0,35 м. Однако имели место периодические (апрель 1979 г., апрель, август 1980 г.) значительные сбросы вод для прочистки дна реки, что вызывало значительный подъем уровня на 1,60–2,65 м.

Вторая составляющая эрозионной деятельности р. Москвы – донная эрозия. Ее изучение в последние 10 лет показало, что в условиях зарегулированности русла процесс миграции наносов приводит к периодически сменяющимся процессом обмеления и углубления прибрежной части русла перед оползневыми склонами.

В Москве на ряде участков, пораженных оползнями, выполнены противооползневые мероприятия, включающие в первую очередь меры по прекращению действия основного оползнеобразующего фактора – построены стенки набережной для прекращения бокового подмыва, и сделана каменная наброска перед ней в русле реки для прекращения действия бокового и донного размыва на подводную часть оползневого склона. Для снижения напряженного состояния склона и пригрузки языковой части оползня производилось уложение склона выносом линии регулирования в реку и отсыпкой банкета шириной 10–20 м между старой и новой линиями регулирования. На всех участках прокладывались дренажи и водостоки, на некоторых производилась планировка склона. В качестве пассивных мер защиты использовалось ограничение освоения оползневых склонов и присклоновых частей плато.

Оползни поверхностные и мелкие развиваются на склонах реки Москвы, ее притоках и бортах овражно-балочной сети. Они поражают также стенки срыва глубоких оползней. Из 235 пог.км обследованной эрозионной и овражной сети оползни встречены на 35 пог.км, что соответствует коэффициенту линейной пораженности примерно в 14%. Общее число выявленных оползней в начале 90-х составляло около 300.

Оползни этого типа по механизму относятся к оползням скольжения и течения, иногда встречаются суффозионные оползни, обусловленные механическим выносом материала источниками подземных вод, разгружающимися на склоне. За время стационарных наблюдений на Воробьевых горах (вблизи тыжного трамплина и у эскалаторной галереи) были также обнаружены два оползня типа «крипа», которые развиваются уже в течение 25–35 лет, но без окончательного формирования границ – на поверхности прослеживается лишь трещина, оконтуривающая только голову оползня. Большинство оползней имеет четкие контуры – оползневую нишу, сформировавшуюся на склоне после смещения материала и сместившиеся грунты у базиса оползания.

Оползни возникают на склонах различной высоты, крутизной 28–30° и более, подмываемых и неподмываемых. Размеры их относительно невелики – протяженность вдоль склона – несколько десятков метров, реже до сотни метров, длина по оси движения – несколько первых десятков метров, глубина захвата пород – 1–5 м, реже до 10 м. Смешаются породы четвертичного возраста и совре-

менные насыпные грунты. Длина пути оползня определяется длиной и рельефом склона. Материал может смещаться в виде одного или нескольких блоков, иногда разбитых трещинами, в виде беспорядочной, перемятой разжиженной массы. Оползни проявляются достаточно внезапно, практически без всяких предвестников, которые можно заметить визуально, и смещение происходит быстро — в течение нескольких часов.

Основными природными факторами для этих оползней являются эрозионная деятельность водотоков в основании склонов, а на неподмываемых склонах — неблагоприятные климатические условия весеннего периода года, когда они возникают или активизируются — большое количество осадков в весеннее время в сочетании со специфическим характером таяния снежного покрова, оттаивания грунтов и подъемом уровня грунтовых вод (Парцкая М.Н., 1975).

Систематической борьбы с оползнями этого типа в Москве не проводится. Имеется лишь два примера таких работ — в 60-х годах на верхней части склона Воробьевых гор под Смотровой площадкой и в 80-х годах на откосе над Ростовской набережной. Принятые меры включали уположение склонов, заделку трещин, оползневых ниш, борьбу с эрозионной деятельностью водотоков, отвод поверхностных вод, дренирование склонов, одернование их с использованием закрепляющих шпильек и временных деревянных решетчатых покрытий.

ЧАСТЬ II.
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА
И
ГОРОД

Глава 5.

Инженерно-геологические условия

5.1. Роль инженерно-геологических условий в развитии города

Для структуры старых русских городов, построенных до XVI в., свойственны черты которые позволили назвать их ландшафтными городами свободной планировки. Эта система предполагает соответствие расположения строящихся зданий, их комплексов, этажности, высоты, ориентировки и прокладки улиц, расположения площадей естественным ландшафтным особенностям местности — тем низким и высоким местам, косогорам и оврагам, связь с естественными водоемами. Древние зодчие умели выбирать в ландшафте места наилучшего обзора для строительства зданий-доминант, например, соборов и церквей, видимых из всех точек соответствующего района города и эти сторожевых башен и укрепленных монастырей, держащих под контролем подступы к городу на достаточном расстоянии.

Историк архитектуры Г.В. Алферова (1989) высказала гипотезу о существовании на Руси общих норм строительства городов, и подтвердила ее, найдя в архивах документы, где изложены эти нормы в ритуальной форме освящения места будущего строительства, а так же в виде светского сборника законов. Эти документы относятся к XII—XV вв. Однако, как считает Я.Н. Шапов (1977, 1978), было бы неоправданным считать, что градостроительство в древней Руси велось без системы — археологические исследования опровергают это.

Древние русские города (а старая Москва по своим природным условиям — типичный русский город) имели изогнутые по трассировке улицы, переулки и тупики, сложные по конфигурации площади. Город легко ложился на рельеф, удачно вписываясь в ландшафт.

Связь города с землей — один из краеугольных вопросов истории феодального города. Специальные земельные участки закреплялись за церквями и монастырями. Городу придавались пахотные и выгонные земли, различные угодья, озера. При выделении жителям города участков под огороды и поля учитывалось, очевидно, качество (плодородие) земли — оно лимитировало размеры участков и их цену. В результате на хороших (плодородных) землях возникали усадьбы и храмы, на плохих — поселения бедноты, торги, ремесленные посады. Качество земли (в данном случае «качество» надо понимать как инженерно-геологические условия) или грунта влияло и на плотность застройки города.

Алферова Г.В. Русские города XVI—XVII вв. М.: Стройиздат, 1989. 216 с.

Шапов Я.Н. Византизм и южно-славянское правовое наследие на Руси XI—XIII вв. М.: Наука, 1978.

На случайных местах города не возникают. Древние градостроители тщательно выбирали места для поселения. О сознательном стремлении русских градостроителей к осуществлению художественной связи города с природным ландшафтом свидетельствуют исторические документы и литературные источники.

Наиболее древним приемом оценки инженерно-геологических условий территории является индикационный анализ. Так, вдоль русла реки в средней полосе России в местах затопляемых паводками, обычно растет кустарник, а наиболее зрелый («красный») лес – бор – располагается на надпойменных террасах. По составу растительности и другим ландшафтными признаками определяются гидрогеологические условия местности.

Широкая долина р. Москвы с дальними видами, плавными холмами и просторными полями создала прекрасные возможности для организации богатой пространственной композиции русской столицы. Важнейшие ансамбли (городской центр и монастыри) поставлены в «ландшафтных фокусах» – в местах, на которые направлено большинство осей естественной структуры данной местности.

Историк архитектуры М. П. Кудрявцев приводит в своей замечательной книге «Москва – третий Рим» поразительно точную характеристику основного принципа построения ландшафтно-архитектурной композиции Москвы, высказанную еще М. В. Ломоносовым: «Москва стоит на многих горах и долинах, на которых возвышенные и униженные стены и здания, многие города представляют, которые в один город слитись». Действительно, древняя Москва, кроме укрепленного города, расположенного на Боровицком холме, включала еще множество монастырей на живописных холмах, которые сами выглядели как небольшие города.

Монастыри-сторожи строились на возвышенных участках и с таким расчетом, чтобы был у них наибольший обзор и наилучшие инженерно-геологические условия. Из семи монастырей вокруг городского центра пять расположены в долине р. Неглинной: Алексеевский – на правом берегу, ближе к бровке; Крестовоздвиженский, Никитский и Георгиевский монастыри стоят почти в долине водораздела ручья Чертория и р. Неглинной, но не на вершине холма, а на бровке береговой террасы. Златоустовский монастырь занимает седловину между двумя вершинами водораздельного холма рек Неглинной и Рачки. Ивановский монастырь, хотя и стоит на вершине холма (на III надпойменной террасе р. Москвы), но его стены построены на бровке долины р. Рачки.

Северная линия монастырей-сторожей у стен Белого города состоит из четырех монастырей: Страсного – на линии водораздела Чертория и Неглинной около вершины холма; Высоко-Петровского – на западной бровке долины р. Неглинной; Средненского – на линии водораздела рек Неглинной и Рачки около вершины холма; Рождественского – на восточной бровке р. Неглинной. Монастыри расположены вдоль долины р. Неглинной таким образом, что составляют вместе с Кремлем главную пространственную ось Москвы – север-юг.

Монастыри-сторожи в междуречье рек Москвы и Язы: Спасо-Андроников – на бровке долины р. Язы; Покровский – на водоразделе Ново-Спасский – на бровке на III надпойменной террасе р. Москвы, составляют восточную линию обороны. Южная располагается преимущественно на правом берегу р. Москвы (в Замоскворечье): Данилов, Донской, Андреевский. К южной линии относится и Симонов монастырь, который стоит на высоком левом берегу р. Москвы.

Тверской А. М. Русское градостроительство до конца XVII века. М.: П., 1953.

Кудрявцев М. П. Москва – третий Рим. М.: Сол. Систем, 1994. 256 с.

Западную линию обороны представляют монастыри, расположенные в Лужнецком излучине р Москвы: Новодевичий, Саввин и Ногинский.

Все монастыри четырех линии укрепления города связаны в Кремле как визуально, так и структурой рельефа — осями водоразделов и долин рек.

Питросеть города существенно повлияла на его планировку. Так как развитие города шло в направлении освоения повышенных частей рельефа, то главные улицы Москвы проходят по линиям водоразделов (Пречистенка, Поварская, Тверская, Сретенка, Мясницкая, Таганская) и по бровкам долин рек и ручьев (Остоженка, Арбат, Волонка, Моховая, Петровка, Рождественка, Гончарная) (Кудрявцев 1994).

Пониженные участки застраивались и заселялись позже, поскольку строительные работы в этих местах были сопряжены с рядом трудностей: наличием болот и заболоченных участков в сочетании с ежегодным затоплением паводковыми водами. Эти территории использовались в основном под сельскохозяйственные угодья. С ростом города и здесь появились улицы и площади, запечатлевшие в своих названиях особенности утраченных ландшафтов: ул. Садово-Черногрязская, Лужники, Болотная площадь, Улица Неглинная, Пресня, Золоторожская и другие носят названия утраченных рек, когда-то протекавших здесь.

До начала XIX в. Москва занимала ту часть современной территории, что находится внутри Камер-Котельжского вала, т.е. по существу она вся сосредотачивалась на левом берегу р Москвы, простираясь до Калужской заставы.

Быстрое развитие капитализма в России после отмены крепостного права отразилось и на структуре, и на внешнем виде столицы. Возникли крупные промышленные кварталы за Преображенской заставой — с Черкизово, за Семеновской заставой, у Хاپитовского пруда — Измайловская и Даниловская мануфактуры, за Калужской заставой — кирпичные заводы. К этому же времени относятся и первые инженерно-геологические изыскания.

Промышленные предприятия в Москве располагались неравномерно. Многие из них, нуждаясь в воде, строились по берегам рек Москвы и Яузы. Промышленный характер имел и пригородное кольцо города. В конце XIX в. и начале XX в. Москва росла чрезвычайно быстро. Этот рост был связан с развитием городской промышленности, дальнейшим расширением торговли, превращением Москвы в крупный железнодорожный узел. Москва к концу 70-х годов стала главным железнодорожным центром страны, что еще больше укрепило и расширило ее экономические связи не только с ближайшими, но и с отдаленными губерниями России. Под железные дороги земли отчуждались у города. Порядок их отчуждения немало повредил Москве. Железнодорожные компании за землю расплачивались щедро, и город был вынужден отдавать их вне всяких соображений о планомерной застройке городской территории. В конце концов готовые участки десяти железных дорог вклинились в городскую территорию с такой беспорядочностью, исправление которой оказывается чрезвычайно трудным до сих пор. Вместе с тем очевидно, что многие железнодорожные линии, особенно хозяйственно-промышленного назначения, использовали остаточные земли негодья вдоль эрозионных ложбин, долин малых рек и ручьев, болотистых низин и т.д. (отдельные участки Окружной железной дороги, дорога Московского электролампового завода над р Хاپитовкой и др.).

Важнейшие довоенные постройки в Москве — канал Москва-Волга и метрополитен. Гидротехнические мероприятия были направлены на улучшение водоснабжения столицы и на обводнение р Москвы. Возник ряд водохранилищ в окрестностях Москвы.

изменился режим реки, уровень воды, частично претерпела изменение структура гидро-сети. Появилась новая «техногенная гидросеть» в Замоскворечье (береговой дренаж)

Строительство метрополитена явилось новым этапом не только в развитии городского транспорта, но и новым этапом в освоении геологической среды города. Только при строительстве первой очереди метрополитена вывезенный грунт и завезенные на стройку материалы (гравий, бут) составили 14 млн т.

Для строительства города изыскивались новые участки добычи строительного материала. Исследовались и новые районы для расширения границ столицы. В границы города вошли живописные и сильно расчлененные участки Теплого стана. Интенсивное строительство столицы и все большее внедрение в геологическую среду потребовали и более обстоятельных инженерно-геологических исследований.

Сегодня город — это интенсивно развивающаяся система. Высокая стоимость городских земель в Москве ставит вопрос о необходимости повышения эффективности их использования. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы представляется новый подход к пространственному развитию инфраструктуры города — создание многоуровневых городских образований. Город вынужден развиваться не только по горизонтали, но и по вертикали, как за счет освоения подземного пространства, так и высотного строительства. Подземное пространство используется главным образом для прокладки инженерных коммуникаций, строительства линии и станции метрополитена. В последнее время в подземном пространстве начинает широко осуществляться строительство объектов для культурно-бытового и коммунального обслуживания населения, складов, торговых предприятий, гаражей. В связи с интенсификацией использования подземного пространства роль правильной и своевременной оценки инженерно-геологических условий резко возрастает и во многом определяет экономику строительства и безаварийную эксплуатацию построенных зданий и сооружений.

Характеристика инженерно-геологических условий территории города не ограничивается информацией о геологическом строении, гидрогеологических условиях, составе и свойствах грунтов, экзогенных процессах. Необходима также информация о возможных геохимических и геофизических аномалиях и приуроченных к ним различных геологических процессов: выделение различных газов, таких как водород, радон, растворение карбонатных пород, образование карстовых полостей и т.п.

5.2. Инженерно-геологическое районирование для наземного строительства

5.2.1. Принципы инженерно-геологического районирования

Инженерно-геологические условия территории Москвы сформировались в процессе ее длительного геологического развития, которое обусловило пространственное распространение пород различного возраста, генезиса, состава и состояния, характер рельефа и особенности гидрогеологических условий. Все это предопределило возникновение ряда геологических процессов на территории: оползней, суффозионно-карстовых процессов и др. На инженерно-геологические условия территории города в настоящее время оказывают влияние интенсивные техногенные воздействия, часто приводящие к активизации геологических процессов.

Личачева Э. А. О семи холмах Москвы. М.: Наука, 1990. 144 с.

Гольденберг П. Как росла Москва // Строительство Москвы. 1936. № 18.

Наиболее полно пространственные инженерно-геологические закономерности могут быть вскрыты путем районирования, т.е. обособления территории, характеризующихся общностью всех показателей, определяющих понятие «инженерно-геологические условия». Инженерно-геологическое районирование территории Москвы в условиях большого разнообразия типов строения геологических разрезов, рельефа, наличия нескольких водоносных комплексов, активизации неблагоприятных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений представляет собой сложную задачу и не может быть решено без некоторой схематизации каждого из перечисленных показателей и определения ведущих критериев типизации¹. Схематизация строения геологической среды должна проводиться с учетом ее структуры и взаимодействия составляющих ее компонентов. Для территории Москвы такими компонентами являются рельеф и геологическое строение верхних горизонтов земной коры, гидрогеологические условия, геологические процессы, инженерно-геологические свойства горных пород и образуемых ими массивов.

Анализ инженерно-геологических условий территории Москвы показал, что нижняя граница изучаемой толщи должна быть неодинакова для разных районов. В речных долинах, где отсутствует мощная толща юрских глин, мезозой-кайнозойские водоносные горизонты тесно связаны с каменноугольными. В толще карбона в последние годы в этих условиях наблюдается оживление карстово-суффозионных процессов. В связи с этим изучение геологического разреза для нужд наземного строительства здесь необходимо проводить по крайней мере до верхов среднего карбона. На остальной территории города, где распространена мощная толща юрских (оксфордских и келловейских) глин, являющихся региональным водоупором, за нижнюю границу изучаемых отложений может быть принята кровля этой толщи. Выдержанные горизонты глин, с одной стороны, экранируют проникновение в нижележащие толщи загрязняющих среду компонентов, а с другой — определяют развитие на отдельных участках оползней. Можно также считать установленным, что мощные толщи юрских глин экранируют кровлю закарстованных каменноугольных известняков и предохраняют их от активизации карстово-суффозионных процессов.

Изложенные положения определили выбор критериев, используемых при районировании территории Москвы. При этом учитывается наличие или отсутствие в разрезе мезозойских отложений, их состав и мощность; строение, мощность и состав отложений четвертичного возраста. Особое внимание уделяется анализу последних, породы которых являются основанием всех наземных сооружений. По перечисленным признакам проводится типизация территории на уровне инженерно-геологических районов (рис.5.1).

5.2.2. Инженерно-геологические условия западной, юго-западной и южной части города (область А)

Область умеренных новейших тектонических движений в кайнозойскую эру с преобладанием устойчивых поднятий (область А) занимает западную, юго-западную и южную часть города (рис.5.1). По характеру рельефа это ледниковая, преимущественно моренная, фрагментами флювиогляциальная, среднеплещищеная равнина. Абсолютные отметки поверхности моренной равнины колеблются от 190 до 250 м. Рельеф

¹ Голдковская Г.А., Лебедева Н.И. Инженерно-геологическое районирование территории Москвы // Инженерная геология. 1984. №3. С. 87–102.



Рис 5 1 Схема инженерно-геологического районирования территории Москвы. Условные обозначения: А – область умеренных новейших тектонических движений в кайнозойскую эру с преобладанием устойчивых поднятий, Б – область слабых проявлений новейших тектонических движений в кайнозойскую эру с преобладанием поднятий, В – область весьма слабых проявлений новейших тектонических движений в кайнозойскую эру с преобладанием поднятий, Г – область унаследованного развития речных долин. 1 – номера инженерно-геологических районов (усл. обозн. к районам см. рис. 5 2).

равнины в целом пологоволнисты, сильно и глубоко расчлененны. Густота расчленения достигает 3,0 км/км и более, а глубина расчленения составляет в среднем 15–30 м/км. Наиболее возвышенная часть области – Теплостанская возвышенность. Общий перепад высот здесь достигает 120 м, а максимальная глубина расчленения – 75 м/км. Крутизна склонов вблизи подмываемого правого берега р.Москвы и крутых оврагов достигает 20° и более. Небольшие участки флювиогляциальной равнины расчленены значительно меньше: густота расчленения не превышает 1,0–2,0 км/км, а глубина расчленения колеблется от 20 до 25 м/км. Уклоны поверхности большей частью составляют 1,5–3°.

Геологический разрез юго-западной части города на интересующую нас глубину сложен мощной (150–170 м) песчано-глинистой толщей пород мезозонского и четвертичного возраста. Мезозойские отложения в нижней части разреза представлены глинистыми породами средней и верхней юры, залегающими на верхнекаменноугольных карбонатных породах. Верхнюю часть разреза юрских отложений составляют глинистые пески, местами переходящие в сильно песчаные глины или глинистые алевролиты. Повсеместно на верхнеюрских песках залегают меловые отложения мощностью до 80 м, представленные преимущественно песками тонко- и мелкозернистыми, пылеватыми и слабоглинистыми, часто водонасыщенными, плотными. Пески обладают ничтожно малым сцеплением и легко разжижаются и оплывают при очень малых разрушающих напряжениях. При определенных условиях меловые пески склонны к проявлению пльвинных свойств, что существенно осложняет подземное строительство в описываемой области. Только в этой части территории г.Москвы в разрезе меловых отложений встречаются слои глин и глинистых алевролитов мощностью до 20 м.

Глины тяжелые, пылеватые, плотные, влажные, практически не набухающие. При механическом воздействии породы в результате нарушения структурных связей теряют связность и оплывают, что также может осложнять подземное строительство.

Заканчивается геологический разрез юго-западной части Москвы толщей четвертичных пород, представленных переслаиванием моренных суглинков и глин, водно-ледниковых песков и супесей, аллювиальных и озерных песков и суглинков, общая мощность которых увеличивается от 5–10 м на Теплостанской возвышенности до 20, редко 30 м на приводораздельных склонах. В области А также почти повсеместно распространены покровные суглинки, образующие маломощный (1–2, местами до 3–4 м) чехол.

Гидрогеологические условия области А характеризуются распространением в ее пределах водоносного комплекса мезозои-кайнозойских отложений, представленного несколькими горизонтами. Гидравлическая связь между четвертичными, меловыми и юрскими горизонтами почти везде отсутствует. До начала интенсивного освоения территории мезозои-кайнозойский водоносный комплекс был представлен в основном горизонтами, уровенная поверхность которых располагалась в меловых и селенско-донских песках на глубинах от 3–5 (на склонах) до 20–30 м (на водоразделах). Выше лежащие водоносные горизонты в доно-московских водно-ледниковых, аллювиальных и озерных отложениях и покровных суглинках встречались только в виде линз. В настоящее время в районах массовой застройки повсеместно прослеживаются два, а на отдельных участках и три водоносных горизонта, приуроченных к относительно хорошо проницаемым прослоям. Амплитуда изменений уровней грунтовых вод составляет 2–4, а на отдельных участках – более 5 м и носит явно техногенный характер. Кроме того, распространение с поверхности слабопроницаемых моренных и покров-

ных суглинков весьма благоприятно для образования верховодки залегающей обычно на глубине 2–3 м. Выдержанный региональный водопор. представленный мощной толщей юрских глин, залегает на глубине от 60 до 130 м в зависимости от рельефа.

Совокупность геолого-гидрогеологических условий области обусловила развитие в ее пределах определенных геологических и инженерно-геологических процессов. Наиболее характерными из них до интенсивного освоения территории были овражная эрозия, плоскостной смыв, меткие оползни по бортам оврагов и метких речек, образование верховодки на водоразделах. В процессе строительного освоения области планировка территории и засыпка оврагов привели к затуханию плоскостного смыва и оврагообразования. Одновременно засыпка оврагов и речек обусловила возникновение линейной суффозии вдоль засыпанных водотоков. Развитие этого процесса вызывает оседание поверхности земли на локальных участках, сопровождающееся деформациями асфальтовых покрытий, подземных коммуникаций.

По особенностям строения четвертичных отложений в области выделено три группы инженерно-геологических районов (рис. 5.1 и 5.2, районы 1–3). Прежде всего обособляются районы, где с поверхности залегают моренные суглинки московского и донского оледенения (в рельефе – моренная равнина). Московская морена представлена красно-бурыми суглинками и супесями песчанистыми глыбами известковистыми с прослойками песка различной мощности с включением гальки и валунов. Мощность суглинков колеблется от 1–2 м до 10 м. Угол внутреннего трения суглинков изменяется от 18 до 20°, а сцепление составляет 0,05 МПа. Донская морена представлена сероватыми или коричневыми суглинками, в меньшей степени глинами и супесями, с редкими тоннами песков, с включениями (до 30%) гравия, гальки и валунов. Отмечается увеличение известковистости суглинков с глубиной. Мощность отложений в среднем составляет 10–15 м.

Моренные суглинки донского возраста в юго-западной части Москвы характеризуются по сравнению с остальной территорией города повышенным содержанием глинистых частиц и соответственно более высоким углом внутреннего трения (16–17°).

Глубина залегания грунтовых вод на Теплостанской возвышенности в пределах этой группы районов составляет 5–10 м, увеличиваясь местами на приводораздельных склонах до 15 м. На более низких водораздельных пространствах грунтовые воды вскрываются на глубине 3–10 м от поверхности, на локальных участках – даже на глубине 1–3 м.

В целом инженерно-геологические условия первой группы районов благоприятны для освоения. Моренные суглинки являются надежным основанием для различных инженерных сооружений, а грунтовые воды преимущественно находятся на значительной глубине. Вместе с тем в связи с наблюдающейся в последние годы тенденцией техногенного обводнения верхней части суглинков, приводящей местами к подтоплению подземных коммуникаций и фундаментов зданий, дальнейшая нормальная эксплуатация сооружений потребует определенных мероприятий. Развитие техногенного обводнения необходимо учитывать и при строительстве новых зданий и подземных коммуникаций. Увеличение влажности моренных суглинков в зимнее время приводит к пучению, с которым связаны наблюдаемые местами деформации дорожных покрытий.

Во вторую группу районов попадают территории, с поверхности которых распространены водно-ледниковые преимущественно песчаные отложения московского оледенения, мощностью до 8–10 м. В рельефе они соответствуют сильно расчленен-

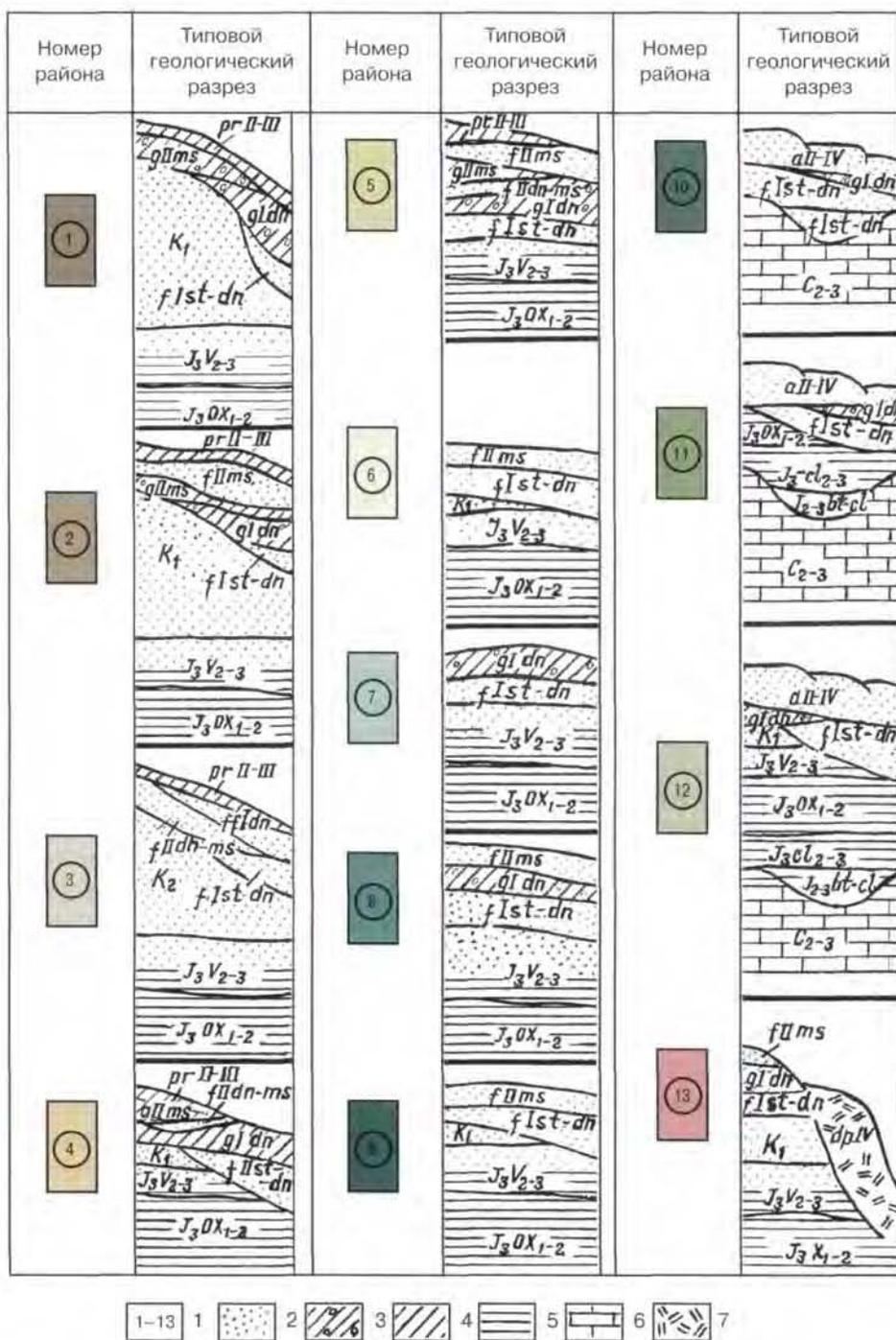


Рис 5 2 Типы строения геологической среды территории Москвы. Условные обозначения: 1–13 – инженерно-геологические районы (описание в тексте); 2 – пески; 3 – суглинки с валунами и галькой; 4 – суглинки; 5 – глины; 6 – известняки; 7 – оползневые накопления.

ной равнине Пески подстилаются московской или донской мореной, залегающей или непосредственно на песчаных отложениях мезозоя или на селенско-донских водно-ледниковых и аллювиально-озерных песках. Грунтовые воды вскрываются обычно на глубине от 3 до 15 м. Гидрогеологическая обстановка достаточно сложная. При близком залегании к поверхности моренных суглинков отмечается подпор грунтовых вод. Присутствие местами в разрезе межморенных доно-московских песков вносит дополнительные трудности при освоении территории из-за увеличения числа водоносных горизонтов. Вместе с тем распространение с поверхности флювиогляциальных песков при значительном расчленении рельефа облегчает в этих районах борьбу с подтоплением.

Особое положение в области занимает третья группа районов пространственно тяготеющих к долине реки Москвы. Преимущественно песчаный разрез отложениями представленный водно-ледниковыми песками московского доно-московского и селенско-донского возраста исключает развитие характерного для области образования верховодки и техногенного обводнения отложениями. Отсутствие же водупоров в разрезе обуславливает гидравлическую связь в пределах этих «песчаных окон» между водоносными горизонтами всего мезозой-кайнозойского комплекса.

5.2.3. Инженерно-геологические условия северной и северо-западной части города (область Б)

Инженерно-геологическая область относительно слабых проявлений новейших тектонических поднятий (область Б) расположена на севере и северо-западе Москвы (см. рис. 5.1). Рельеф области представляет собой пологовсползающую моренную равнину среднеплейстоценового возраста с абсолютными отметками от 165 до 185 м, слаборасчлененную. Глубина расчленения колеблется от 5 до 15 м/км, а плотность расчленения обычно не превышает 1 км/км. Гипсометрически более низкие поверхности представляют также слаборасчлененную флювиогляциальную среднеплейстоценовую равнину.

Геологическое строение области более разнообразное, чем в юго-западной части Москвы. В связи со значительным размывом мезозойских отложений каменноугольные карбонатные породы залегают на глубине от 30–50 до 80 м от поверхности. Перекрывающие их мезозойские отложения представлены большей частью юрской песчано-глинистой толщей. Отложения нижнего мела сохранились лишь на отдельных участках и мощность их, как правило, не превышает 8–10 м. Верхнемеловые отложения уничтожены полностью. Общая мощность мезозойских пород не превышает 40 м.

В зону активного инженерно-хозяйственного воздействия попадает толща мезозойских пород, представленная оксфордскими и средневожжскими (кимериджскими) глинами, а также верхневожжскими (титонскими) и нижнемеловыми песками. По сравнению со средневожжскими глинистыми отложениями оксфордские глины отличаются более высокой степенью титификации и соответственно большей прочностью (общий модуль деформации в среднем составляет 22 МПа). Средневожжские глины песчанистые, рыхлые, сильно увлажненные, прочность их также достаточно высока (общий модуль деформации в среднем равен 20 МПа), но они обладают тиксотропными свойствами и при механическом воздействии способны переходить в подвижное состояние.

Четвертичные отложения залегают в основном на нижнемеловых и/или верхневожжских песках. Лишь местами в придолинных участках, где мезозойские пески полностью размывы, четвертичные отложения подстилаются оксфордскими глинами.

Разрез четвертичных отложений представлен переслаиванием среднепleistоценовых водно-ледниковых песков и моренных суглинков общей мощностью от 12–15 до 30, реже 35 м. В северной части области (к северу от долины р. Лихоборки) широко распространены верхнеплейстоценовые (микутинские) и современные озерно-болотные и болотные отложения, представленные сильновлажными неуплотненными слабыми породами — илами, торфами, песками, суглинками, погребенными почвами, содержащими большое количество органического вещества, общей мощностью до 5 м, редко больше. Отложения характеризуются изменчивостью состава по простиранию, неравномерной сжимаемостью, что делает их ненадежными основаниями для инженерных сооружений. Строительство на них возможно лишь с предварительным уплотнением, устройством песчаных подушек, с применением свайных фундаментов и другими специальными мероприятиями. В этой же части области почти повсеместно с поверхности залегают покровные суглинки, мощность которых увеличивается от 1–2 м на водоразделах до 3–4 м на склонах.

В южной половине области, давно освоенной и застроенной, болотные микутинские отложения и покровные суглинки уничтожены, но вместо них территория перекрыта почти сплошным чехлом техногенных образований, мощность которых обычно составляет 2–4 м, местами увеличиваясь до 6–8, редко 10 м.

В северной части области техногенные отложения не имеют сплошного распространения, а мощность их редко превышает 1 м. По своему составу техногенные отложения, как правило, неоднородны и очень разнообразны. Они содержат строительный и бытовой мусор, отходы производства, перекопанные четвертичные и коренные породы, погребенные дорожные покрытия, остатки старых кирпичных фундаментов и т.д. В целом для техногенных отложений характерны невыдержанность состава по простиранию, различная плотность, способность давать значительные и, что более существенно, неравномерные осадки под нагрузкой. Все это делает их ненадежными основаниями для капитальных сооружений. Поэтому строительство в районах распространения техногенных отложений большой мощности в настоящее время производится в основном с применением свайных фундаментов.

Водоносный комплекс мезозой-каинозойских отложений северной и северо-западной части города представлен горизонтами, заключенными в четвертичных нижнемеловых и юрских песчаных отложениях. Однако здесь почти повсеместно отмечается гидравлическая связь между верхними (четвертичными) и нижними (мезозойскими) водоносными горизонтами. Уровень поверхности грунтовых вод в настоящее время располагается близко к поверхности — обычно на глубине 3–5 м, на отдельных участках на глубине 2–3 м. Региональный водоупор мезозой-каинозойского комплекса на всей территории залегает примерно на одинаковой глубине — от 25 до 40 м от поверхности — и выдержан по мощности почти на всей площади, за исключением отдельных придольных участков, где верхняя часть юрских глин размыва. Повсеместное развитие в северной части области покровных слабопроницаемых суглинков, а в южной — техногенных отложений при общей выровненности рельефа привело к формированию в этих отложениях верховодки. Незначительная расчлененность территории способствует также подъему грунтовых вод, развивающемуся за счет усугубления инфильтрационного питания на водоразделах и ухудшения общей дренированности территории.

По особенностям строения геологической среды, характеру рельефа и гидрогеологическим условиям в области выделяются три группы инженерно-геологических районов (рис. 5.1 и 5.2, районы 4–6). В четвертую группу попадают районы, представ-

тяющие моренную равнину среднепleistоценового возраста сложенную моренными суглинками мощностью 10–15 м и подстилающими их четвертичными или нижнемеловыми песками. В придолинных районах где меловые и верхневожжские (титонские) пески размыты четвертичные водноледниковые пески залегают непосредственно на верхнеюрских глинах. Общая мощность четвертичных отложений около 25 м. На остальной территории водноледниковые пески подстилаются нижнемеловыми верхнеюрскими песками. Мощность разреза четвертичных отложений на отдельных участках достигает 30 м. Местами где ниже-плейстоценовые водноледниковые аллювиальные и озерные пески и супеси размыты и моренные суглинки залегают непосредственно на нижнемеловых песках мощность четвертичного разреза сокращается до 10–15 м, в то же время мощность мезозойских песчаных отложений увеличивается до 20 м. Преимущественно в северной части области в разрезе четвертичных отложений часто встречаются линзы межморенных доно-московских песков мощностью до 5–7 м. Гидрогеологические условия при этом усложняются увеличивается количество водоносных горизонтов, фильтрационное строение мезозой-кайнозойского комплекса становится четырехстоечным, а мощность возрастает до 20–30 м.

При инженерно-хозяйственном освоении этой группы районов основанием для сооружения большей частью являются выдержанные по мощности моренные суглинки московского и донского возраста. Донские суглинки более однородны по своим свойствам. Угол внутреннего трения практически везде постоянен и равен 18°, а сцепление составляет 0,05 МПа. Для суглинков характерна повышенная коррозионная активность. Очень неблагоприятны в пределах этой группы районов гидрогеологические условия: близкое залегание к поверхности грунтовых вод, требующее предусматривать гидроизоляцию фундаментов или дренажные системы, формирование верховодки в покровных и моренных суглинках и техногенных отложениях, агрессивность грунтовых вод к бетону. Необходимо учитывать и возможность развития линейной суффозии в засыпанных долинах мелких речек, сопровождающейся локальным оседанием поверхности.

Пятью группами районов образуют территории сложенные с поверхности московскими водноледниковыми песками неоднородно зернистыми с супесями, гравием и валунами, мощностью от первых метров до 10 м, редко больше. Эти пески залегают на моренных суглинках. Грунтовые воды располагаются близко к поверхности, как правило, на глубине менее 3 м. Близкое залегание грунтовых вод, большое количество водоносных горизонтов, гидравтически связанных друг с другом, а также переслаивание различных по составу и свойствам отложений определяют основные условия инженерно-хозяйственного освоения этой группы районов. Кроме того, на участках где мощность московских водноледниковых песков небольшая и близко к поверхности залегают моренные суглинки, происходит подтопление территории.

Принципиально иное строение геологической среды, обусловившее особенности гидрогеологических условий и характер геологических процессов, имеют районы шестой группы этой области, пространственно прилегающие к долинам рек Москвы и Яузы и сложенные исключительно водноледниковыми песками московского и селенского-донского возраста, залегающими также на песчаных отложениях нижнего мела или юры. Песчаный разрез толщ исключает здесь развитие подтопления. Вместе с тем здесь необходимо учитывать возможность возникновения суффозии как в пределах засыпанных долин, так и вдоль трасс подземных коммуникаций, развитие которой нарушает нормальную эксплуатацию дорожных магистралей, а в ряде случаев и подземных коммуникаций.

5.2.4. Инженерно-геологические условия северо-восточной части города (Область В)

Область весьма слабых проявлений новейших тектонических поднятий (область В) расположена на северо-востоке Москвы (рис. 5.1). Значительная часть площади ее занята зелеными массивами (Лосинный остров, Южное Измайлово). По характеру рельефа область представляет собой задровую слаборасчлененную равнину среднеплейстоценового возраста с редкими моренными останцами, с абсолютными отметками поверхности 150–165 м, входящую в состав Мещерской озерно-ледниковой низменной равнины. От собственно Мещерской равнины эта область отделена слабовыраженным в рельефе поднятием, водораздел которого проходит по восточной окраине города вдоль МКАД. Особенности развития этой области в новейшее и, особенно, в четвертичное время определили очень слабую расчлененность ее поверхности и плоский рельеф. Почти половина ее площади не имеет ложбин стока, т.е. густота расчленения на таких участках равна практически нулю, а на остальной территории она, как правило, не более 0,5 км/км². Глубина расчленения обычно не превышает 10 м/км при уклонах поверхности менее 1°. Изменения рельефа в процессе инженерно-хозяйственного освоения минимальны.

Геологическое строение области однородное и простое. Четвертичные отложения мощностью от 10 до 30 м в основном залегают на маломощных (5–6 м) нижнемеловых или верхнеюрских песках. Местами, в придолинных участках, где песчаные отложения мезозоя размыты, четвертичные отложения залегают непосредственно на верхнеюрских глинах. Инженерно-геологическая характеристика коренных отложений приведена в описании предыдущих инженерно-геологических областей. Общая мощность мезозойских пород, находящихся в зоне активного инженерно-хозяйственного воздействия, составляет около 40 м. Верхняя часть четвертичного разреза почти повсеместно сложена флювиогляциальными песками мощностью от 4 до 10 м. Практически всюду их подстилают моренные валунные суглинки времени московского оледенения. Последние выходят на поверхность лишь в районах моренных останцов. Мощность их составляет 3–4 м на размытых останцах, увеличиваясь до 15 м в депрессиях. Характерной особенностью области является отсутствие покровных суглинков.

Гидрогеологические условия области определяются наличием гидравлической связи всех водоносных горизонтов мезозой-каинозойского водоносного комплекса. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 2 до 5, редко до 10 м, имеются также территории с глубинами залегания грунтовых вод менее 2 м. Глубина залегания первого от поверхности регионального водоупора колеблется от 20 в придолинной зоне до 45 м на водоразделах. Грунтовые воды на застроенных территориях агрессивны по отношению к бетону. Выровненный, плоский, слабо расчлененный рельеф, с одной стороны, благоприятен при строительстве наземных сооружений в связи с малым объемом планировочных работ, а с другой стороны, слабая дренированность создает предпосылки для развития подтопления территории.

Следует обратить внимание на возможность возникновения суффозии вдоль трасс подземных коммуникаций в связи с преобладанием песчаных пород в геологическом разрезе.

По особенностям строения геологической среды в области выделяется три группы инженерно-геологических районов (рис. 5.1 и 5.2, районы 7–9). Первая из них (группа районов 7) занимает небольшие площади и представляет в геоморфологическом отно-

шении реликты моренной равнины московского оледенения. С поверхности залегают моренные плотные суглинки и глины с включениями гальки и валунов, мощностью 5–10 м, подстилаемые песками доно-московского возраста. Грунтовые воды находятся в 3–5 м от поверхности. Фильтрационное строение мезозой-кайнозойского водоносного комплекса простое: под суглинками залегает единый горизонт водоносных разнозернистых песков эффективной мощностью около 20 м. Залегающие с поверхности московские моренные суглинки являются надежным основанием для различных инженерных сооружений. Вместе с тем эксплуатация сооружений в этом районе наряду с имеющимся местом подтоплением осложняется повышенной коррозионной активностью грунтов, что существенно влияет на надежность работы подземных коммуникаций.

На остальной территории области преобладают районы, сложенные с поверхности флювиогляциальными песками московского возраста, преимущественно мелкозернистыми, мощностью от 5 до 10 м. Подстилаются они моренными плотными суглинками мощностью до 15 м (группа районов 8) или флювиогляциальными песками доно-московского возраста (группа районов 9). Мезозой-кайнозойский водоносный комплекс имеет трехслойное строение, водоносные мелкозернистые пески и супеси первого от поверхности горизонта отделены суглинками от водонасыщенных разнозернистых песков селенско-донского флювиогляциала, а в отдельных случаях — от мелкозернистых глинистых песков позднего мезозоя. Следует обратить особое внимание на то, что последние легко переходят в плавунное состояние. Глубина залегания грунтовых вод, как правило, менее 3 м. На участках близкого залегания к поверхности моренных суглинков отмечается подтопление. В связи с этим при хозяйственном освоении районов необходима гидроизоляция фундаментов.

5.2.5. Инженерно-геологические условия речных долин рр. Москвы и Яузы (область Г)

Четвертая инженерно-геологическая область, в историко-геологическом аспекте рассматриваемая как область унаследованного развития речных долин (область Г), совпадает с границами современных долин рек Москвы и Яузы и занимает почти треть территории города, пересекая ее с северо-запада на юго-восток (рис. 5.1). Территория характеризуется интенсивной техногенной нагрузкой. Здесь отмечается высокая плотность застройки, большое количество старых промышленных предприятий, действуют мощные водозаборы и линии метрополитена. В связи с этим геологическая среда здесь претерпела значительные изменения.

История развития долины р. Москвы определила своеобразный характер строения геологической среды, особенности ее рельефа и гидрогеологической обстановки. Долина имеет асимметричное строение с преимущественным развитием террас на левом берегу, и высокими оползневыми склонами на подмываемых правобережных участках. Наибольшей ширины (до 15 км) она достигает в юго-восточной части города, здесь же наиболее ярко выражена асимметричность ее строения.

В долине выделяются три надпойменные террасы и пойма. Самая древняя III надпойменная терраса (Ходынская), среднеплейстоценового возраста, занимает наибольшие площади в городе. Ровная поверхность ее имеет небольшие (1,5–3°) уклоны, расчленена на большую (до 25–30 м) глубину, с превышением над урезом р. Москвы от 30–35 м у тылового шва до 25 м у бровки. Уступ террасы пологий. Абсолютные отметки поверхности составляют 135–160 м.

II надпойменная терраса, позднеплейстоценовая, обычно хорошо выражена в рельефе и встречается вдоль всей реки в черте города, имеет слабонаклонную поверхность с уклонами не более $1,5^\circ$, пологий уступ. Относительная высота увеличивается от 12–18 м у бровки до 20–22 м у тылового шва.

I надпойменная терраса, также позднеплейстоценового возраста, встречается лишь в виде отдельных фрагментов и имеет относительную высоту 8–10 м. Поверхность террасы преимущественно спланирована, особенно в центральной части города.

Пойма тянется практически сплошной полосой вдоль реки. Относительная высота ее 1–4 м. Поверхность слабонаклонная, плоская, преимущественно спланированная, характеризуется минимальными морфометрическими показателями глубины расчленения ($5\text{--}10\text{ м/км}^2$) и уклонами поверхности не более $1,5^\circ$.

Область Г наиболее разнообразна по инженерно-геологическим условиям. Наибольшие сложности обусловлены существованием глубокооврезуемых древних, доледниковых долин. Основанием четвертичных отложений на разных участках служат либо карбонатные породы среднего и верхнего карбона, либо юрские глины или пески.

Средне-верхнекаменноугольные карбонатные породы вскрываются под четвертичными отложениями в пределах древних погребенных долин, на глубине от 20 до 50 м. Наибольшую протяженность они имеют в пределах прadolин рек Москвы и Яузы. Глубокие размывы установлены в верховьях Яузы, в бассейне р. Лихоборки.

Среднекаменноугольные отложения сложены преимущественно органогенными известняками с прослоями мергелей и доломитов, местами окремненными, пористыми, сильнотрещиноватыми и закарстованными. Верхнекаменноугольные карбонатно-глинистые породы представлены чередованием известняков, мергелей, глин и доломитов. Известняки органогенные, глинистые, мергелистые. Местами окремненные, пористые, кавернозные, сильнотрещиноватые, закарстованные, местами разрушенные до щебня, с прослоями доломитовой муки. Известняки и доломиты карбона в ненарушенном состоянии обладают высокой прочностью – в среднем от 20–34 МПа у известняков и до 40–50 МПа у доломитов. С уменьшением зернистости пород прочность возрастает: от 12 МПа у крупнозернистых известняков до 37 МПа у микрозернистых разностей. Наиболее характерные значения модуля упругости известняков – 3×10^4 МПа, для доломитов преобладают значения 4×10^4 МПа.

По всему разрезу карбонатных пород и во всех литологических разностях встречаются зоны дробления. В верхнекаменноугольных породах они представлены обломками щебня, дресвы и доломитовой мукой. Мощность их в среднем в породах верхнего карбона составляет 20–50 см, а в среднем карбоне – от первых сантиметров до 4–5 м. В большей части они приурочены к породам мячковского горизонта и связаны с зонами повышенной трещиноватости.

На остальной территории четвертичные отложения залегают на юрских породах, мощность которых колеблется от первых метров до 20–30 м. Верхние горизонты юры почти повсеместно размывы, и четвертичный комплекс подстилается толщей глин оксфордского яруса. Местами на относительно крупных площадях сохранились глины и пески волжского яруса. Глинистые породы волжского яруса в долине р. Москвы претерпели значительные разгрузки в результате размыва вышележащих пород и обладают низкой уплотненностью и высокими показателями влажности и пористости.

Среди четвертичных отложений преобладают песчаные разности аллювиального, флювиогляциального, озерного генезиса. Их мощность в пределах древних долин достигает 50, вне их – 20–25 м. Современные аллювиальные отложения поим предста-

влены разнозернистыми песками, в меньшей степени супесями и суглинками с включениями гравия и гальки, часто заиленными, с прослоями и линзами торфов. Общая мощность пойменного аллювия 8–15 м.

Низкие террасы р.Москвы и ее притоков более однородны по составу аллювия и сложены разнозернистыми песками позднеплейстоценового возраста мощностью до 8–10 м

Среднеплейстоценовые аллювиальные отложения представлены мелкозернистыми песками, переходящими в верхней части (2–3 м) в неотсортированные валунные пески, общей мощностью до 15–17 м. Аллювиальные пески подстилаются либо моренными валунными суглинками донского возраста мощностью от 3–4 до 6–7 м, особенно широко развитыми в пределах III надпойменной террасы, либо флювиогляциальными и озерными отложениями сетуньско-донского комплекса мощностью от 5–10 до 15–20 м.

Особое положение в разрезе занимают техногенные образования, широко развитые в центральной части города, где мощность их в среднем составляет 4–6 м и более. Значительные площади поймы заняты насыпными и намывными грунтами. Последние по своему составу близки к аллювиальным грунтам, но отличаются от них более высокой сжимаемостью; при нагрузках они дают значительные, хотя и равномерные осадки. По строительным свойствам наименее благоприятны техногенные отложения в районах засыпки оврагов мелких рек, ручьев, болот, прудов, которые характеризуются разнообразным составом, неуплотненностью, высоким содержанием органики.

Гидрогеологические условия в долине характеризуются тесной связью мезозойско-кайнозойских водоносных горизонтов с каменноугольными горизонтами. Поток подземных вод отличается преобладанием нисходящей фильтрации, обусловленной в основном работой водозаборов, эксплуатирующих подземные воды мячковско-подольского водоносного горизонта.

Уровеньная поверхность грунтовых вод изменяется в среднем от 1–3 м на пойме до 3–10 м на террасах, местами до 15 м. Периодическая работа водозаборов обусловила нерегулярное изменение поверхности грунтовых вод с амплитудами более 5 м. Близкое залегание грунтовых вод на террасах обычно характерно для районов, где аллювиальные отложения подстилаются моренными слабопроницаемыми суглинками. При этом создаются благоприятные условия для заболачивания пойменных территорий. Присутствие выдержанных прослоев суглинков значительно усложняет геофильтрационную обстановку. На отдельных участках в техногенных отложениях на пойме формируется верховодка с близким залеганием к поверхности.

С интенсивным водоотбором в пределах речной долины связано оживление карстово-суффозионных процессов. Преимущественно песчаный состав аллювиальных отложений благоприятствует развитию суффозионных явлений, имеющих как природный, так и антропогенный характер. В пределах засыпанных долин мелких рек возможна линейная суффозия, вызывающая локальные опускания поверхности. И, наконец, в долине в отдельных случаях возможна активизация оползневых процессов.

Большое разнообразие инженерно-геологических ситуации на территории описываемой области весьма осложнило ее инженерно-геологическое районирование. Опыт строительства и эксплуатации сооружений показал, что особенности строения подстилающих четвертичную толщу пород оказываются часто решающими при оценке устойчивости сооружений. С учетом изложенного, на территории области выделено четыре группы инженерно-геологических районов (районы 10–13, рис. 5.1 и 5.2).

В группу районов 10 попадают территории глубоких доледниковых эрозионных врезов, выполненных нижнечетвертичными аллювиальными разнозернистыми песками с галькой, иногда озерными глинами, суглинками и супесями общей мощностью до 15 м. На древнеаллювиальных песках залегают флювиогляциальные и озерные сетунско-окские пески, перекрываемые аллювиальными песками поймы или надпойменных террас. Общая мощность четвертичных песков в районах переглублений достигает 40–60 м. В пределах древних, доледниковых долин четвертичные отложения залегают непосредственно на каменноугольных карбонатных закарстованных и трещиноватых породах. Гидрогеологическая обстановка характеризуется наличием системы гидравлически взаимосвязанных каменноугольных и четвертичных водоносных горизонтов, обусловившей техногенное загрязнение подземных вод в этих районах. Здесь же отмечается наиболее интенсивная нисходящая фильтрация подземных вод. Преобладает однослойное строение мезозой-кайнозойского водоносного комплекса; водовмещающие породы представлены разнозернистыми песками. Наибольшая глубина залегания грунтовых вод (7–18 м) отмечается в пределах III надпойменной террасы.

За пределами древних погребенных долин сохранились юрские глины, на поверхности которых залегают четвертичные, преимущественно песчаные, отложения мощностью до 25 м. Мощность регионального юрского водоупора, представленного верхнеюрскими глинами, колеблется от нескольких метров до 20 м и более.

Территории, где мощность юрских глин небольшая (менее 10 м), выделены в 11-ю группу инженерно-геологических районов. Для них характерно сравнительно близкое залегание к поверхности (на глубине от 20 до 35 м) закарстованных карбонатных пород. В районах, расположенных вблизи погребенных долин, где мощность юрских глин минимальная, возможно, существует гидравлическая связь между четвертичными и каменноугольными водоносными горизонтами. На участках, где оксфордские глины уничтожены, и четвертичные пески залегают на маломощных (до 5 м) песчаных келловеиских глинах, возможно перетекание вод четвертичного водоносного горизонта в каменноугольные. В этой группе районов в пределах III надпойменной террасы отмечаются карстово-суффозионные процессы с проявлением их на поверхности.

Территории с большой мощностью (более 10 м) юрских глин выделены в 12-ю группу инженерно-геологических районов. Там, где на верхнеюрских глинах залегают песчано-глинистые волжские отложения верхней юры, мощность регионального водоупора достигает 20 м и более.

Особое положение в области занимают древние высокие, сильно и глубоко расчлененные оползневые склоны р.Москвы, образующие 13-ю группу инженерно-геологических районов. Крупные блоковые оползни приурочены, как правило, к подмываемым участкам высокого правого берега р.Москвы. Деформируемым горизонтом глубоких оползней являются пластичные юрские глины, залегающие в основании склонов, а глубина зон смещения может достигать 15–30 м ниже уровня р.Москвы.

Инженерно-геологическое районирование территории Москвы позволяет выявить основные особенности геологической среды города на глубину хозяйственного воздействия, охарактеризовать различные условия протекания геологических и инженерно-геологических процессов и явления, провести анализ изменений, происходящих в геологической среде под влиянием города. Оно является также хорошей базой для прогнозирования антропогенных изменений на территории города при дальнейшем его развитии.

5.3. Инженерно-геологические условия подземного строительства

5.3.1. Строительство подземных сооружений

У новостроек Москвы есть одна примечательная особенность. Среди них появляется все больше сооружений, частично или полностью расположенных ниже поверхности земли. Под землей строятся транспортные тоннели и переходы через улицы, автомобильные стоянки и различные хранилища. В подземном пространстве проектируются и возводятся огромные многоцелевые комплексы

Город заглубляется в землю, расширяя используемые площади. Это одно из главных направлений в стратегии современного градостроительства. В его осуществлении важную роль играет геологическая наука

Для того, чтобы разместить на глубине в несколько десятков метров крупные современные сооружения с их коммуникациями, нужно выполнить детальные геологические исследования. Необходимо установить порядок и характер напластования грунтов, изучить их состав и свойства: плотность, прочность, способность к деформациям, водопроницаемость и др. Требуется выяснить, имеются ли в этом месте подземные воды, определить глубину их залегания, направление движения, химический состав, режим изменения уровня.

Для получения необходимых сведений на участке предполагаемого строительства выполняются инженерно-геологические изыскания. В их состав входят разнообразные работы, бурение скважин, отбор образцов грунта и их испытания в лаборатории, различные опыты в скважинах и на поверхности. Большое значение придается геофизическим исследованиям. Они заключаются в измерениях при помощи современной аппаратуры различных физических свойств грунтового массива: электрического сопротивления, скорости прохождения сейсмических волн, акустических параметров, радиоактивности и т. п. По этим данным определяются прочность и качество грунтов в их естественном состоянии. На основании перечисленной информации составляются геологические карты, разрезы и другие материалы, требующиеся для проектирования и строительства.

Изыскания в городе во многом необычны по своим целям и задачам. При ведении нового строительства важное значение приобретает проблема сохранения существующих построек. При строительстве подземных сооружений роются глубокие котлованы, из которых вынимается большой объем грунта. Это приводит к резкому нарушению сложившегося равновесия в грунтовом массиве. Грунт начинает смещаться в сторону котлована — к освободившемуся пространству. Он увлекает за собой фундаменты существующих зданий, что может привести к их разрушению.

Очень важную роль играют также грунтовые воды. Глубокие котлованы собирают подземную воду и вызывают понижение ее уровня. С другой стороны, крупные подземные сооружения, после того, как они построены, могут пересекать водоносный горизонт. В этом случае они играют роль плотины в отношении грунтового потока и поднимают его уровень. Изменение уровня грунтовых вод как в сторону понижения, так и повышения может существенно повлиять на устойчивость фундаментов наземных сооружений. Особенно чувствительны к ним ослабленные временем старинные постройки.

Предотвращение негативного влияния подземного строительства на окружающую территорию является одной из главных и самой сложной задачей геологических изысканий. Оценка и прогноз возможных изменений состояния территории осуществ-



Рис 5 3 Панорама котлована торгово-рекреационного комплекса (Манеж) во время строительства (фото В С Соколова июнь 1995 г)

влютятся с помощью современных методов. Важную роль при этом играет математическое моделирование техно-природной среды, с помощью которого анализируется совместное взаимодействие сооружения и вмещающего их грунтового массива. Моделирование выполняется с использованием сложных программ и компьютерной техники.

Крупным подземным сооружением в Москве, возведенным в последнее время, является Торгово-рекреационный комплекс (ТРК) на Манежной площади. Комплекс расположен в исторической части столицы и является уникальным инженерным сооружением. При его строительстве использовано подземное пространство на глубину около 18 м.

В плане ТРК имеет продолговатую форму (рис 5 3) и протягивается с севера на юг от гостиницы «Москва» до здания Манежа. С восточной стороны комплекс примыкает к Историческому музею и Александровскому саду. С противоположной стороны на Моховой улице расположены здания Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского и гостиницы «Националь».

Участок размещения комплекса представляет собой сложную природно-техническую систему. Здесь расположены тоннели метрополитена, водонесущие и другие коммуникации, археологические объекты, автомагистраль, здания и сооружения. С восточной стороны в непосредственной близости от ТРК находится русло р. Неглинной, которое заключено в подземный коллектор.

Массив горных пород, вмещающий сооружение, состоит из насыпных грунтов и песчано-глинистых отложений четвертичного возраста глин с включениями песчаных прослоев юрского возраста; известняков и глин дорогомилловского горизонта.



Рис 5.5 Сильнотрещиноватые известняки яузского горизонта (фото В.С. Соколова июль 1995 г.)

Внутри ограждающей конструкции на мешеринских глинах расположена железобетонная плита. Ниже днища сооружения ограждающая конструкция прорезает мешеринские глины и частично (на 2–4 м) перхуровские известняки.

Инженерно-геологическая оценка участка ТРК учитывает особенности геологического строения, гидрогеологических условий, состояния и свойств пород, проявления геологических процессов в зоне активного взаимодействия сооружения и геологической среды.

Инженерно-геологические условия в основании глубокой части сооружения не сложные, так железобетонная плита в днище комплекса расположена на мешеринских глинах твердой и полутвердой консистенции. Мощность глин составляет 3,5–4,0 м и мало изменяется по площади (Соколов В.С. 1995). Ниже залегают водонасыщенные перхуровские известняки. В случае повышения уровня воды в известняках, возникающее давление предусмотрено гасить дренажной системой, расположенной под железобетонной плитой.

Инженерно-геологические условия массива горных пород, вмещающего сооружение, изменяются по контуру ограждающей конструкции и зависят от особенностей строения толщи пород выше зацементированных известняков яузской подсытки. На территории ТРК выделены два участка. На первом участке на известняках залегают юрские отложения, во втором – четвертичные.

Наиболее сложные инженерно-геологические условия отмечаются на участках, где вмещающий сооружение массив состоит из юрских глин, обладающих свойством

набухания, а также песчаных отложений четвертичного возраста. В этих случаях ограждающая конструкция испытывает максимальное давление грунтов. При наличии вертикальной фильтрации воды в толще песчаных отложений, залегающих на измаиловских известняках, возможно развитие суффозионных процессов.

На территории ТРК создана комплексная система мониторинга, предназначенная для контроля состояния конструктивных элементов зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния геологической среды.

5.3.2. Строительство метрополитена

Строительство метрополитена в Москве, началось в 1932 году. Линии первой очереди на участках «Сокольники» – «Парк культуры» и «Охотный ряд» – «Смоленская» (общей протяженностью 11,6 км) вступил в эксплуатацию 15 мая 1935 года. В настоящее время на территории г. Москвы эксплуатационная длина линий метрополитена достигла 250 км. Запроектировано строительство еще более 50 км трассы. По оценкам специалистов столичному метрополитену для полного обеспечения потребности города в перевозках пассажиров недостает около 100 км линии. В настоящее время плотность сети метрополитена на 1 км площади Москвы составляет 0,26 км, в то время как в Нью-Йорке этот показатель равен 0,5, в Лондоне – 1,2, а в Париже – 2,8 км.

В Москве построены и строятся надземные, наземные и подземные (мелкого и глубокого заложения) линии метро. Наиболее распространен в городе подземный метрополитен. Подземные линии сооружаются открытым способом, т.е. в открытом котловане с последующей его засыпкой или подземным способом – без нарушения поверхности земли (обычно шитовым или горным способом). Глубина заложения тоннелей (расстояние от земной поверхности до свода тоннеля) устанавливается в зависимости от условий городской застройки и от инженерно-геологических условий строительства. Для открытого способа она находится в пределах 5–12 м и редко глубже. При закрытом способе тоннели находятся на глубине не менее 5 м от поверхности, и редко глубже 60 м. Линии метрополитена проектируются в соответствии с генеральной схемой развития метрополитена города, в которой предусмотрены направление, протяженность и очередность проектирования линий, тип и места расположения станций, электродепо, пересадочных узлов между линиями метрополитена, а также между линиями метрополитена и остановочными пунктами железных дорог.

Глубина заложения линии метрополитена выбирается с учетом геологических, геоморфологических, гидрогеологических условий. При этом предпочтение отдается таким обстановкам, которые позволили бы вести строительство без применения специальных технологий. Предусматривается сохранность исторических и архитектурных памятников и зданий, защита зданий от шума и вибраций, вызываемых движением поездов.

Современные метрополитены являются сложнейшими инженерными сооружениями. Они включают перегонные тоннели, подземные станции и переходы, эскалаторы, разнообразные наземные комплексы. Все сооружения метро требуют высочайшей надежности, исключают возникновение аварийных ситуаций и обеспечивающей безопасность пассажиров.

В комплексе проблем, решаемых при проектировании, строительстве и эксплуатации метрополитена, изучение и оценка инженерно-геологических условий имеет важнейшее значение. Решаемые при этом задачи во многом специфичны, а методика

изысканий отлична от используемой при наземном строительстве. Необходимо особенно детальное изучение строения толщи, ее литологии, условия залегания горных пород, степени нарушенности массива, его трещиноватости, блочности, строения погребенных речных долин и других эрозионных врезов, погребенных кор выветривания. При изучении массива горных пород, кроме общепринятых характеристик состава и свойств, особое внимание уделяется таким показателям, как величина горного давления, коэффициент разрыхления, модуль трещиноватости, коэффициент упругого отпора, разрабатываемость, абразивность, коррозионные свойства, сопротивление отрыву и сдвигу по контактам между слоями и по трещинам, расслаивание, газопроницаемость, пучение, теплофизические, реологические свойства, тиксотропность, плавунность и др.

Большое влияние на условия строительства метрополитена оказывают гидрогеологические условия. Важнейшими их характеристиками являются обводненность массива горных пород, его гидрогеологическая структура, взаимосвязь водоносных горизонтов, выдержанность и надежность водопоров, гидростатические напоры, агрессивность, водопритоки в подземные выработки, возможность прорыва вод и плавунгов.

Особого внимания требуют опасные экзогенные геологические процессы и явления, такие как карст, суффозия, оползни.

Наиболее полные исследования инженерно-геологических процессов, возникающих при строительстве Московского метрополитена проведены Г.Н.Сазоновым. Отдельные вопросы методики инженерно-геологических изысканий, проблем, возникающих при освоении подземного пространства города, затронуты в публикациях Ф.В. Котлова (1983 г.), Л.В. Маковского (1985), О.П. Медведева (1983). Общие сведения о Московском метрополитене приведены в работах С.Н. Власова (1987), Ю.А. Лиманова (1971), Г.Оганесова (1994), П.Ф. Швецова (1992).

Метрополитен в г.Москве строится в сложных геологических условиях. При его проектировании и строительстве необходимо изучение геологического разреза, по меньшей мере, начиная с глубины залегания мячковско-подольских известняков среднего карбона и выше. На разных участках линии метрополитена прокладываются практически во всех толщах верхнего карбона, средней и верхней юры, нижнего мела, четвертичных отложений различного генезиса.

Сложными являются и гидрогеологические условия. В гидрогеологическом разрезе на интересующей метростроителей глубине встречаются напорные воды мячковско-подольского, суворовского, ратмировского и перхуровского горизонтов карбона, воды бат-нижнекелловейского и волжского ярусов юры, нижнего мела, грунтовые воды аллювиальных и флювиогляциальных отложений четвертичного возраста. Водоносные горизонты сложно взаимосвязаны: в одних случаях между ними существует тесная гидравлическая связь, в других они достаточно разобщены.

Трассы метрополитена пересекают древние переуглубленные долины рек Москвы, Яузы, Сетуни, доюрские эрозионные врезы. Строительство осложняет наличие закарстованных и трещиноватых известняков, плавунных песков, набухающих глин

Велико и антропогенное влияние города – наведенных электрических полей, локальных температурных аномалий, больших мощностей техногенных грунтов, повышенной агрессивности подземных вод.

Анализ инженерно-геологических условий построенных и проектируемых линий метрополитена показал, что все многообразие инженерно-геологических обстановок может быть обобщено в виде нескольких типов строения геологической среды,

выделяемых на основе карты инженерно-геологического районирования территории г. Москвы. Опыт показывает, что подобная типизация должна выполняться отдельно для линий метрополитена мелкого заложения, которые сооружаются в песчаных глинистых отложениях четвертичного (реже мелового) возраста чаще всего открытым способом, и для линий метрополитена глубокого заложения, которые строятся главным образом в известняках и глинах карбона и в отдельных случаях юрских глинах.

В последние годы линии Московского метрополитена (Солнцевская, Люблинско-Дмитриевская, южное плечо Серпуховско-Тимирязевской, а также Митино-Бутовская) построены, строятся и проектируются как линии мелкого заложения. Анализ материалов по трассам их заложения показал, что для них характерны три типа строения геологической среды:

Первый из них представлен участками сложными преимущественно одним геологическим типом грунтов — четвертичными разнозернистыми частично глинистыми песками различного генезиса (рис. 5.6.1а), свойства которых изменяются в довольно больших пределах (плотность песков 1,68–1,98 г/см³, модуль общей деформации 15–28 МПа), либо моренными суглинками московской и донской морен (рис. 5.6.1б) с валунами (плотность морен 1,49–2,14 г/см³, модуль общей деформации для плотных донских суглинков — 38–40 МПа). Реже встречаются глинистые пески мелового возраста, плотность которых несколько выше четвертичных и составляет 2,05–2,08 г/см³, подстилающие флювиогляциальные пески.

Первый тип строения грунтовой толщи (рис. 5.6.1а) встречается при прохождении линии метро на глубине 8–10 м в долинах рек Москвы и Яузы (второй тип (рис. 5.6.1б) — на севере города в Москворецко-Яузском междуречье). В большинстве случаев трассы метро проходят здесь выше уровня грунтовых вод, но при пересечении ими низких аллювиальных террас возможно и их расположение в водонасыщенных толщах. Наиболее характерными процессами, возникающими при строительстве в этих условиях, являются эрозионный размыв котлованов и выплывание песков в выработки, особенно при открытом водоотливе, а на построенных линиях — оседание поверхности и диффузионный вынос вдоль трасс.

Более сложными являются участки двуслойного строения, в разрезе которых аллювиальные или флювиогляциальные разнозернистые пески подстилаются моренными суглинками московского или донского возраста, либо суглинки подстилаются песками (рис. 5.6.2а, 2б). К двуслойным можно отнести и такой тип разреза, когда аллювиальные пески подстилаются юрскими отложениями. Подобное строение грунтовой толщи наиболее характерно для западной части города, а также для южных районов города, где, к примеру, проходят участки Солнцевской линии.

Наиболее сложно построены трехслойные грунтовые толщи, представленные донскими моренными суглинками, перекрытыми московскими флювиогляциальными песками или аллювиальными разнозернистыми песками и подстилаемыми флювиогляциальными севсько-донскими, часто глинистыми песками (рис. 5.6.3а), либо московскими флювиогляциальными песками, перекрытыми московскими моренными полутвердыми суглинками и подстилаемыми твердыми донскими суглинками (рис. 5.6.3б).

Типизация геологической среды для линии метрополитена глубокого заложения проводилась на основе анализа строения геологических разрезов каменноугольных и юрских отложений. Практически все линии метро глубокого заложения сооружены в верхне- и среднекаменноугольных отложениях (исключением является юго-запад города, где трасса проходит по юрским глинам) на глубине от 25 до 70 м. По особенно

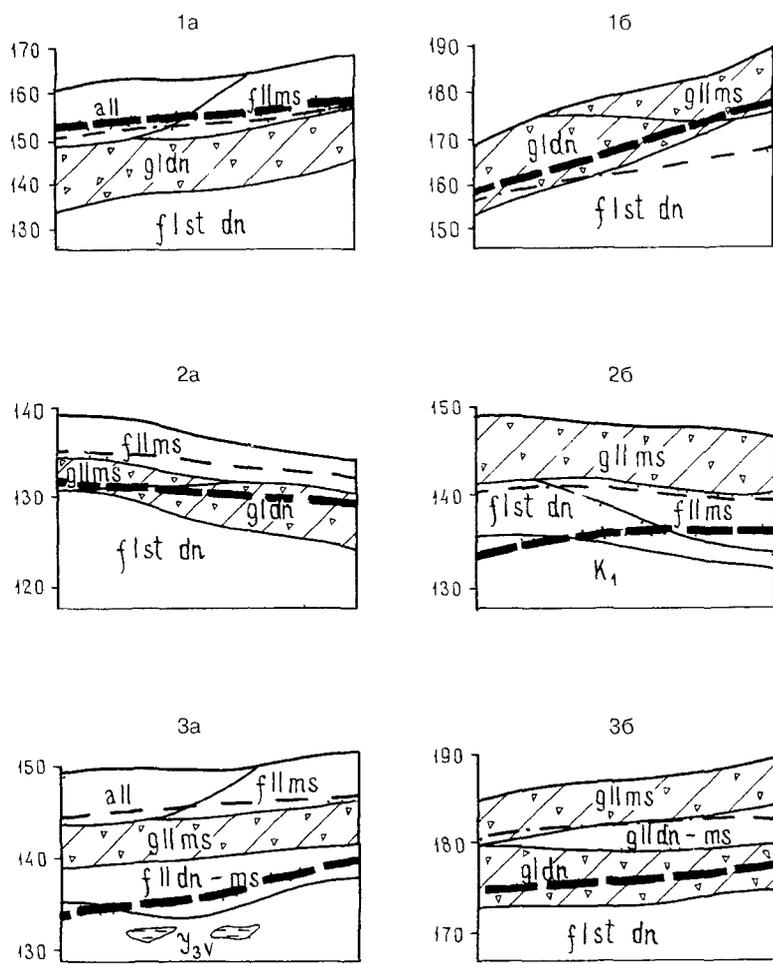


Рис 5 6 Типовые инженерно геологические разрезы участков построенных линии метрополитена мелкого заложения Усл обозн см рис 5 8

стям литологического строения разреза и условиям заложения метрополитена выделено пять типов строения геологической среды (рис 5 7 и рис 5 8)

К первому типу отнесены участки трасса в которых проложена в основном в оксфордских темных плотных глинах часто известковистых (модуль общей деформации 30–35 МПа) и лишь изредка в толще тоннея могут быть встречены известняки и глины карбона (рис 5 8 разрез 1) Выше лежащая толща сложена меловыми прибрежно морскими песками часто глинистыми неоднородными с коэффициентами фильтрации 2–7 м/сут мощностью до 15 м перекрытыми четвертичными разнозернистыми песками и суглинками различного генезиса мощностью до 30 м Следует отметить что надморенные и подморенные водоносные горизонты местами разделены московской суглинистой мореной но в большинстве случаев имеют тесную гидравлическую связь с водами волжского и бат нижнекетовейского ярусов и образуют единый водоносный комплекс проводимость которого в среднем составляет 100–200 м/сут



Рис 5 7 Карта типов строения геологической среды для проектирования строительства линий метрополитена глубокого заложения. Условные обозначения при проложении трассы: 1 – в юрских глинах, 2 – в перхуровских и ратмировских известняках верхнего карбона, 3 – в суворовских известняках верхнего карбона, 4 – в подольско-мячковских известняках среднего карбона, 5 – в верхнекаменноугольных известняках, непосредственно залегающих под четвертичными отложениями

Описываемое строение толщи характерно для юго-запада города, где каменноугольные отложения залегают на больших глубинах

Второй тип строения геологической среды развит в основном на севере и северо-востоке территории города (рис 5.7 и 5.8, разрез 2) Здесь трассы проложены в верхнекаменноугольных перхуровских и ратмировских известняках, часто трещиноватых и кавернозных (модули общей деформации изменяются от 100–200 МПа у трещиноватых разностей до 2000–3000 МПа у монолитных), перекрытых толщей перестраивающихся русаевкинских и измайловских часто глинистых и доломитизированных известняков, трошковских и мешеринских мергелей и глин (модули деформации которых 30–150 МПа) общей мощностью от 10 до 35 м. Каменноугольные отложения перекрыты юрскими темными плотными глинами мощностью от 4–6 до 20 м, меловыми глинистыми песками и четвертичными разнородными песками и суглинками различного генезиса. В гидрогеологическом плане для территории характерно чередование водоносных горизонтов в перхуровских, ратмировских, измайловских известняках, мощностью 5–7 м и водоупорных мешеринских, трошковских, воскресенских и неверовских мергелисто-глинистых слоев мощностью 4–6 м (станции «Чеховская», «Цветной бульвар», «Тимирязевская» и другие). Напоры над кровлей достигают 20–25 м, чаще они составляют 10–12 м.

К третьему типу относятся участки, где трасса проложена в основном в плотных однородных суворовских верхнекаменноугольных известняках с модулями общей деформации 2000–5000 МПа и коэффициентами фильтрации до 8–10 м/сут (рис 5.7 и 5.8, разрез 3). Вышележащая толща сложена верхнекаменноугольными перхуровскими и ратмировскими известняками, неверовскими и воскресенскими глинами, общая мощность которых может достигать в некоторых местах до 20 м, перекрытых в свою очередь юрскими глинами, меловыми глинистыми песками, четвертичными разнородными песками и суглинками различного генезиса суммарной мощностью до 30 м. Здесь развит мезозой-кайнозойский водоносный комплекс гидравлически не связанный с каменноугольными водоносными горизонтами при выдержанном глинистом водоупоре. Напоры над кровлей составляют 12–15 м (станции «Третьяковская», «Серпуховская», «Чкаловская»).

Четвертый тип развит в центральной части города и на юго-востоке (рис. 5.7 и 5.8, разрез 4) Здесь трасса метрополитена проложена частично в среднекаменноугольных монолитных мячковско-подольских известняках, модули деформации которых достигают 10000–12000 МПа. Они залегают под юрскими морскими глинами мощностью от 5 до 20 м и перекрыты четвертичными разнородными песками аллювиального и флювиогляциального генезиса, мощность которых доходит до 30 м. Гидравлическая связь мезозой-кайнозойского водоносного комплекса с мячковско-подольским водоносным горизонтом отсутствует. Напоры над кровлей составляют 15–18 м.

Особые инженерно-геологические условия возникают на участках отсутствия юрского глинистого водоупора (пятый тип строения геологической среды, рис 5.7 и 5.8, разрез 5) Четвертичные отложения залегают непосредственно на верхнекаменноугольных известняках и глинах, и существует тесная гидравлическая связь четвертичных и каменноугольных водоносных горизонтов. На таких участках резко возрастает водопроницаемость пород до 1500–2000 м/сут. Коэффициенты фильтрации возрастают от 2–3 м/сут в ненарушенных известняках до 30–35 м/сут в трещиноватых разностях. Подобные разрезы были встречены при сооружении станций «Боровицкая», «Арбатская», на перегоне «Боровицкая» – «Полянка».

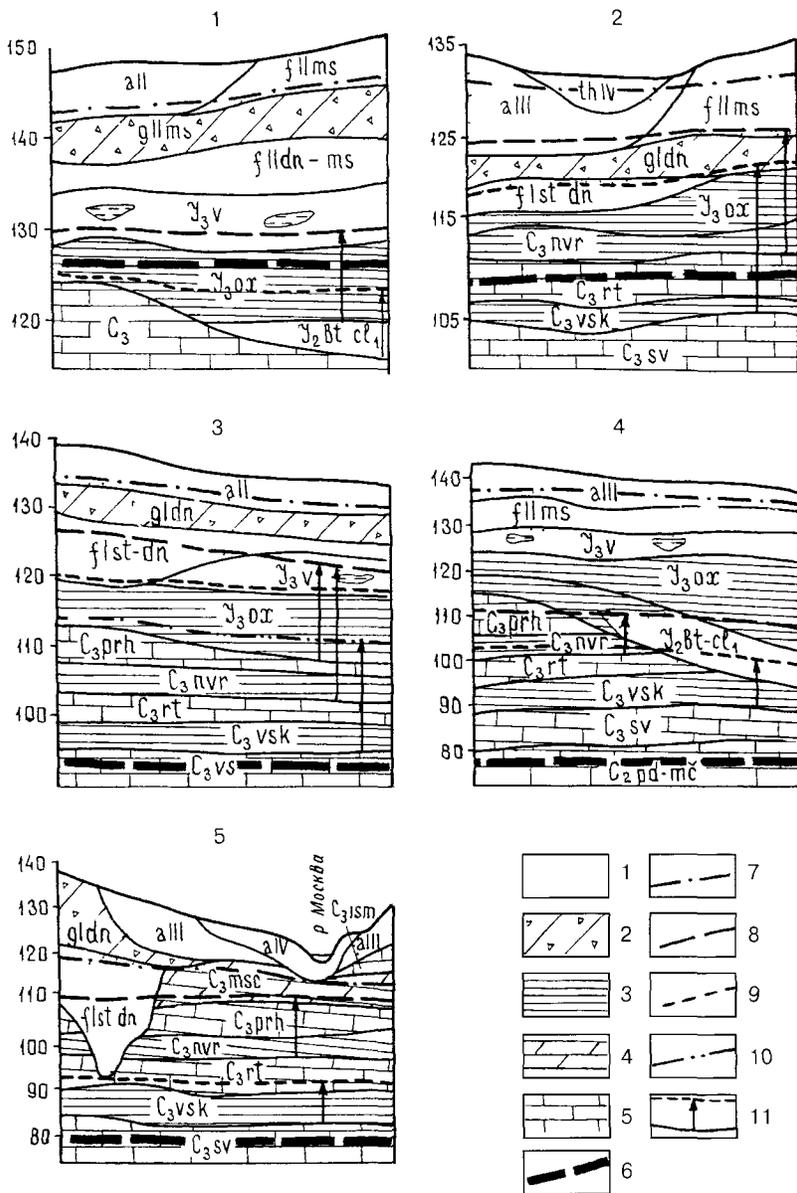


Рис 5 8 Типовые инженерно геологические разрезы участков построенных линии метрополитена глубокого заложения Условные обозначения к разрезам 1 – пески 2 – моренные суглинки 3 – глины 4 – мергели 5 – известняки 6 – линия метрополитена 7 – уровень грунтовых вод 8 10 – уровни подземных вод различных горизонтов 11 – величина напора подземных вод

При проложении трасс тоннелей в суворовских известняках эти особенности разреза менее опасны, чем при возведении станций метро пересадочных пунктов, эскалаторных тоннелей, расположенных в вышележащих перхуровских и ратмировских толщах

5.3.3. Использование подземного пространства для захоронения регенерационных вод московских ТЭЦ

Многолетний отечественный и зарубежный опыт использования подземного пространства для захоронения низкоактивных радиоактивных отходов позволит предложить эффективный и экологически безопасный метод обезвреживания загрязненных стоков московских ТЭЦ, обеспечивающих централизованное снабжение города горячей водой.

Перед подачей в водогрейные системы ТЭЦ воду смягчают с помощью натрий-катионитовых фильтров для восстановления которых используют раствор поваренной соли. При этой технологии общий расход соли в сухом исчислении на московских ТЭЦ составляет порядка 32 тыс. тонн в год. В целях предотвращения возможных аварийных ситуаций, связанных с перебоями в поставках соли, в начале 80-х годов на пяти ТЭЦ при водоподготовке начали применять природные хлоридно-натриевые рассолы из глубоких горизонтов. Надежность работы ТЭЦ повысилась, однако при этом так и не была решена острейшая экологическая проблема утилизации отработанных регенерационных вод. До настоящего времени регенерационные воды сначала разбавляют до нормативных значений и затем сбрасывают в Москва-реку. По состоянию на 1988 г. на разбавление тратилось до 1,6 млн куб м/год пресной воды питьевого качества.

Существующие альтернативные технологии восстановления фильтров на ближайшие 15–20 лет неприменимы по экологическим и экономическим причинам. В этой связи в 1989 г. три московских предприятия Мосэнерго, НИИ промышленной технологии и объединение «Гидроспецгеология» предложили экологически безопасное решение утилизации использованных природных рассолов путем их возврата в недра с помощью специальных скважин. Этот пионерный для г. Москвы проект обосновывался следующими положениями:

Во-первых, состав природных рассолов после их использования в процессе водоподготовки меняется весьма незначительно: в них лишь уменьшается содержание натрия и несколько возрастает содержание кальция и магния, что не меняет существенно их химического состава. Иными словами, отработанные воды совместимы с природными рассолами, добываемыми из глубоких горизонтов.

Во-вторых, в геологическом разрезе на глубинах более 1 км имеются пласты-коллекторы, способные принять закачиваемые регенерационные воды в требуемых количествах. Ареалы их распространения будут локальными по площади в силу затрудненного водообмена и соответственно чрезвычайно малых скоростей движения подземных вод.

Наконец, имеется многолетний отечественный опыт по экологически безопасной закачке жидких промышленных стоков ряда российских предприятий в глубокие геологические формации.

В соответствии с решением Моссовета в мае 1989 г. объединение «Гидроспецгеология» приступило к разведочным работам, для проведения которых были определены два участка на северной (ТЭЦ-21) и южной (ТЭЦ-26) окраинах города. В геологическом отношении эти участки приурочены к резко различным геоструктурным элементам: первый — к Красногорскому горсту, второй — Теплостанскому грабену кристаллического фундамента. Соответственно глубины разведочных скважин составили 1,5 км и 2,0 км. Во всех скважинах проводится комплекс специальных геологических, геофизических, опытных гидрогеологических и лабораторных исследований для определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов и комплексов, хи-

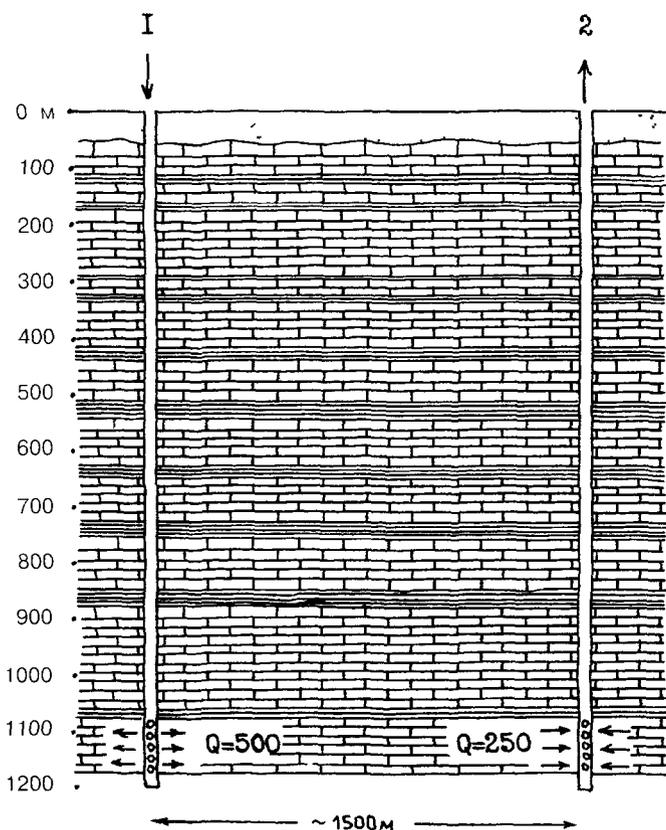


Рис 5 9 Принципиальная схема добычи и возврата рассолов в глубоко залегающий водоносный горизонт в известняках карбона. Сплошными линиями показаны водоупорные слои 1 – нагнетательная скважина для закачки рассолов после регенерации в объеме до 500 м³/сут 2 – добычная скважина для закачки рассола в объеме 250 м³/сут

дованы породы рифейского водоносного комплекса. Мощные толщи пород рифея (свыше 400 м) и венда (350 м), представленные песчаниками, алевролитами, аргиллитами и глинами, оценивались не только как потенциальные пласты-коллекторы для закачки регенерационных вод. Важно было установить и степень проницаемости разрывных нарушений, разделяющих тектонические блоки, выявленные при анализе тектонического строения фундамента и осадочного чехла.

В ходе опытно-фильтрационных работ было установлено, что тектонические блоки практически изолированы друг от друга. Не оправдались надежды на использование в качестве пластов-коллекторов пород венда и рифея из-за их крайне низкой водопроницаемости.

Для решения поставленной задачи был проведен аналогичный комплекс опытных работ в вышележащих песчаниках рязского водоносного комплекса нижнего девона, залегающего на глубинах порядка 1,2–1,4 км.

Тщательный анализ состава вод рязского комплекса позволил отнести его к гидрхимической зоне застойного режима с малыми скоростями движения подземных

мического состава, физических и бальнеологических свойств пластовых вод, совместимости отработанных рассолов с водовмещающими породами и наконец, изолированности потенциальных пластов-коллекторов от эксплуатируемых горизонтов и комплексов минеральных и питьевых вод.

Решение столь сложных вопросов потребовало комплексной оценки природных условий не только участков ТЭЦ, но и всей территории города в целом. К выполнению этих работ были привлечены ученые и специалисты Москвы из отраслевых институтов, Российской академии наук, производственных объединений и научно-производственных фирм.

Кроме буровых и опытных работ на площадках ТЭЦ-21 и ТЭЦ-26 вскрыты и комплексно изучены породы вендского водоносного комплекса, а на участке ТЭЦ-26 впервые в Москве были вскрыты и всесторонне исследованы

вод. Проводился сложный комплекс опытно-фильтрационных работ: опытные нагнетания и откачки в скважинах позволили определить скорость продвижения фронта закачиваемой жидкости и вертикальный профиль поглощения. Было установлено, что ряжский водоносный комплекс отвечает требованиям, предъявляемым к пластам-коллекторам для захоронения промышленных стоков как по приемистости, так и по надежной их изоляции от вышележающих водоносных горизонтов (рис 5 9).

Надежность использования ряжского горизонта для цели возврата в него природных ресурсов после их использования при водоподготовке проверялась методами математического моделирования специалистами объединения «Гидроспецгеология» и фирмы «ГИДЭК». На моделях было установлено, что границы распространения закачиваемых регенерационных вод не превысят 1,2–1,7 км.

Таким образом, к настоящему времени доказана принципиальная возможность использования подземного пространства для решения важной и острой экологической проблемы общегородского характера – утилизации регенерационных вод московских ТЭЦ путем закачки в глубокозалегающие геологические формации. При этом на сегодняшний день получены все необходимые исходные данные для создания опытно-промышленных полигонов на ТЭЦ-21 и ТЭЦ-26

Глава 6.

Использование подземных вод

6.1. Хозяйственно-питьевое водоснабжение (использование пресных вод)

В 1994 г в Московской области и г.Москве, совокупно занимающих 0,3% территории России, отбиралось около 12% подземной воды, добываемой из недр всей страны.

Столь интенсивная добыча подземных вод по отношению к их добыче на территории России в целом была характерна для региона, по крайней мере, на протяжении последних ста лет. На этом отрезке времени изменялась лишь абсолютная величина отбора подземных вод. С начала века она выросла в регионе более чем в 20 раз.

Добыча подземных вод на территории г.Москвы и Московской области имеет почти трехсотлетнюю историю. Первый проект централизованного водоснабжения Москвы за счет подземных вод был разработан генерал-поручиком Ф.Бауром в середине XVIII века. В соответствии с этим проектом вода подавалась в количестве 300 тыс. ведер в сутки в город по кирпичной трубе-водопроводу, названному Екатерининским, от села Большие Мытищи, где были каптированы мощные родники. Реализация проекта заняла 25 лет. Водопровод и все сооружения строились с 1779 по 1804 год¹. До сих пор сохранился 21 арочный мост-акведук через р.Яузу в районе Ростокино длиной 358 м. Сохранился также один из водозаборных «фонтанов» на Театральной площади, украшенные в 1835 г. скульптурной группой работы скульптора И.Витали.

В 1835 г инженер Н.И.Яниш заменил самотечную подачу воды по Екатерининскому водопроводу от села Алексеевского до Сухаревской площади напорной системой. Для чего в Алексеевском была установлена паровая машина, а на втором этаже Сухаревской башни резервуар на 5 тыс. ведер. В 1858 г по проекту инженера барона А.И.Дельвига подача воды в Москву от Мытишинских источников была увеличена до 500 тыс. ведер в сутки. При этом на Сухаревской башне был построен дополнительный резервуар на 7 тыс. ведер.

Так называемый Дельвиговский водопровод функционировал до 1893 г. Он включал также сеть городского водопровода длиной 44 версты, разводящего воду к старым и новым фонтанам. В январе 1893 г. был пущен Новый Мытишинский водопровод, который к 1903 г. давал 3,5 млн. ведер в сутки. При этом протяженность водопроводных сетей составляла в Москве уже 108 верст. По существу на этом заканчи-

¹ Зимин Н. П. Система водоснабжения Москвы. Тип. тов. И. Н. Кушнерев и Ко. 1905. 55 с.

вается период использования для водоснабжения исключительно подземных вод, и для этих целей начинают привлекаться воды р Москвы, для чего у с Рублево было построено водозаборное сооружение

Одновременно с Мытишинским водопроводом для водоснабжения использовались и отдельные скважины, пробуренные в городе. По свидетельству геолога Г.Е. Щуровского, давшего одно из первых дошедших до нас описаний геологического строения территории г.Москвы, начало бурению скважин на воду, содержащуюся в водоносных горизонтах каменноугольных отложений, было положено в конце XVII века – в Лужниках, на Девичьем поле и в с.Коломенском.

Широкое же использование подземных вод в питьевых и производственных целях относится ко второй половине прошлого века, в третьей четверти которого в целях питьевого водоснабжения бурились скважины на первый и второй от поверхности водоносные горизонты каменноугольных отложений, а в г.Москве (на Яузском бульваре) в 1866 г. была пробурена первая скважина до низов распространения зоны пресных подземных вод. Она имела глубину более 400 м и работала в режиме самоизлива до 1966 г. К концу века стали эксплуатироваться все водоносные горизонты каменноугольных отложений, используемые ныне. За последние десятилетия изменилось применение добываемой воды, которая используется сейчас в основном для технических целей.

С начала века по 1965 г. наблюдался неуклонный рост водоотбора, что хорошо видно на рис.6.1. На конец 1995 г. он составлял в городе 112,3 тыс.м³/сут, а на присоединенных территориях 24,7 тыс.м³/сут. Его распределение по водоносным горизонтам каменноугольных отложений показано на рис.6.1

Помимо отбора подземных вод скважинами производится водоотлив из построенных подземных сооружений (например, метрополитена), а также из выработок строящихся подземных и наземных сооружений.

Динамика водоотлива по действующим и строящимся подземным выработкам, приведена на рис.6.2 наряду с изменением суммарных величин отбора подземных вод из скважин.

Распределение водоотбора в пределах города крайне неравномерно. Наибольшая его часть приходится на центральную часть города и его промышленные районы (рис.6.3).

Максимум отбора подземной воды из недр территории города пришелся на вторую половину 80-х годов, в течение последующих лет по настоящее время интенсивность водоотбора падает. Причем, в 1994 и 1995 гг. он был минимальным. По сравнению с 1985 г. изъятие воды сократилось более, чем на 400 тыс м³/сут или на 58%.

Столь значительное сокращение водоотбора из скважин и водоотлива из подземных выработок, хорошо согласуется с изменениями экономической ситуации в стране, в тоже время имеет определенные гидрогеологические последствия. Они, прежде всего, заключаются в подъеме (восстановлении) уровней подземных вод, наблюдаемом в последние 10 лет по скважинам государственной сети во всех водоносных горизонтах пресных вод, включая и подъем уровней грунтовых вод на отдельных участках в пределах долины р Москвы.

Данные изменения среднегодовых уровней за период с 1990 по 1995 гг. по ряду скважин государственной наблюдательной сети приведены на рис.6.4.

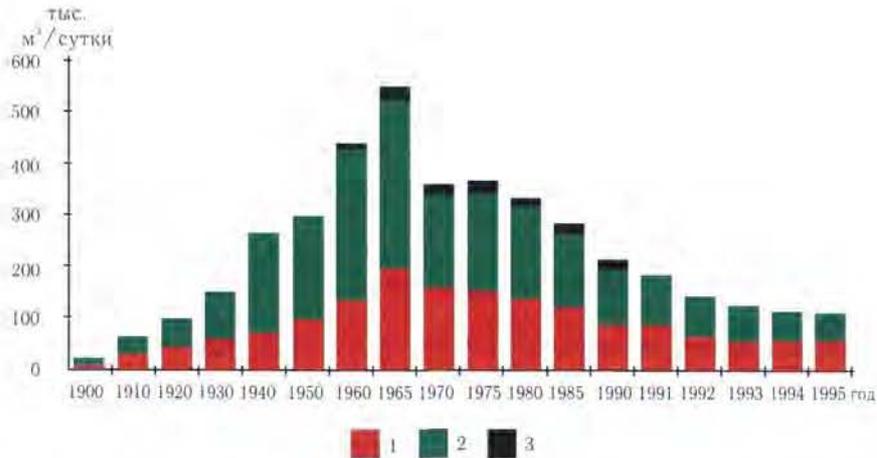


Рис 6.1 Распределение водоотбора из нижнего (1), среднего (2) и верхнего (3) водоносных комплексов карбонатно-угольных отложений

Представленные скважины расположены, в основном, в пределах долинного комплекса рек Москвы и Яузы и наглядно иллюстрируют тенденцию подъема уровней во всех водоносных горизонтах в пределах города.

Следует отметить, что оценка качества воды, добываемой на территории г.Москвы, применительно к ее использованию для хозяйственно-питьевых целей не проводилась уже более 25 лет, хотя величина утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод на территории города составляет 436,1 тыс м³/сут. Причем, по крайней мере, 160 тыс. из них, утвержденных по протвинско-окскому (алексинско-тарусскому) водоносным горизонтам, могла бы быть использована для хозяйственно-питьевых целей. Можно полагать также, что и какая-то часть подземных вод мячковско-подольского водоносного горизонта могла бы быть использована по тому же назначению при условии их добычи вне зон отсутствия юрского водоупора.

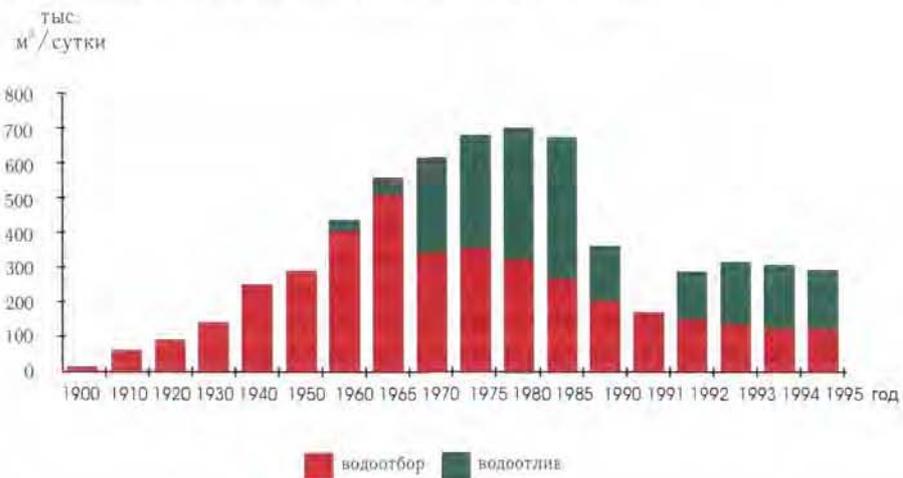


Рис 6.2 Динамика водоотбора и водоотлива из всех водоносных горизонтов на территории г.Москвы

Масштаб 1:250000

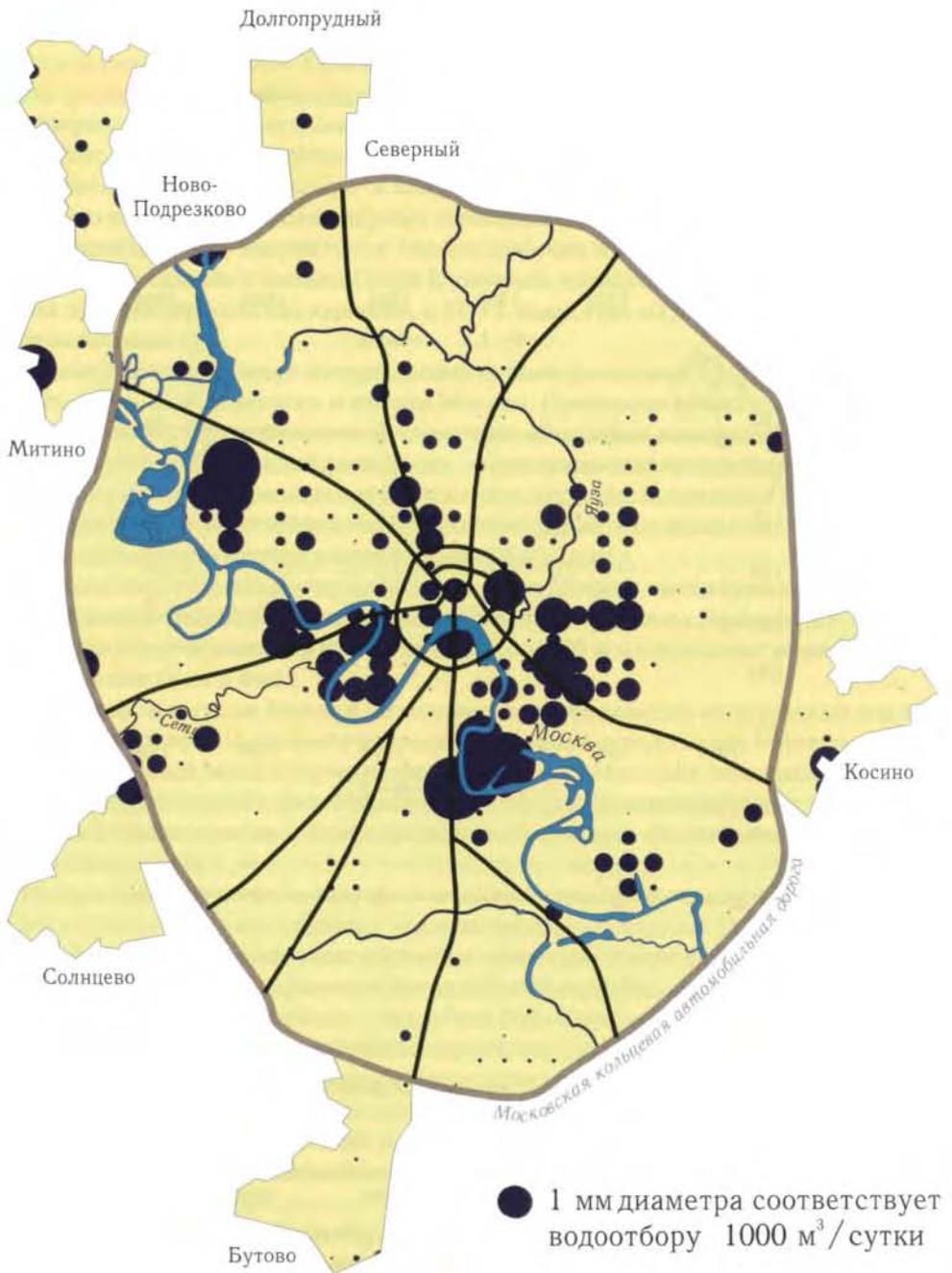


Рис 6.3 Карта суммарного водоотбора

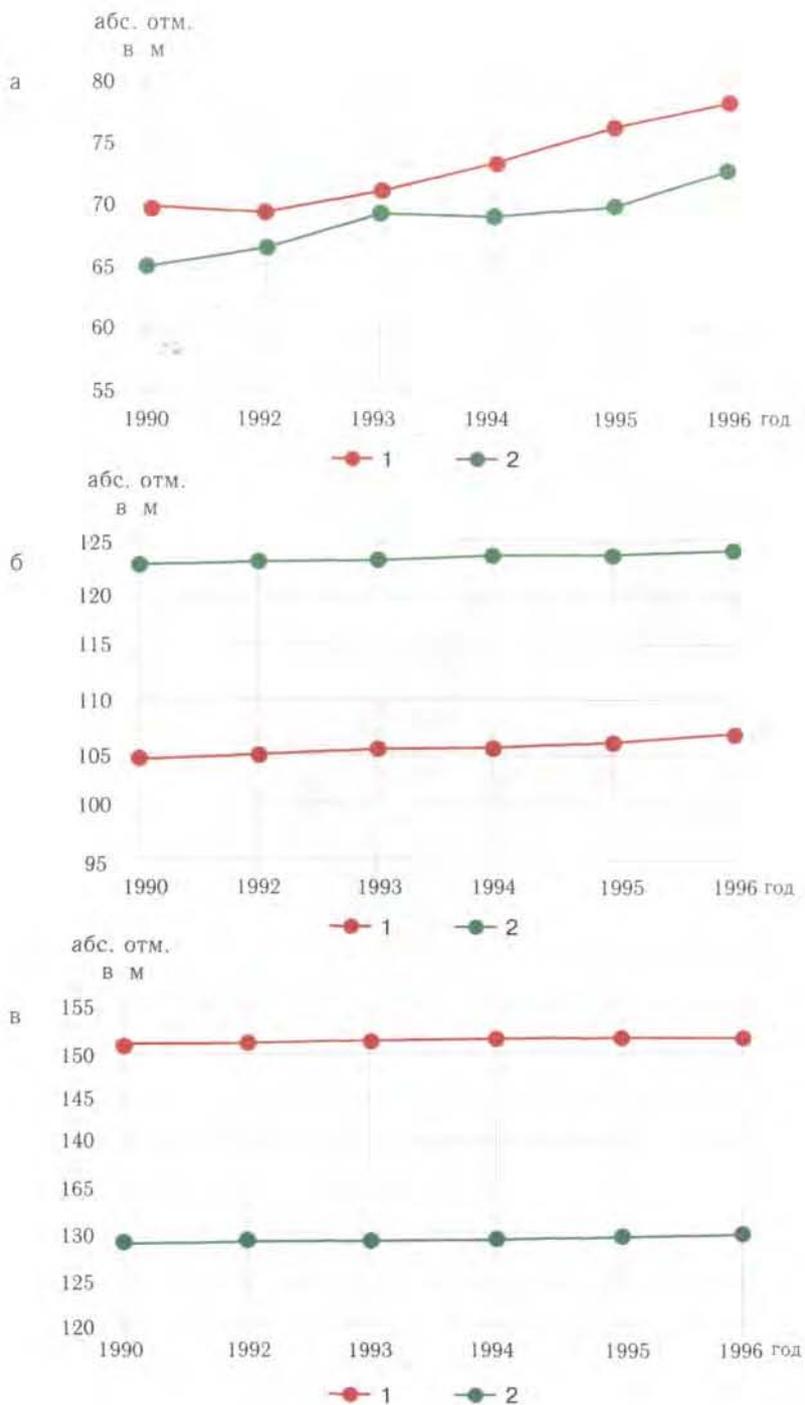


Рис 6.4 Изменение уровня подземных вод по а каширскому (1) и протвинско-окскому (2), б касимовскому (1) и мячковско-подольскому (2), в меловому (1) и надъяюрскому (2) водоносным комплексам

6.2. Использование подземных вод в лечебных целях

Основным природным лечебным фактором большинства курортов мира являются минеральные воды. Удивительное свойство минеральных вод исцелять болезни человека овеяно легендами. Памятниками многовекового опыта применения минеральных вод являются остатки мраморных бассейнов и ванн, сохранившиеся со времен Римской империи на ряде курортов Европы.

Минеральные воды – подземные воды, оказывающие на организм человека лечебное действие, обусловленное общим ионно-солевым составом, повышенным содержанием биологически активных макро- и микрокомпонентов, радиоактивных элементов, газов, их изотопов, а также молекулярным строением самой воды и ее температурой.

В России изучение минеральных вод, становление и развитие на их базе курортов нераздельно связано с именем Петра I, который, находясь под впечатлением посещения западно-европейских курортов, в 1717 г. издал указ «О приискании в России минеральных вод».

В начале прошлого века с минеральными водами, разлитыми в бутылки во Франции и Германии, познакомилась и жителя Москвы. Профессор Московского университета Христиан Лодер организовал на Остоженке «Заведение минеральных вод». Через решетчатую ограду люди наблюдали, как по дорожкам сада прогуливались важные господа, попивая из специальных кружек минеральную воду. За праздный вид и внешнюю бездеятельность посетители этого заведения прозвали по фамилии владельца. С тех пор слово «лодырь» прочно вошло в русский лексикон.

Большое значение для изучения подземных вод Москвы имело бурение глубоких скважин, проводившееся в 30-х годах нашего столетия. Скважины Ордынская и Боевская вскрыли в отложениях девона на глубине 850–1000 м минеральные воды (рассолы), содержащие бром и йод.

В послевоенные годы большое внимание уделялось разведке минеральных вод в целях лечебного и промышленного использования, оценке перспектив нефтегазоносности. Значительный вклад в изучение минеральных вод Москвы и Московской области для бальнеологических целей внесли специалисты Центрального института курортологии и физиотерапии и Геологоразведочной конторы «Геоминвод» Министерства здравоохранения.

Исследованиями установлено, что в недрах Москвы и Московской области развито два основных типа минеральных вод: маломинерализованные (М 3–5 г/л) сульфатные натриево-кальциевые воды и бромные хлоридные натриевые рассолы с минерализацией 70–260 г/л и содержанием брома 170–400 мг/л. Воды первого типа, развитые в отложениях нижнего карбона – на глубине 300–400 м, широко применяются для питьевого лечения в клиниках, профилакториях, городских санаториях и других лечебных учреждениях Москвы, а также в подмосковных курортах и санаториях (Дорохово, Звенигород, Монино и многих других).

Лечебное действие сульфатной натриево-магниевое-кальциевой лечебно-столовой минеральной воды при питье ее применении определяется, в основном, ионно-солевым составом.

Минеральные воды, принятые внутрь, являются сильными раздражителями, на которые организм отвечает сложнорефлекторной и нервнохимической реакциями. При питье минеральной воды раздражаются нервные окончания, расположенные в слизистых оболочках желудочно-кишечного тракта. В ГОСТ 13273-88 – «Воды минеральные

питьевые лечебные и лечебно-столовые > включена маломинерализованная Московская лечебно-столовая вода, которая показана при течении хронических гастритов с нормальной и повышенной секреторной функцией желудка неосложненной язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, болезни оперированного желудка по поводу его язвенной болезни и оперированной двенадцатиперстной кишки, хронических колитов и энтероколитов хронических заболеваниях печени и желчевыводящих путей хронических панкреатитов, хронических заболеваний мочевыводящих путей

В Центральном институте курортологии и физиотерапии под руководством профессора Е. Б. Выгоднер были проведены сравнительные исследования по действию широко известных лечебно-столовой воды Эссентуки-4, лечебной минеральной Эссентуки-17 и Московской минеральной. Объективные данные показали, что по лечебному действию Московская минеральная лечебно-столовая вода по всем показаниям не уступает именитым соперницам с Кавказских Минеральных Вод, а по некоторым даже превышает их.

Маломинерализованная Московская минеральная вода интенсивно используется и для промышленного розлива в бутылки в качестве лечебно-столовой на заводах в Останкино и Очаково.

Хлоридные натриевые воды действуют за счет оседания минеральной соли на кожу и образования на ней так называемого солевого плаща, который сохраняется в течение нескольких часов после ванны. Проникновение электролитов в поверхностные слои кожи (эпидермис) на длительное время меняет среду кожи, что сопровождается изменением ее реактивности и обмена веществ в ней. Важным моментом в механизме лечебного действия хлоридных натриевых ванн является выраженное их влияние на тепловой обмен, большем нагревании организма, чем при приеме ванн из обычной воды или газовых (углекислых, радоновых, сероводородных). Это связывают с тем, что образование на коже «солевого плаща» уменьшает испарение воды с кожи, вызывая перестройку систем терморегуляции.

Сравнение теплового действия ванн с соленой и обычной водой (одной и той же температуры) показало, что при приеме соленой ванны поступает большее количество тепла в организм, больше повышается внутренняя температура тела и увеличивается кожный кровоток. Повышение температуры тела вызывает в свою очередь расширение периферических сосудов, усиление кровообращения, увеличение поглощения организмом кислорода, повышение функции желез внутренней секреции. В настоящее время доказано, что хлоридные натриевые ванны в большей степени, чем все другие, улучшают тонус вен и стимулируют венозный кровоток. На центральную нервную систему эти ванны оказывают регулирующее действие, нормализуя соотношение процессов возбуждения и торможения.

Все это определяет круг заболеваний, которые успешно лечатся хлоридными натриевыми водами. Приведем в наиболее общем виде перечень этих заболеваний: болезни органов опоры и движения (артриты, артрозы различной этиологии, внесуставные поражения мягких тканей, остеохондроз с различными неврологическими проявлениями), заболевания и последствия травм периферической нервной системы, хронические воспалительные заболевания женской половой сферы, урологические, хроническая артериальная и венозная недостаточность ног, заболевания сердечно-сосудистой системы (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, пороки сердца, миокардиодистрофия, гипотоническая болезнь), болезни кожи — дерматозы (псориаз, хроническая экзема), нейродермит и другие.

Перечисленные физиологические и лечебные эффекты хлоридных натриевых вод могут быть получены при использовании определенной концентрации солей, которые установлены на основании большого научного и практического опыта

Для наружного применения принят нижний порог минерализации 10 г/л; при лечении больных с сердечно-сосудистой патологией обычно используют воду с минерализацией не выше 30 г/л (чаще 20 г/л). При других болезнях (хронических, воспалительных, дистрофических, травматических), когда нет выраженных нарушений функции сердечно-сосудистой системы, применяют воду большей минерализации – 40–60 г/л и очень редко – больше 60 г/л.

Бромные хлоридные натриевые рассолы приурочены к различным горизонтам девона и более древних отложений и вскрыты многочисленными скважинами на глубине 800–1200 м и более. Эксплуатация рассолов этого водоносного комплекса началась с 60-х годов для бальнеологических целей в Центральной физиотерапевтической больнице (Боевская скважина), затем (в 1969 г.) – во Дворце водного спорта Измайлово, а в середине семидесятых годов – в больнице №1 Минздрава (Волынская скважина) и санатории «Светлана». Эти воды широко применяются для ванн и других наружных процедур в больницах и здравницах Москвы и Московской области: в Российском научном центре реабилитации и физиотерапии и его филиале в Перхушково, в Центральной клинической больнице, в Центральном институте травматологии и ортопедии, санатории «Светлана», на курортах Дорохово, Тишково, Михайловское, в санаториях имени Герцена, «Русь», «Русское поле», «Архангельское» и многих других.

Сумма утвержденных запасов рассолов для бальнеолечения в целом по Москве составляет 1479 м³/сут. из них по сан. «Светлана» – 137 м³/сут, «Архангельское» – 63,1 м³/сут, КБ №1 – 600 м³/сут и ЦБЛ – 540 м³/сут. Однако, водоотбор в этих скважинах все время оставался весьма невысоким (от 3 до 10 м³/сут), а в настоящее время большая часть этих скважин практически не эксплуатируется.

В наше время появились в продаже искусственно приготовленные лечебно-столовые минеральные воды, по своему качеству не отвечающие натуральным. К сожалению, при этом не учитываются результаты исследований, выполненных в 20–30 годы. Специалисты курортного дела и аналитической химии однозначно доказали невозможность и нецелесообразность искусственного приготовления аналогов известных природных питьевых минеральных вод. В Российском научном центре реабилитации и физиотерапии проведены испытания некоторых лечебных, лечебно-столовых и природных столовых вод искусственно приготовленных и разлитых различными производителями. По безопасности исследуемые пробы, как правило, отвечают нормативным требованиям, однако, качество продукции не позволяет считать ее приближенным аналогом той или иной природной лечебной минеральной воды.

6.3. Использование рассолов для технических целей

Расположенный до глубин 850–1000 м средне-верхнедевонский водоносный комплекс содержит бромные хлоридные натриевые слабые рассолы с минерализацией до 120–130 г/л, используемыми для ванн в бальнеолечебницах города. Отделенный от него мощной стометровой толщей преимущественно слабопроницаемых отложений верхнепротерозойско-нижнедевонский водоносный комплекс содержит крепкие хлоридные натриевые рассолы с минерализацией до 260 г/л и плотностью до 1,18 г/см³. Наиболее продуктивный водоносный горизонт этого водоносного комплекса – ряз-

ский — используется с техническими целями на ТЭЦ города Москвы. Он находится на глубинах 1100—1200 м, а ниже 1300—1500 м на основной части территории Москвы уже располагается архей-нижнепротерозойская зона кристаллических пород с довольно слабой (для целей эксплуатации подземных вод) водообильностью

Высокоминерализованные рассолы на ТЭЦ используются для регенерации обменных натрий-катионитовых фильтров. Эти фильтры предназначены для удаления солей жёсткости (кальция и магния) из подаваемой в теплотель воды, чтобы предотвратить зарастание труб теплотели отложениями этих солей. При интенсивном использовании обменная ёмкость фильтров заполняется ионами кальция и магния, которые необходимо удалять из фильтров путём вытеснения их хлоридными натриевыми рассолами с низким содержанием солей жёсткости. В результате рассолы обогащаются ионами кальция и магния.

В пределах Москвы и ее окрестностей природные хлоридные натриевые рассолы используются на одиннадцати ТЭЦ (рис.6.5). Использование природных рассолов является более экологически безопасной и экономичной технологией по сравнению с используемой до сих пор на ряде ТЭЦ технологией использования растворов NaCl, приготовленных из сухой соли, которая связана с доставкой, разгрузкой-погрузкой и хранением больших объемов сухой соли на территории Москвы и Московского региона. Поскольку природные рассолы используются для регенерации ионообменных фильтров, удаляющих соли жёсткости из воды, определяющую роль в требованиях к их пригодности играет содержание в них хлорида натрия и солей жёсткости. Минерализация рассолов для использования должна быть на уровне не менее 120—180 г/л, при меньших значениях заметно возрастает объем используемых рассолов и сбросных вод после их использования. Поэтому наиболее перспективно для этих целей применение рассолов нижней части зоны застойного режима подземных вод — верхнепротерозойского-нижнедевонского водоносного комплекса.

В конце 70-х — начале 80-х годов конторой Промбурвод было начато бурение глубоких скважин на площадках ТЭЦ для целей технического использования рассолов. К 1980 г. были пробурены скважины на площадках ТЭЦ-22, ТЭЦ-21 и ТЭЦ-25, а к 1982 — также на ТЭЦ-20 и ТЭЦ-23. Запасы рассолов верхнепротерозойского-нижнедевонского комплекса при этом не оценивались, а их эксплуатация на площадках ТЭЦ производилась с увеличивающимся год от года расходом от 10—20 до 30—50 м³/сут на каждой площадке к началу 90-х годов. В 90-х годах было осуществлено геологическое изучение недр и бурение скважин для целей технического использования силами ГПП «Гидроспецгеология» на площадках ТЭЦ-26, ТЭЦ-20, ТЭЦ-27 и других. Были также пробурены дополнительные скважины на площадках ТЭЦ, уже эксплуатировавших рассолы данного комплекса, в связи с увеличением подачи воды в теплотель и, соответственно, потребностей ТЭЦ в рассолах. В настоящее время суммарный водоотбор рассолов на площадках ТЭЦ составляет около 500 м³/сут, данные о текущем и перспективном отборе рассолов верхнепротерозойского-нижнедевонского водоносного комплекса на них приведены в таблице 6.1.

Глубина статического уровня подземных вод водоносного комплекса на территории Москвы составляет 90—150 м. При глубине кровли основного — ряжского — водоносного горизонта около 1190 м гидростатический напор составляет около километра, а с учетом плотности рассолов (в пересчёте на метры водного столба) — около 1200 м. Понижения уровней подземных вод в эксплуатационных скважинах в значительной мере определяются их техническим состоянием, режимом водоотбора и свойствами

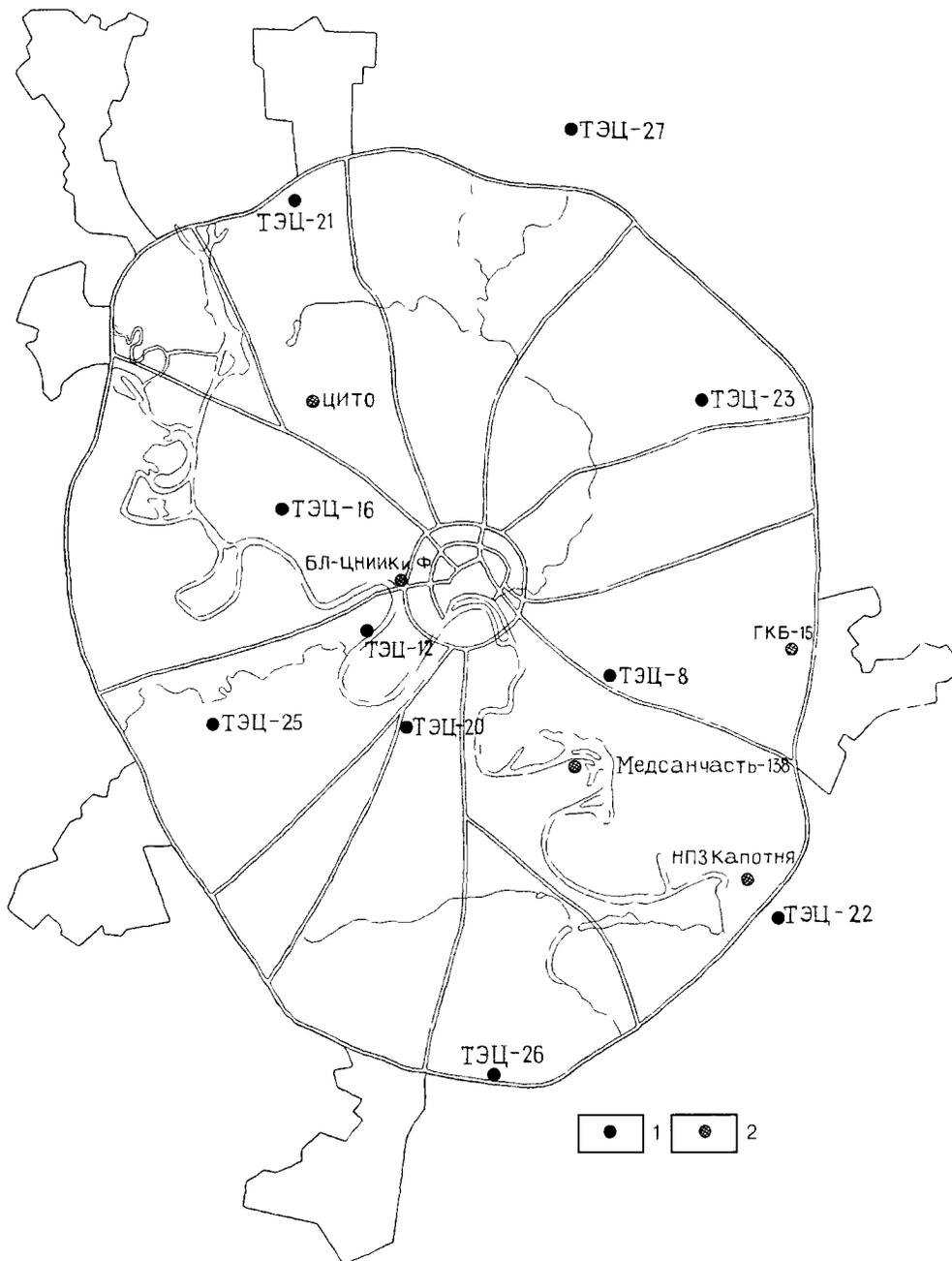


Рис 6 5 Схема расположения скважин, эксплуатирующих глубокие водоносные горизонты на территории Московского региона. Скважины 1 – ТЭЦ, 2 – эксплуатирующие комплекс ($D_{2st} - D_{3sc}$)

Таблица 6 1

Сведения о потреблении хлоридно-натриевого рассола на ТЭЦ Мосэнерго

№№ электростанций	Фактическое потребление		Перспективное потребление	
	тыс.м ³ /год	м ³ /сут	тыс м ³ /год	м ³ /сут
ТЭЦ-8	9.1	25	9.1	25
ТЭЦ-12	11	30.1	11	30
ТЭЦ-16	35	96	87.6	240
ТЭЦ-20	27.2	74.5	27 2	74
ТЭЦ-21	36	98 6	87.6	240
ТЭЦ-22	35	96	52.5	144
ТЭЦ-23	14 7	40.3	87.6	240
ТЭЦ-25	18	49.3	35	95 9
ТЭЦ-26	6	16.4	21	57.5
ТЭЦ-27	11	30 1	33	90 4

водоносного горизонта непосредственно на участках водозаборов. Так, например, на площадке ТЭЦ-21 в течение последних 10 лет они составляют около 10 м, на площадке ТЭЦ-26 не превышают 3–4 м, а ТЭЦ-22 – 6–8 м. Средняя величина снижения уровней ряжского горизонта по территории Москвы за счёт его эксплуатации составляет не более 3–4 м. Направленного изменения химического состава рассолов в течение всего периода их эксплуатации не отмечено ни на одном водозаборе ТЭЦ. Длительная эксплуатация рассолов с техническими целями привела в настоящее время к снижению природных давлений всего на 0,2–0,3%, что свидетельствует о высокой величине эксплуатационных запасов рассолов. Даже увеличение отбора в 10 раз, что значительно выше возможных потребностей в рассолах всех пользователей, может привести к снижению гидростатических давлений в эксплуатируемых горизонтах лишь на величину первых процентов от естественных величин, что не может вызвать никаких отрицательных последствий для природной среды, при явно более высокой экологической безопасности использования природных рассолов по сравнению с другими технологиями.

Дополнительное снижение экологической нагрузки на природную среду города и Московской области предусматривает использование ещё одной новой (для Москвы) технологии – возврата рассолов в недра после их использования. Это может позволить значительно снизить объемы сбросов растворенных солей в поверхностные водотоки, так как пока ещё как природные, так и искусственно приготовляемые рассолы после использования и предварительного разбавления пресной водой сбрасываются в р.Москву и ее притоки. Предварительное разбавление при этом снижает существенно минерализацию сбрасываемых вод, но не уменьшает общей суммы поступаемых в реки солей. Одновременно возврат рассолов в недра – в тот же горизонт, откуда производится их откачка, – позволит компенсировать пусть даже и незначительное снижение уровней эксплуатируемых водоносных горизонтов. При этом возвращаемые в недра рассолы практически аналогичны по своему составу природным рассолам, расположенным в верхней части мощности зоны застойного режима и использу-

емым для бальнеологических целей. Работы по изучению на опытно-промышленных площадках возможностей возврата технологических рассолов в недра уже ведутся на ТЭЦ-21 и ТЭЦ-26, а также планируются к проведению на ТЭЦ-27.

Использование природных рассолов глубоких водоносных горизонтов для технических нужд выгодно экономически и технологически, а также обосновано и с точки зрения экологической безопасности. Рациональное использование недр, обоснованное научным анализом опыта их эксплуатации и инженерно-гидрогеологическим прогнозом, позволяет не только снизить возможное отрицательное воздействие человека на геологическую среду, но и скомпенсировать экологический ущерб, который наносится природной среде другими видами деятельности человека в процессе своего жизнеобеспечения.

6.4. Перспектива использования подземных вод для водоснабжения Москвы

Москва — единственная столица в мире, хозяйственно-питьевое водоснабжение которой вот уже почти сто лет практически полностью базируется на поверхностных водных источниках. На современном этапе подземные воды играют весьма незначительную роль в водоснабжении города и их доля в балансе существующего водопотребления не превышает двух процентов.

Основными источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения (98%) г.Москвы являются поверхностные воды Москворецкой, Вазузской и Волжской систем, расположенных на территориях Московской, Тверской и Смоленской области (рис 6 б).

По данным Московско-Окского бассейнового управления Министерства природных ресурсов России суммарный полезный объем Москворецкой и Вазузской систем составляет 13275 млн. м³, которые обеспечивают подачу воды на Рублевский водозабор. Общая водоотдача этих систем при 95% обеспеченности (т.е. с гарантией 19 лет из 20) составляет 51 м³/сек

В состав Волжской системы водоснабжения г.Москвы входит Ивановское водохранилище, имеющее полезный объем 813 млн. м³, канал им. Москвы с системой насосных станций, водохранилища Икшинское, Пяловское, Учинское, Клязьминское и Химкинское. Суммарная водоотдача Волжской системы при 95% обеспеченности составляет 82 м³/сек. Вода на питьевые нужды города подается из Волжской системы на Восточную и Северную водопроводные станции

Таким образом гарантированная передача воды в г.Москве из указанных поверхностных водоисточников при 95% обеспеченности — 133 м³/сек

Среднегодовое потребление из названных водозаборов составляет 123 м³/сек (включая обводнительный расход), т.е. в дефицитные по водности годы (97% обеспеченности) водохозяйственный баланс не имеет резервов, и может создаться напряженное положение с водообеспечением города. Это наглядно показал исключительно маловодный 1996 г., когда для гарантированного водоснабжения населения Москвы пришлось ввести жесткие меры по экономии воды в городе.

При восстановлении ряда гидротехнических сооружений в районе Вышнего Волочка Тверской области и реконструкции части канала им. Москвы представляется возможным создать резерв по Волжской системе в объеме до 10 м³/сек. На этом возможности наращивания отбора поверхностных вод из рассмотренных поверхностных водоисточников исчерпываются.

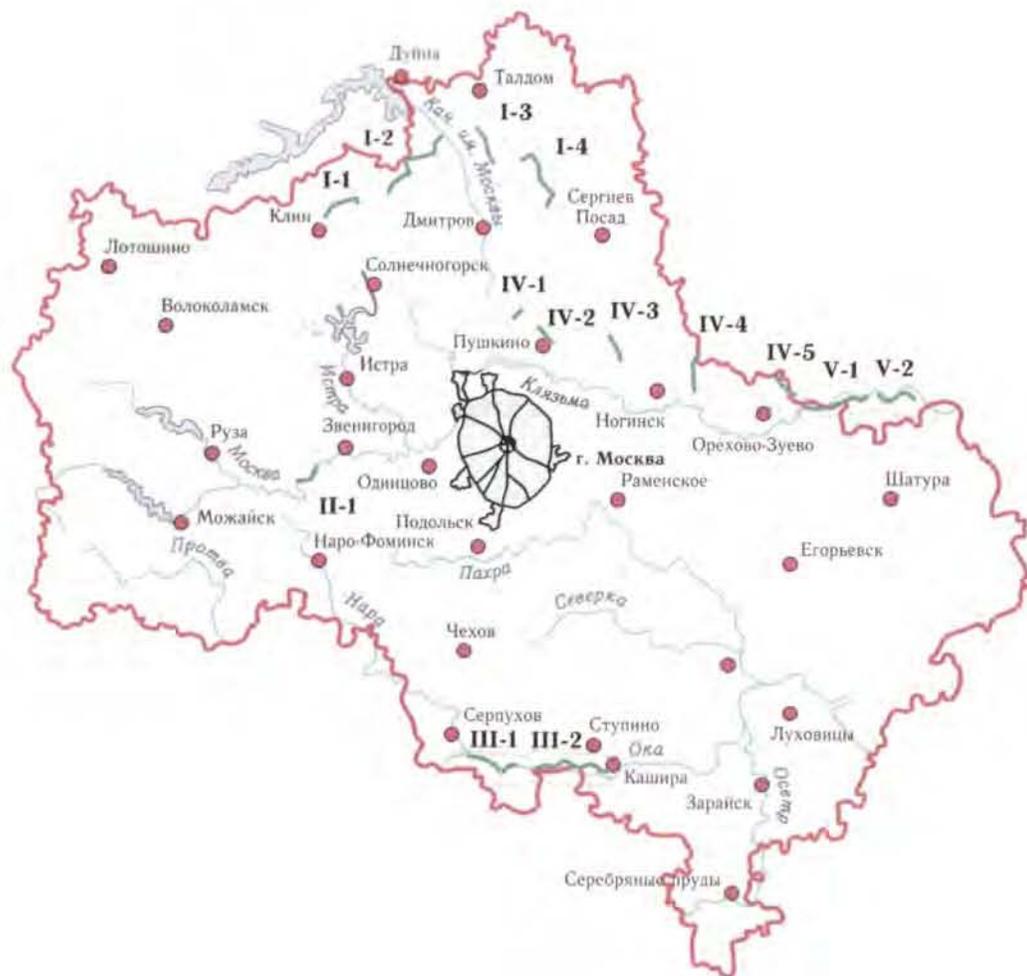


Рис 6.6 Схема расположения перспективных участков для водоснабжения подземными водами г. Москвы и Московской области I – Северная система I-1 – Клинский участок I-2 – Сестренский участок, I-3 – Дубненский участок I-4 – Вельское месторождение, II – Западная система (Звенигородское месторождение) III – Южная система (Приокское месторождение), IV – месторождения Восточной системы IV-1 – Вязь, IV-2 – Серебрянка IV-3 – Воря IV-4 – Шерна, IV-5 – Барсково-Средне-Клязменское (участок) V – Восточная система участки возможного расширения на V-1 – Покров-Средне-Клязменском и V-2 – Костерово-Средне-Клязменском месторождениях

Однако ограниченность ресурсов источников поверхностных вод существующей системы водоснабжения столицы – не единственная и не самая главная проблема ее водообеспечения.

Возможный дальнейший рост водопотребления вполне может быть компенсирован мерами по сокращению значительных потерь воды в системах московского водопровода и жилом секторе, снижением удельного расхода воды на одного жителя. Об этом убедительно свидетельствует существующий отечественный и мировой опыт решения подобных проблем в других столицах и городах.

Гораздо более сложной для практического решения представляется проблема обеспечения необходимого качества питьевой воды, подаваемой в города из незащищенных поверхностных водоисточников.

В условиях современного антропогенного пресса (промышленность, сельское хозяйство, жилищное строительство) на водосборные бассейны Москворецкой, Вазузской и Волжской систем водоснабжения г.Москвы, существующих и прогнозируемых экономических тенденций, принимаемые меры по охране водных источников не могут остановить деградацию природных водных объектов и ухудшение их состояния.

События последних лет наглядно показали незащищенность поверхностных водоисточников от загрязнения в результате техногенных аварии, тем более в экстремальных ситуациях.

Поэтому Москве жизненно необходимо иметь дополнительные (резервные) источники водоснабжения на базе природно-защищенных месторождений экологически чистых подземных вод, способные обеспечить устойчивое водоснабжение населения в случае вынужденного прекращения (ограничения) подачи загрязненных поверхностных вод.

Для этого, по данным специалистов МП «Мосводоканал», суммарная производительность систем подземных водозаборов должна составлять 20% от существующего водопотребления столицы. Очевидно, что по мере ввода необходимых мер по сокращению нерациональных потерь воды и снижению показателя удельного водопотребления, доля подземных вод в структуре приходной части водохозяйственного баланса г.Москвы должна возрастать

Указанные обстоятельства обусловили повышенное внимание федеральных органов государственного управления, руководства г.Москвы и Московской области к рекомендациям специалистов по расширению использования защищенных подземных источников для обеспечения населения г.Москвы чистой водой с одновременным решением водных проблем городов Московской области

Официальной датой начала нового этапа широкомасштабных геологоразведочных работ по изысканию крупных источников водоснабжения столицы на базе подземных вод можно считать июнь 1987 г., когда Советом Министров СССР было принято окончательное решение о прекращении работ по проектированию и строительству сооружения Ржевского гидроузла в бассейне Верхней Волги.

По предложению гидрогеологов для повышения надежности систем водоснабжения г.Москвы можно использовать сохранившиеся резервы подземных вод на южных, северных, западных и восточных окраинах Московской области и смежных с ней территориях

Выполненные к настоящему времени детальные геолого-гидрогеологические съемки указанных площадей, поисково-оценочные работы и разведка подземных вод на выявленных перспективных участках, в целом подтвердили возможность освоения дополнительно до 84 м³/сек пресных подземных вод.

Полученные в ходе этих геологических исследований материалы легли в основу разработки генеральной «Схемы объединенной системы водоснабжения г.Москвы и городов Московской области с использованием подземных вод» (далее — «Схема»), одобренной в декабре 1996 г. решением Объединенной Коллегии органов управления Москвы — Московской области в качестве руководства для проектирования и строительства отдельных систем водоснабжения, входящих в ее состав.

В январе 1997 г. вышло постановление правительства Российской Федерации «О мерах по обеспечению устойчивого водоснабжения г. Москвы и Московской области» в котором определяется необходимость создания объединенной системы водоснабжения г. Москвы и Московской области с использованием подземных вод на основе предложенной «Схемы».

По замыслу коллектива разработчиков Схемы для водоснабжения столицы и целого ряда городов Московской области в ближайшую перспективу предусматривается использование подземных вод центральной части Московского артезианского бассейна (рис. 6.6) в количестве 2,6 млн м³/сут (30 м³/сек) в том числе из

Южного (Приокского) месторождения — 1,2 млн м³/сут (14 м³/сек)

Северной группы месторождений — 0,7 млн м³/сут (8 м³/сек)

Восточной группы месторождений — 0,6 млн м³/сут (6 м³/сек)

Звенигородского месторождения — 0,15 млн м³/сут (1,7 м³/сек)

Не останавливаясь на технико-экономических аспектах этой сложной проблемы рассмотрим кратко основные особенности геолого-гидрогеологических и геоэкологических условий намечаемых к освоению перспективных площадей.

Южную водопроводную систему планируется создать на базе эксплуатационных запасов подземных вод Приокского месторождения, расположенного в долине р. Оки между городами Серпухов и Кашира. Оно было выявлено в процессе поисково-разведочных работ, проведенных Московской геолого-разведочной экспедицией (с 1991 г. — «Геоцентр Москва») в 1975—1978 гг. с целью изыскания источников хозяйственно-питьевого водоснабжения городов южной части Московской области. По предварительным оценкам того периода эксплуатационные запасы подземных вод пяти изученных участков на левом берегу р. Оки оценивались величиной порядка 2 млн м³/сут. В последующие годы вплоть до 1995 г. поисковые и разведочные работы проводились в долине р. Оки на территории протяженностью более чем 100 км.

По результатам этих исследований были выбраны три наиболее перспективных участка Приокского месторождения: Прилуцкий, Ступинский и Пужниковский.

Общим итогом изучения подземных вод в долине р. Оки явилось утверждение их эксплуатационных запасов в количестве 1200 тыс м³/сут. Одновременно подтверждена возможность начала промышленного освоения запасов первой очереди Южной системы объемом 500 тыс м³/сут.

Возможность отбора столь значительных объемов подземных вод в течение неограниченного периода на сравнительно небольшом участке долины общей протяженностью около 20 км объясняется уникальным комплексом его геолого-гидрогеологических условий. Водовмещающие карбонатные породы целевого тарусско-михайловского водоносного горизонта нижнего карбона средней мощностью 30—40 м трещиноваты, местами сильно кавернозны и закарстованы, что определяет его исключительно высокую водообильность. В пределах разведанного месторождения тарусско-михайловские известняки перекрываются песчано-гравийными отложениями четвертичного аллювиального комплекса мощностью 20—30 м, которые выполняют функцию регулирующей емкости и определяют исключительно благоприятные условия

Браславский Ю.Д. Использование подземных вод для водоснабжения Московского региона // Тез. докл. Междунар. Конгр. Вода, экология и технология. Москва, 1966.

Боревский Б.В., Долбин В.Д., Ефремов Д.И. и др. Гидрогеологическое обоснование интенсификации использования подземных вод для хозяйственного водоснабжения Московского региона // Тез. докл. Междунар. Конгр. Вода, экология и технология. Москва, 1966.

восполнения запасов подземных вод, а в совокупности — промышленную ценность этого месторождения

Северная водопроводная система проектируется на базе месторождений подземных вод Северной площади, расположенных в основном на заболоченной территории Волжской низины и северного склона Клинско-Дмитровской гряды.

Первые целенаправленные геологоразведочные работы на подземные воды в этом районе были проведены в 1971–85 годах Московской геолого-гидрогеологической экспедицией для водоснабжения городов Клин, Дубна, Загорск (Сергиев-Посад), Хотьково, Дмитров, Талдом и других населенных пунктов. По результатам этих работ были утверждены эксплуатационные запасы подземных вод по действующим водозаборам указанных городов, а также по нескольким новым перспективным участкам — «Клинскому» (Сестринскому), «Нижневельскому» и «Вельскому», предназначенных для водоснабжения гг Клин и Сергиев-Посад

С 1988 г., в связи с обсуждением вопроса о подаче подземных вод в московский водопровод, на Северной площади, включающей территории Клинского, Талдамского, Дмитровского и Сергиево-Посадского районов Московской области, «Геоцентром-Москва» проводятся крупномасштабные (1:50 000) геологосъемочные работы на площади 3,5 тыс. км², создается опорная сеть наблюдательных скважин и гидрометрических постов, ведутся поисково-оценочные работы на четырех перспективных участках.

В 1993–1994 гг. специалистами «Геоцентр-Москва», Научно-производственной и проектной фирмы «ГИДЭК», Центрального Регионального Геологического Центра (ЦРГЦ), в связи с разработкой «Схемы», на основании анализа всего имеющегося материала и выполненного математического моделирования была обоснована возможность отбора в пределах Северной площади 750 тыс. м³/сут пресных подземных вод для нужд Объединенной системы водоснабжения. При этом, дополнительно к ранее утвержденным эксплуатационным запасам, в пределах указанной площади экспертизой Центрального РГЦ опробировано 654 тыс м³/сут подземных вод. Одновременно предварительно оценены возможные направления и масштабы воздействия намечаемого водоотбора на окружающую природную среду и даны рекомендации по проведению дальнейших гидрогеологических и геоэкологических исследований.

Намеченные к эксплуатации подольско-мячковский, касимовский и клязьминско-ассельский водоносные горизонты, являются основными коллекторами пресных подземных вод на месторождениях Северной группы. Они представлены трещиноватыми, закарстованными известняками верхнего и среднего карбона, общей мощностью 120–200 м и перекрыты песчано-глинистым чехлом осадочных отложений мезозоя и кайнозоя общей мощностью от 50–70 м до 120 м и более

Общий отбор подземных вод на Северной площади в настоящее время не превышает 350 тыс. м³/сут. Наиболее крупные водозаборы действуют в гг Клин, Дмитров и Сергиев-Посад. Многолетняя эксплуатация подземных вод привела к формированию нескольких крупных депрессионных воронок в районах указанных водозаборов. Однако зоны депрессии имеют локальный характер и на большей части Северной площади сохранился естественный или слабонарушенный режим подземных вод

Предварительная оценка эксплуатационных запасов подземных вод Северной площади выполнена методами математического моделирования

Установлено, что суммарная производительность всех водозаборных сооружений в пределах Северной площади оценивается в 931 тыс. м³/сут, из которых 861 тыс. м³/сут

может быть использована для Северной межрайонной системы водоснабжения. При этом оцененные дополнительно к ранее разведанным запасам на этой площади составляют 654 тыс.м³/сут.

Как показывает анализ опыта эксплуатации действующих крупных водозаборов (Клин, Дмитров, Сергиев-Посад), интенсивный отбор подземных вод с модулем, соизмерным с проектируемым, не вызывает изменения среднегодовых уровней грунтовых вод и слабо влияет на речной сток

Несомненный интерес представляет один из возможных вариантов размещения водозаборного ряда эксплуатационных скважин Северной системы непосредственно вдоль канала им. Москвы. При реализации такого варианта требуемые для Северной водопроводной системы 750 тыс.м³/сут могут быть получены с использованием подземных вод рассмотренного Сестринского месторождения, а также дополнительного водозаборного ряда протяженностью 40–45 км, вдоль трассы канала на его участке севернее г.Яхромы.

Несомненным преимуществом данного варианта размещения водозаборов Северной системы является возможность использования существующей инфраструктуры сооружений канала им. Москвы.

Восточная водопроводная система проектируется и строится на базе одноименной группы месторождений подземных вод, расположенных на территории Пушкинского, Щелковского, Ногинского, Павлово-Посадского, Орехово-Зуевского, Шатурского районов Московской области, а также Петушинского и Киржачского районов Владимирской области. Месторождения подземных вод, на базе которых создается Восточная водопроводная система, приурочены к водоносным горизонтам верхнекаменноугольных отложений в долинах реки Клязьмы и ее левобережных участков: Вязь и Серебрянка (притоки Учи), Воря, Шерна, Киржач.

Месторождения восточной группы в большинстве своем хорошо изучены. На этой территории, после региональной оценки эксплуатационных запасов подземных вод, к 1976 г. на большинстве выявленных участков Московской геолого-гидрогеологической экспедицией были проведены разведочные работы и утверждены эксплуатационные запасы.

Освоение разведочных пресных подземных вод месторождения Восточной группы началось со Средне-Клязьминского месторождения с утвержденными запасами 460 тыс.м³/сут на территории Московской и Владимирской областей. При этом возможный отбор подземных вод построенной и введенной в действие первой очереди Восточной водопроводной системы для нужд городов Московской области ограничен 128 тыс.м³/сут.

Учитывая это были оценены возможности использования подземных вод верхнекаменноугольных отложений в долине р. Шерна. В настоящее время «Геоцентр-Москва» продолжает разведку подземных вод на этом участке с целью подтверждения ранее выявленных возможностей отбора здесь около 150 тыс.м³/сут подземных вод питьевого качества.

Таким образом, к началу проектирования «Схемы» в зоне намечаемой Восточной водопроводной системы выявлены и в основном подготовлены к промышленному освоению эксплуатационные запасы подземных вод на следующих объектах (таблица 6.2).

Вопрос о возможной общей производительности Восточной водопроводной системы до настоящего времени остается открытым. Несмотря на то, что в расчетах «Схемы» учтена подача подземных вод с этого направления в объеме только 560 тыс.м³/сут.

Таблица 6 2

Распределение запасов подземных вод по участкам

Месторождение	Участок	Эксплуатационные запасы, (тыс.м ³ /сут)	Примечания
1	2	3	4
Верхне-Клязьминское	«Серебрянка»	66,9	Не освоено
	«Вязь»	110,5	
	«Воря»	104,0	
Средне-Клязьминское	«Барсково»	60,0	Согласован отбор 128 тыс м ³ /сут
	«Покров»	183,0	
	«Костерево»	217,0	Эксплуатируется около 80 тыс м ³ /сут
	«Шерна»	150,0	Продолжаются разведочные работы
Восточное	«Мещерский»	400,0	Разведано для резервного водоснабжения г Москвы Не освоено

потенциальные возможности Восточной системы гораздо больше. Новые исследования показали принципиальную возможность дальнейшего наращивания эксплуатационных запасов Средне-Клязьминского месторождения, путем освоения его нового перспективного участка на продолжении восточного фланга. По данным моделирования здесь возможен отбор дополнительно до 300 тыс. м³/сут.

В итоге, по данным «Геоцентра-Москва» и АО «Мособлжилкомхоз», для нужд потребителей Московской области в балансе Восточной системы следует предусмотреть 467 тыс м³/сут подземных вод. Следовательно, вся остальная вода, которая пойдет по трубопроводам с этого направления может быть использована для повышения надежности водоснабжения населения г Москвы.

Совместная эксплуатация разведанных месторождений и действующих в настоящее время водозаборов в Восточном секторе Московской области и прилегающих районах Владимирской области приведет к региональному снижению пьезометрических уровней эксплуатационных водоносных горизонтов верхнекаменноугольных отложений. Наибольшие снижения уровней в клязьминско-ассельском (турабьевский подгоризонт) и касимовском горизонтах ожидаются в районах наиболее крупных проектных водозаборов (до 20–30 метров).

Так же, как и на месторождениях Северной группы эксплуатационные запасы подземных вод здесь формируются, в основном, за счет увеличения инфильтрационного питания (68–74%) и сокращения речного стока. Однако здесь, также как и на севере не ожидается влияния водоотбора на ландшафты восточной части Подмоскovie, что подтверждается многолетними наблюдениями за водоотбором, уровнями грунтовых вод и речным стоком.

Западная водопроводная система использует подземные воды Звенигородского месторождения. В отличие от рассмотренных выше Южной, Северной и Восточной систем, она пока полностью предназначена для удовлетворения дефицита в воде только городов и населенных пунктов западного сектора Московской области. Звениго-

род, Апрелевка, Троицк, Голицыно. Подача подземных вод Западной системы в г. Москву «Схемой» не предусмотрена.

Звенигородское месторождение разведано в 1981–83 гг. Московской геолого-гидрогеологической экспедицией для водоснабжения указанных выше населенных пунктов. В результате геологоразведочных работ в долине р. Москвы на удалении 7–23 км от г. Звенигорода выбран створ для размещения скважин водозабора с общей производительностью 143 тыс м³/сут, соответствующей расчетной пропускной способности подрусловых отложений в долине р. Москвы на разведанном участке общей протяженностью около 15,5 км.

Предназначенный к эксплуатации мячковско-подоletzкий водоносный горизонт залегает здесь под песчаными аллювиальными отложениями на глубинах от 3,0 м в центральной части участка до 30,0–37,5 м на его флангах. По данным результатов опытно-фильтрационных работ он имеет тесную гидравлическую связь как с четвертичным горизонтом, так и с поверхностными водами р. Москвы.

Как уже отмечено выше, в подобных гидрогеологических условиях эксплуатационные запасы при работе водозабора практически полностью формируются за счет привлечения речных вод. В процессе сравнительно длительного периода их фильтрации к скважинам водозабора происходит улучшение качества вод по химическим и бактериологическим показателям. Указанное обстоятельство подтверждается как отечественным, так и мировым опытом эксплуатации водозаборов в подобных условиях.

В связи с отмеченными особенностями формирования эксплуатационных запасов подземных вод и их качества, по предложению МП «Мосводоканал» Центральным РГЦ, планируется постановка дальнейших гидрогеологических исследований в долине р. Москвы с целью выявления новых участков для размещения подобных инфильтрационных водозаборов с максимально возможной производительностью.

Планируемое расширение масштабов использования подземных вод в центральной части Московского артезианского бассейна тесно связано с решением целого ряда актуальных для этого региона гидрогеологических и природоохранных задач.

Во-первых, в течение 1997–2000 гг. должен быть завершен весь необходимый комплекс работ по разведке подземных вод намеченных перспективных участков на базе которых предполагается создание водозаборов Объединенной системы водоснабжения г. Москвы и городов Московской области.

Во-вторых, назрела необходимость общей переоценки естественных и эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод в центральной части Московского артезианского бассейна и в первую очередь, на территории Московской области, поскольку большинство оценок эксплуатационных запасов подземных вод здесь выполнено в 1960–1970 гг. при существенно иной водохозяйственной обстановке и системе экономики.

В основу решения этой весьма сложной и объемной задачи должен быть положен тщательный анализ почти 100-летнего периода эксплуатации подземных вод в Московском регионе с использованием постоянно действующей модели его геологической среды.

Третья актуальная задача связана с комплексным изучением прогрессирующих процессов загрязнения подземных вод основных эксплуатационных горизонтов. Как правило, большинство потенциальных источников и известных очагов загрязнения подземных вод сосредоточены на территориях городских агломераций, совпадая с участками размещения водозаборных узлов городских водопроводов, либо в непо-

средственной близости от них. На данном этапе гидрогеологических исследований объектов загрязнения подземных вод, их результаты должны быть достаточными для разработки конкретных рекомендаций и мероприятий направленных на улучшение качества воды в водозаборных сооружениях.

Наконец, говоря об актуальных задачах дальнейших гидрогеологических исследований в г. Москве и Московской области, нельзя не подчеркнуть особую важность совершенствования и развития системы мониторинга подземных вод и геологической среды в целом. Сформировавшаяся «стихийно» в течение нескольких десятилетий система наблюдений за основными показателями состояния геологической среды сегодня уже не соответствует новым требованиям организации мониторинга для решения задач федерального (регионального), территориального и объектного уровня.

Требует также совершенствования система непосредственного измерения и передачи данных для последующей их обработки на разных уровнях. Перестройка системы мониторинга должна прежде всего начинаться с ее нижнего уровня, т.е. наблюдательной сети на многочисленных водозаборах, где собирается основной объем информации о состоянии подземных вод.

Глава 7.

Активизация геологических процессов и устойчивость территории

7.1. Виды техногенного воздействия на геологическую среду города

Верхние слои земной коры (геологическая среда) – место обитания и жизни человека. В Москве, как и в любом другом городе, относящемся к категории мегаполисов, на сравнительно небольшой площади сконцентрировано огромное количество людей, различных зданий и сооружений, подземных коммуникаций, путей сообщения и т.д. Данные Москомзема и Москомархитектуры по видам использования территории Москвы представлены в таблице 7.1

Таблица 7.1

Использование территории Москвы

№ п/п	Объекты города	% ко всей территории
1.	Жилая застройка	23.2
2.	Общественная застройка	9.3
3.	Промышленная застройка	13.0
4.	Земли транспорта, связи, инженерных коммуникаций	6.0
5.	Озелененные территории	40.7
6.	Незанятые земли	7.8

Из таблицы видно, что половина территории Москвы занята различными зданиями и сооружениями. Однако город развивается не только по площади, но также в высоту и глубину. Строительство сооружений идет на глубинах до 100 м. Высота зданий достигает 100–150 м, а отдельные уникальные сооружения поднялись вверх более чем на 500 м (Останкинская телебашня).

Высокая концентрация людей, зданий и сооружений, инфраструктуры, промышленных объектов порождает огромную нагрузку на геологическую среду, вызывая ее изменение и преобразование. В свою очередь, геологическая среда «реагирует» на внешние воздействия, что выражается в развитии геологических процессов, часто негативно сказывающихся на состоянии зданий, сооружений и другой инфраструктуры города.

Участки территории города, где геологические условия благоприятны для развития опасных геологических процессов, в той или иной степени становятся

менее пригодными для городского использования. Кроме того, развитие этих процессов, как правило, сопровождается ухудшением экологической обстановки и снижением безопасности проживания людей. Так формируется геологический риск городских территории.

Существование геологического риска на территории Москвы связано с развитием таких геологических процессов как карстово-суффозионные провалы, оползни, подтопление территории, образование различных техногенных и других слабых грунтов и их повышенная сжимаемость, образование различных техногенных физических полей. Каждый процесс приурочен к определенным геологическим условиям и видам техногенного воздействия, имеет свои пространственные и временные закономерности, характеризуется специфическими причинно-следственными связями.

Основным средством предотвращения геологического риска или его снижения в условиях мегаполиса является грамотное ведение градостроительной политики. Смягчить последствия развития опасных процессов возможно также с помощью различных технических решений, в частности, путем проведения инженерных защитных мероприятий (устройства дренажей, подсыпок, повышения несущей способности грунтов, применения специальных конструкции фундаментов и т.д.), что неизбежно сопровождается удорожанием строительства.

Воздействие города на геологическую среду многообразно. На территории города под воздействием различных факторов техногенного характера развивается гравитационное и динамическое уплотнение пород, сдвигание пород в массиве, гидростатическое взвешивание и сжатие рыхлых водовмещающих пород, механическая и химическая суффозия и т.д. Воздействие города наиболее активно проявляется в поверхностных слоях земной коры примерно до глубины 60–100 м, хотя в отдельных случаях может простирается до глубины 1,5–2,0 км.

Чтобы бороться с отрицательными последствиями развивающихся процессов, необходимо знать причины их возникновения, закономерности развития. Среди различных факторов, оказывающих влияние на геологическую среду, следует выделить механическое воздействие наземной техносферы города, откачку подземных вод, нарушение инфильтрационного баланса грунтовых вод, создание подземных выработок, изменение физических полей геологической среды.

Наиболее распространенным видом воздействия являются статические нагрузки на толщу пород от веса зданий и сооружений. Величина этой нагрузки изменялась по мере роста этажности зданий, плотности застройки территории и применяемых различных строительных материалов. На начальной стадии развития города, когда возводились в основном деревянные сооружения, нагрузки на грунт от них не превышали 0,01–0,05 МПа. С появлением каменных зданий и сооружений нагрузки постепенно возросли до 0,15–0,2 МПа. Массовое строительство многоэтажных зданий привело к увеличению нагрузок на грунт до 0,2–0,3 МПа. Опоры мостов через р.Москву передают давление на грунт от 0,4 до 1,2 МПа. Давление от высотных зданий, сооруженных в начале 50-х годов, составляет 0,35–0,5 МПа. Преобладающая величина давления от современных многоэтажных жилых домов не превышает 0,2–0,3 МПа, что связано с применением современных строительных материалов.

Другим видом техногенного воздействия на геологическую среду является откачка подземных вод, вызывающая снижение гидростатических напоров и статических

уровней горизонтов подземных вод. Нарушение природной гидродинамической обстановки приводит к изменению напряженного состояния водовмещающих толщ пород и как следствие этого уплотнению пород в пределах образующихся депрессионных воронок. Что в свою очередь служит причиной опускания поверхности территории и многочисленных нарушений (аварии) в техносфере города.

Нарушение режима первого от поверхности горизонта грунтовых вод при определенных геологических условиях приводит не к понижению, а наоборот, поднятию его уровня и подтоплению территории. Основной причиной подтопления является влияние города на инфильтрационный баланс в основном за счет утечки воды из различных водонесущих коммуникации и изменения условий подземного стока.

Мошным фактором воздействия на геологическую среду города является строительство подземных сооружений. Возведение и эксплуатация подземных объектов ведется в условиях интенсивного водоотлива от строящихся сооружений. Например, суммарная откачка грунтовых и подземных вод при строительстве и эксплуатации Московского метрополитена изменяется от 10.8 до 180 тыс м³/сут. Снижение уровня подземных вод достигает 30 и более метров. Это приводит к изменению напряженного состояния пород вокруг строящихся сооружений, нередко сопровождаемому уплотнением грунтов с образованием на поверхности земли мульды оседания.

Наконец разнообразная производственная деятельность людей, а также транспорт и коммуникационные системы изменяют физические поля Земли, что сказывается на состоянии геологической среды и ее свойствах. К их числу относятся акустическое, вибрационное, температурное, наведенное электрическое и электромагнитное поля (таб. 7.2). Причем по своему уровню техногенные физические поля часто превышают санитарные нормы и отрицательно воздействуют не только на техносферу, но и на здоровье жителей города.

Ниже более подробно будут рассмотрены основные виды опасных геологических процессов, развивающихся на территории Москвы и влияющих на ее устойчивость.

Таблица 7.2

Параметры, характеризующие техногенные физические поля в городах

Виды физических полей	Ед. измерений	Уровень поля			
		фоновый	достижимый	санитарный предел	техногенный предел
Поле давлений	МПа	0.2*	0.1–0.6 (1.5–2.0)**	–	–
Акустическое	дБ	25–30	80–120	45–60	–
Вибрационное	мм/с	0.02–0.05	0.02–16	0.12	0.20–0.40
Температурное	°С	-2 – +10	-160 – +1500	+16 – +20	–
Электрическое	мВ/м	5–10	10–300	–	3–5
Электромагнитное	кВ/м	10–6	2.5–10	5.0	–
Радиоактивное	мР/ч	0.003–0.025	0.018	0.024	–

* – на глубине 10 м

** – на мостовые опоры глубокого заложения

7.2. Оседание поверхности территории города

7.2.1. Сжатие грунтов в основании зданий и сооружений

Под действием веса зданий и сооружений происходит уплотнение грунтов оснований, в результате чего наблюдаются вертикальные перемещения (осадки) грунта

Величина осадки здания на жестком сплошном фундаменте в виде плиты неодинакова в разных его частях: она выше в его центральной части и меньше у краев при одинаковых значениях деформационных показателей грунтов. Одновременно с осадкой здания происходит оседание прилегающей к зданию территории, формируется воронка оседания, края которой могут быть удалены от контура здания на расстояние до 50–150 м. Мощностъ зоны активного сжатия может достигать 30 и более метров. Глубина и размер воронок оседания зависят от величины нагрузки, площади и типа фундамента и физико-механических свойств массива грунтов. Воронки имеются вокруг каждого здания в массиве. При плотной застройке, обычной для городских территории, они накладываются друг на друга и образуют общую сниженную поверхность

Исторически сложилось так, что плотность застройки и величины передаваемых на грунт давлений были выше в центре Москвы, чем на окраинах города. Подобная картина наблюдалась примерно до 50-х годов, когда начавшаяся в широких масштабах застройка окраин внесла изменение в характер территориального распределения нагрузок

Величина уплотнения грунтов в основании зданий и сооружений зависит от физико-механических свойств грунтов и характера действующих на них давлений. Для наиболее распространенных грунтов территории Москвы модуль деформации колеблется в пределах 3–200 МПа. Наибольшей сжимаемостью характеризуются техногенные отложения, современные пойменные и озерно-болотные отложения, рыхлые супеси и мелкозернистые пески разного генезиса четвертичного, мелового и юрского возрастов. Величина их модуля деформации (E) не превышает 3–10 МПа. Более высокие значения модуля деформации имеют моренные суглинки, юрские глины и суглинки в коренном залегании (10–30 МПа), крупные пески (E до 40–50 МПа), плотные покровные суглинки, литифицированные глины, мергели и известняки карбона имеют модуль деформации более 60–80 МПа. Естественно, это обстоятельство определяет величину осадок здания и оседания поверхности.

Установлено, что осадки зданий и сооружений, основанием которых служат песчаные грунты, характеризуются небольшими величинами и быстрым затуханием после завершения строительства. Осадка зданий и сооружений, возведенных на глинистых грунтах, развивается медленно и продолжается длительное время после завершения строительства, характеризуясь значительными величинами. Так, здание Центрального Театра Армии, построенного на моренных валунных суглинках, подстилаемых тонкозернистыми песками и юрскими глинами, претерпевало заметные осадки в течение 10 лет после завершения строительства.

Влияние вида грунтового основания на величину и скорость протекания осадок хорошо иллюстрируется наблюдениями за осадками двух высотных зданий – на Смоленской площади и около Красных ворот. В основании здания на Смоленской площади залегают пески ($E=30$ МПа), подстилаемые известняками и литифицированными глинами ($E=30-40$ МПа). Величина осадки составила здесь 6,3 см, причем осадка завершилась через года после окончания строительства. В зоне сжатия высотного здания у Красных ворот помимо песков ($E=15$ МПа) находятся юрские глины

($E=11-15$ МПа) Величина осадки этого здания составила 13,4 см, которая продолжалась около 7 лет после завершения строительства (Брайт Медвецкии 1959)

Наибольшие осадки здания фиксируются в случае залегания в основании пойменных озерно-болотных и рыхлых техногенных отложений – рыхлых супесей и тонких песков илов торфов, озерного мергеля, строительного и бытового мусора и т.п. Осадки сооружения на таких грунтах протекают в течение многих лет и могут достигать 20–30 см при скорости оседания до 2–3 см в год

Для примера на рис. 7.1 показана мульда оседания района бывшего Козьего болота приуроченная к территориям распространения слабых озерно-болотных грунтов, попавших в зону застройки и техногенного воздействия

Значительные, неравномерные и длительные осадки претерпевают здания и сооружения, возведенные на так называемых насыпных техногенных грунтах, мощность кото-

рых особенно в центральной части города может достигать 15 м. Для таких техногенных грунтов характерна большая неоднородность состава, часто наличие органических веществ, неравномерная мощность, залегание в виде линз карманов. Одним из первых сооружений, возведенных на насыпных грунтах, является «Храм Покрова что на рву» (Храм Василия Блаженного), построенный в 1560–1585 гг. на месте засыпанного рва, окружавшего Кремлевский холм. Деформации этого замечательного памятника русской архитектуры продолжают и в наши дни.

Величина осадки здания и сооружения даже на сравнительно сильно деформируемых грунтах может быть существенно уменьшена путем применения рациональных типов фундаментов. Так, осадка таких уникальных и тяжелых зданий, как МГУ на Воробьевых горах и Президент-отель на Якиманке не превысила 5 см за счет создания коробчатого фундамента глубокого заложения в первом случае и сплошной железобетонной плиты во втором.

Для современных зданий, передающих давление на грунт порядка 0,2 МПа средняя осадка при наличии в основании крупно-

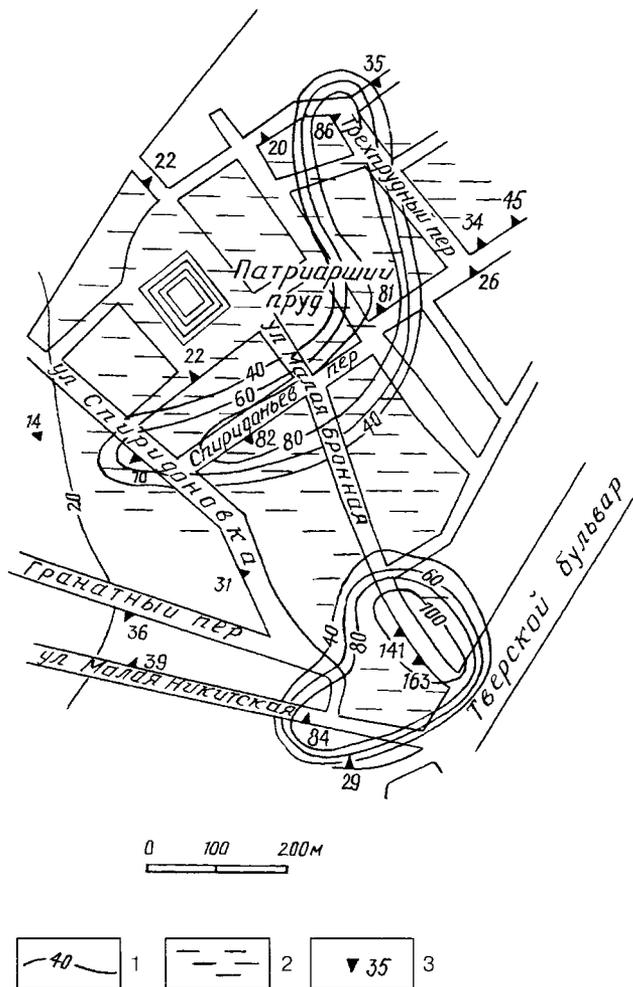


Рис. 7.1 Две мульды оседания поверхности земли в районе бывшего Козьего болота за период 1901–1936 гг. 1 – изолинии оседания мм, 2 – бывшее Козье болото, 3 – точки наблюдения

и среднезернистых песков составляет 11 мм для моренных суглинков – 27 мм а для молодых аллювиальных песков, супесей и суглинков – до 80 мм (по данным А.И. Снобковой)

7.2.2. Оседание поверхности территории города, вызванное откачкой подземных вод

Вода оказывает многообразное воздействие на грунт – она может вызывать растворение минеральных частиц грунта и влиять на напряженное состояние массивов. Последнее связано с изменением капиллярного давления на уровне зеркала грунтовых вод, взвешивающего воздействия воды (сила Архимеда) и гидродинамического давления фильтрующейся воды. Понижение уровня воды уменьшает взвешивающее давление воды на минеральные частицы грунта – приводит к увеличению капиллярного давления, в результате чего возрастает нагрузка на скелет грунта, происходит его уплотнение, сопровождающееся оседанием поверхности земли и осадками зданий и сооружений. При снижении уровня грунтовых вод (УГВ) давление на грунт возрастает на величину

$$\Delta p = (\gamma_{гаф} - \gamma')h,$$

где $\gamma_{гаф}$ – удельный вес водонасыщенного грунта в зоне водонасыщения, γ' – удельный вес грунта, взвешенного в воде, h – величина снижения уровня грунтовых вод.

Осадка поверхности земли при этом будет определяться по формуле

$$\delta = \frac{\Delta p H}{E},$$

где E – модуль деформации грунта, H – мощность сжимаемой толщи грунта.

Откачка напорных подземных вод в Москве привела к заметному изменению гидрогеологических условий – к снижению уровней различных водоносных горизонтов. Естественно, это повлекло за собой оседание поверхности земли на обширных территориях. Развитию оседания способствовали геолого-гидрогеологические условия города – наличие мощных водоносных толщ четвертичных песков и супесей, пластичных юрских и тугопластичных верхнекаменноугольных глинистых пластов, испытывающих большое взвешивающее давление напорных вод, трещиноватых и карвернозных доломито-известняковых толщ карбона, заключающих напорные воды.

Осадки, связанные со снижением уровня грунтовых вод, имеют широкое распространение в городе. Так, здание гостиницы «Москва», построенное на юрских глинах, имело до 1935г затухающую осадку. Но после снижения на 27 м напора в водоносном горизонте карбона, связанного со строительством метро, скорость осадки возросла более чем в полтора раза. Откачки грунтовых и напорных вод «оживили» осадки многих зданий в центре города – Российской государственной библиотеки, гостиницы «Метрополь», здания Малого театра и др.

Восьмизэтажный дом на улице Усиевича, возведенный на флювиогляциальных песках, получил неравномерную осадку в связи с откачкой воды при строительстве коллектора р. Таракановки, прокладываемого рядом с торцевой частью здания. Здание осело в сторону коллектора, в наружных стенах появились трещины вертикального направления с уширением кверху до 3 мм. На соседнем участке – где проводилась откачка воды в связи со строительством метро, произошло оседание поверхности на

15–28 мм в результате снижения УГВ на 17 м. На участке залегания в толще песков линз слабых органо-минеральных грунтов осадка поверхности достигла 80 мм. Под влиянием водопонижения поверхность осела в радиусе 400 м (Сазонов, 1984).

Величина осадок, вызванных снижением уровня грунтовых вод, зависит от многих факторов. Прежде всего от сжимаемости грунтов, мощности сжимаемой толщи, величины напора. В таблице 7.3 сопоставляются величины осадок, вызванных сжатием различных грунтов. Из приведенных данных отчетливо видно, что наименьшие величины оседания поверхности в результате водопонижения приурочены к территориям, сложенным скальными грунтами (каменноугольными известняками и доломитами), а наибольшие – к рыхлым грунтовым толщам, представленным глинистыми и песчаными грунтами.

Таблица 7.3

Величины осадок при водопонижении, обусловленные сжатием различных толщ грунтов (по А.И. Снобковой)

Грунтовые толщцы	Мощность толщи, м	Величина снижения УГВ, м	Величина оседания, мм
Четвертичные песчано-глинистые отложения	4–22.5	4–22.5	3–35
Юрские глины	5–17	5–17	10–40
Каменноугольные глины	6–8	8–42	5–7
Каменноугольные известняки и доломиты	5–8	5–17	0.8–2.1
	50	4–39	0.2–1.5
	100	9–20	2–3

С целью определения величин и скорости оседания поверхности земли, в результате воздействия градопромышленного комплекса были составлены схемы оседаний за период 1948–1959 гг., 1959–1965 гг., 1965–1973 гг.

Схема оседания земной поверхности в период 1948–1959 гг. охватывает почти полностью территорию Садового кольца. Лужниковской излучины с фрагментами вдоль Москвы-реки в северо-восточном и юго-западном направлениях. Оседание поверхности земли в описываемый период происходило со средней скоростью 0.5–2.0 мм/год, в отдельных местах увеличивалось до 5.0–14.2 мм/год. Соответственно средняя величина оседания земной поверхности за 1948–1959 гг. составляла 10–20 мм. В пределах поймы и вдоль русла р.Москвы, а также на участках, приуроченных к засыпанным долинам малых рек и оврагов, величина оседания возрасла до 20–30 мм. Водораздельные пространства между излучинами р.Москвы характеризовались минимальными оседаниями до 10 мм. Максимальное опускание территории (до 156 мм) зафиксировано на левом берегу р.Москвы в пределах Звенигородского шоссе – 1-й Магистральной улицы. Мульда оседания имела западно-северо-западное простирание и по изолинии 50 мм ее длина составляла 3.5 км при ширине до 1.5 км. Более мелкие по размерам, но достаточно значительные по вертикальным деформациям понижения отмечались в местах локального интенсивного воздействия на геологическую среду, особенно при сооружении и эксплуатации станций метрополитена (ст. метро «Октябрьская», 1950 г. – 56.4 мм; ст. метро «Киевская», 1953 г. –

32.3 мм и другие) Осадки вдоль линии метрополитена в 1948–1959 гг. происходили со средней скоростью 1.8–2.3 мм/год.

В период 1959–1973 гг. средняя величина оседания земной поверхности составила 20–30 мм, а среднегодовые скорости – 1.5–2.0 мм/год. (местами до 3.4–4.4 мм/год, см рис.7 2). В долине р. Москвы среднегодовые скорости смещения во время первого периода наблюдений (1948–1959 гг.), изменялись от 0.7 до 1.8 мм/год, а уже во втором периоде (1959–1973 гг.) возросли до 1.5–3.9 мм/год. Отмечено, что вдоль русла р. Москвы, начиная с 1965 г. скорость оседания земной поверхности увеличивается вдвое. Набережные р. Москвы, р. Яузы, Водоотводного канала, являющиеся транспортными магистралями, осели за 1959–1973 гг. повсеместно на 20–40 мм. В районах Фрунзенской, Пушкинской, Даниловской набережных осадки составили 54.6–63.3 мм (в некоторых местах Даниловская набережная только за период 1965–1973 гг. осела на 72.9–74.2 мм).

Зоны оседания, оконтуриваемые изолинией 50 мм, преимущественно располагались между Садовым кольцом и Окружной железной дорогой, в то время как центральная часть долины реки в пределах окружности Бульварного кольца испытала оседание от 10 до 30 мм, что обусловлено увеличением «тяжести» инженерно-хозяйственного воздействия на геологическую среду за пределами Бульварного и Садового кольца. Значительные величины смещения характерны и для других районов Москвы. Сохранила свою тенденцию к опусканию, по сравнению с периодом наблюдений 1948–1953 гг., территория в районе 1-й Магистральной улицы, правда скорость смещения заметно упала с 14–15 мм/год до 2.5–4.0 мм/год. Пока не удалось объяснить устойчивую, наблюдаемую с 1948 г. тенденцию значительных оседаний поверхности в пределах именно этого участка известными нам факторами инженерно-хозяйственного воздействия или особенностями его геологического строения.

Локальные унаследованные зоны повышенных оседаний (40–50 мм) отмечают вдоль засыпанной долины р. Неглинки от Бульварного кольца до Театральной пл. Среднегодовые скорости смещений в 1959–1973 гг. здесь возросли почти вдвое по сравнению с периодом 1948–1959 гг. (от 1.8 до 3.4 мм/год). Суммарное оседание земной поверхности за 1948–1973 гг. здесь достигло 60 мм. Аналогичные смещения зафиксированы на месте засыпанных долин рр. Кровянки, Черторый, Фильки и других.

Для Теплостанской возвышенности с сильно расчлененным рельефом на междуречном водоразделе величина оседания не превышала 30 мм. Наблюдения в интервале 1965–1973 гг. соответственно показали 30–40 мм для долин и 10–20 мм для водоразделов.

Менее значительные оседания, преимущественно 0–10 мм и 10–20 мм (1959–1973 гг.), были характерны соответственно для моренных и флювиогляциальных равнин южной окраины Смоленско-Московской возвышенности и прилегающих к ним территорий III-й надпойменной террасы. Так например, территория, ограниченная Беговой улицей и Садовым кольцом, к югу от Ленинградского проспекта испытала опускание до 10 мм. Такой же порядок величин смещений и для района Мясницкой улицы. Обширное оседание (более 30 мм) расположено к северу от Ленинградского проспекта в районе между станциями метро «Аэропорт» и «Сокол», где средняя скорость оседания составила 1.6–1.9 мм/год. Западная окраина города фрагментарно характеризовалась несколько меньшими скоростями оседания – до 1 мм/год.

На общей картине оседания поверхности территории города, вызванного откачкой подземных вод, выделяются участки, испытывающие воздействие аномально вы-

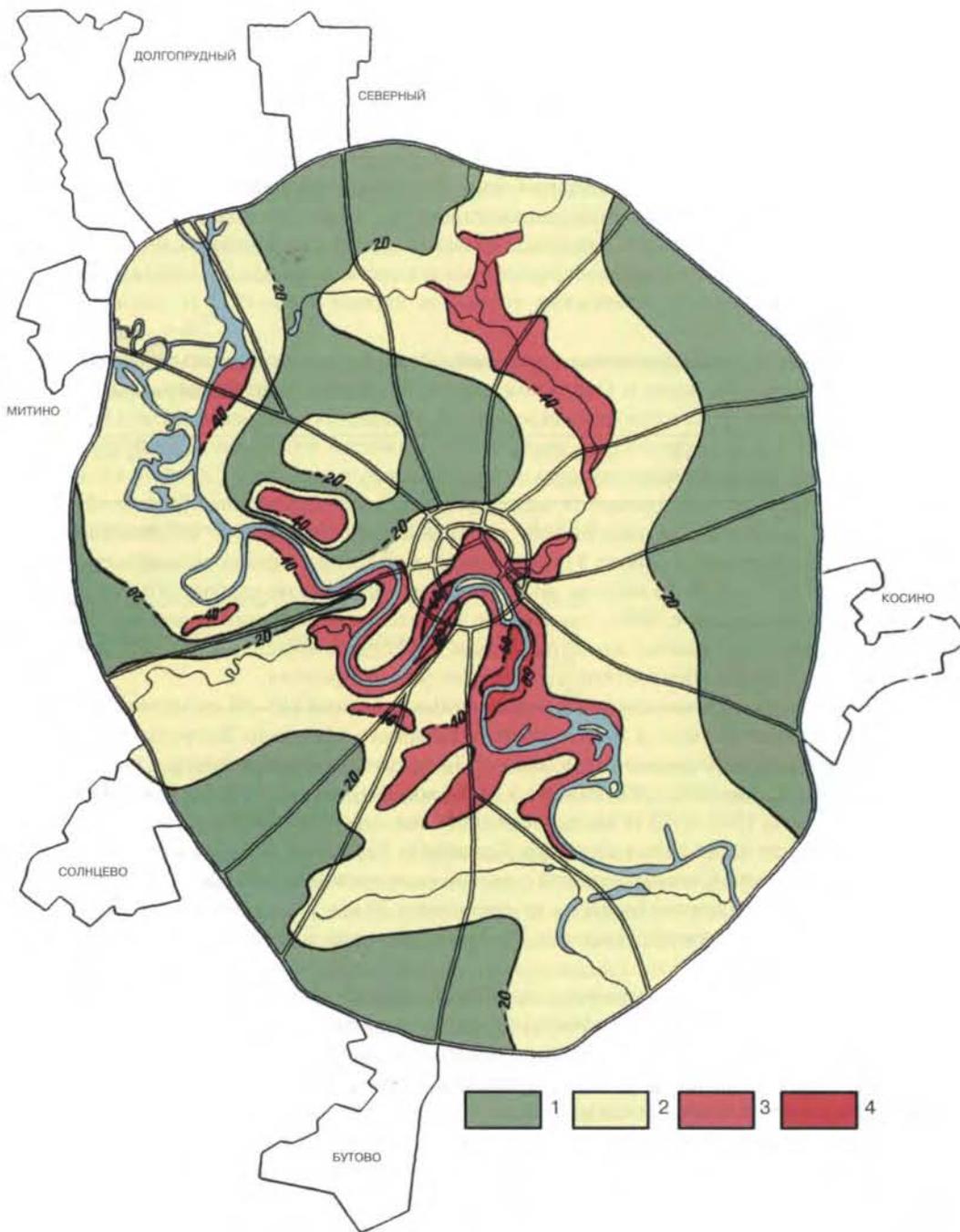


Рис 7.2 Районирование территории г.Москвы по величине оседания поверхности (за период 1959–1973 гг.)
 График оседания (в мм) 1 0–20, 2 20–40, 3 40–60 4 более 60

соких техногенных нагрузок. Как правило оно связано со строительством линии метрополитена. Так, часть Фитевской линии метрополитена (станции «Багратионовская» – «Молодежная»), проложенная в долине р.Фильки в 1961–1965 гг. к местам массовой жилой застройки Кунцевского района, вызвала оседания земной поверхности до 40 мм (в районе наземных станций – «Пионерская» – «Кунцевская») с радиусом влияния по оси тоннеля 120–250 м.

На станции метро «Арбатская» снижение уровней составило 32 м, что привело к оседанию поверхности, величина которого достигла 55 мм. Оседания земной поверхности до 87 мм отмечены и при водопонижении на станции «Тверская». Известно, что строительство станции метро «Боровицкая» вызвало деформации комплекса зданий Российской государственной библиотеки, причиной которых явились как собственно горнопроходнические работы, так и интенсивное водопонижение.

Суммарные значения оседания земной поверхности под влиянием эксплуатации метрополитена за 1948–1973 гг. для станций средней глубины заложения составили 41–46 мм (ст. «Сокол», «Аэропорт»), глубокого заложения – 28 мм (ст. м. «Арбатская»), более существенные оседания зафиксированы в районе ст. м. «Октябрьская» – до 117 мм.

Между показателями оседания земной поверхности и плотностью деформированных зданий в центре Москвы в период 1948–1973 гг. установлена прямая зависимость. Число среднедеформированных зданий резко возрастает от 2–3 на 1 км при оседании поверхности на 10 мм до 30 на 1 км при суммарной величине оседания поверхности больше 50 мм. Многофакторный анализ зависимости оседания поверхности земли от инженерно-хозяйственных факторов в целом для г.Москвы показал, что наиболее тесной оказывается связь между оседаниями и плотностью инженерных коммуникации.

7.3. Подтопление

Подтопленными считаются участки территории, где первый от поверхности водоносный горизонт поднимается к поверхности земли до глубины менее 3 метров

В России насчитывается более тысячи городов, где отмечается подтопление. Казалось бы, что покрытие больших территорий асфальтом, их застройка, удаление дождевых и талых вод должны способствовать уменьшению инфильтрационного питания грунтовых вод. Однако исследования показывают, что на территории городов оно оказывается в среднем больше, чем фоновое. Так, если для территории Московской области оно составляет до 100 мм/год при среднегодовых осадках 640 мм, то для территории города характерна величина в 150–200 мм/год.

Проведем простой расчет. В Москву ежедневно по системам водопровода поступает около 6,5 млн. м³ воды. Даже если потери в водонесущих коммуникациях соответствуют нормативным и составляют только 4% от этого количества (а на самом деле гораздо больше), то в грунт теряется около 440 тыс м³ воды в сутки. Соответственно при площади города 998 км² слой потерь составит 0,5 мм/сут или почти 180 мм/год, что уже больше фонового значения. К этому следует добавить инфильтрацию на открытых территориях, а это примерно 50% общей площади (парки, скверы, газоны). Количество инфильтрующейся воды здесь тоже больше, чем вне города. Последнее объясняется повышенной температурой воздуха и почвы, приводящей к таянию снега, поливом зеленых насаждений, складированием снега с проезжей части и тротуаров.

Все это вместе приводит к нарушению естественного баланса воды, увеличению инфильтрационного питания грунтовых вод и подъему их уровня.

Подъем уровня может быть вызван не только увеличением инфильтрации.

В течение многовековой истории рельеф городов претерпевает существенные изменения. Наибольшие мощности техногенных грунтов приурочены к долинам небольших засыпанных рек и оврагов, которые в свое время играли существенную дренажную роль, отводя подземные воды

Общая протяженность рек в пределах Москвы сократилась с 570 км до 430 км. Соответственно среднее расстояние между реками-дренами при площади города 998 км увеличилось с 1.6 до 2 км. Казалось бы, это немного, но дело в том, что превышение уровня между реками-дренами пропорционально квадрату расстояния между ними. Поэтому при прочих равных условиях это превышение для условий Москвы должно вырасти в 1.6 раза. Подъем уровня грунтовых вод при этом составит около 4–6 метров. Полученная оценка является правдоподобной. Например, на территории юго-запада Москвы, которая начала застраиваться в 60-е годы, по скважинам зафиксирован подъем уровня, достигший 5 м. Процесс подъема завершился только в 80-е годы.

В настоящее время определен вклад в изменение гидрогеологических условий вносит освоение подземного пространства. Единичное подземное сооружение, перегородившая поток подземных вод, вызывает подъем уровня перед собой и его спад ниже по потоку. Величина подъема и спада зависят от длины подземного контура и его ориентации относительно потока. Это объясняется тем, что здание действует как подземная плотина: чем оно длиннее, тем больше ожидаемый подъем. Для единичных сооружений он как правило невелик. Однако, если освоение подземного пространства производится на значительной площади пусть даже не сплошным контуром, а отдельными вкраплениями, изменение гидрогеологических условий может быть существенным. Эта особенность должна быть учтена на самых ранних стадиях проектирования, когда необходимо рассматривать влияние на уровень грунтовых вод не отдельных зданий, а всего ансамбля сооружений.

Анализ гидрогеологической обстановки территории г.Москвы и этих изменений за отдельные периоды истории города прямо или косвенно неоднократно предпринимался в прошлом.

Периоды времени, с которыми сравнивалась современная ситуация, соответствуют периодам, непосредственно предшествующим первому этапу градостроительного освоения той или иной части городской территории. Для грунтовых вод уровнем сравнения является положение, имевшее место в начале 30-х годов, когда появилась достоверная карта гидроизогипс грунтовых вод для территории города в пределах кольцевой железной дороги, составленная в масштабе 1:25000 И.А. Герасимовым, Н.А. Корчебоковым и др. (Даншин и др., 1935). Сопоставление старых и современных карт проводилось с анализом данных разновременного бурения и данных режимной гидрогеологической сети.

Области повышения поверхности грунтовых вод приурочены, в основном, к водораздельным участкам территории г.Москвы в районах моренного плато и флювиогляциальной равнины (рис.7.3). Максимальное повышение УГВ характерно для северных территорий г.Москвы в районе пересечения Дмитровского шоссе с Окружной железной дорогой. Здесь абсолютные отметки уровенной поверхности в настоящее время на 3–10 м выше, чем в 1933г. В районе Савеловского вокзала поверхность грунтовых вод повысилась на 2–4 м. На отдельных участках III надпойменной террасы р.Москвы (Лужниковской излучины, Даниловского кладбища) отмечаются локальные повышения УГВ на 2–3 метра (в районе ст. м. «Аэропорт» – до 4–6 метров). Повышение

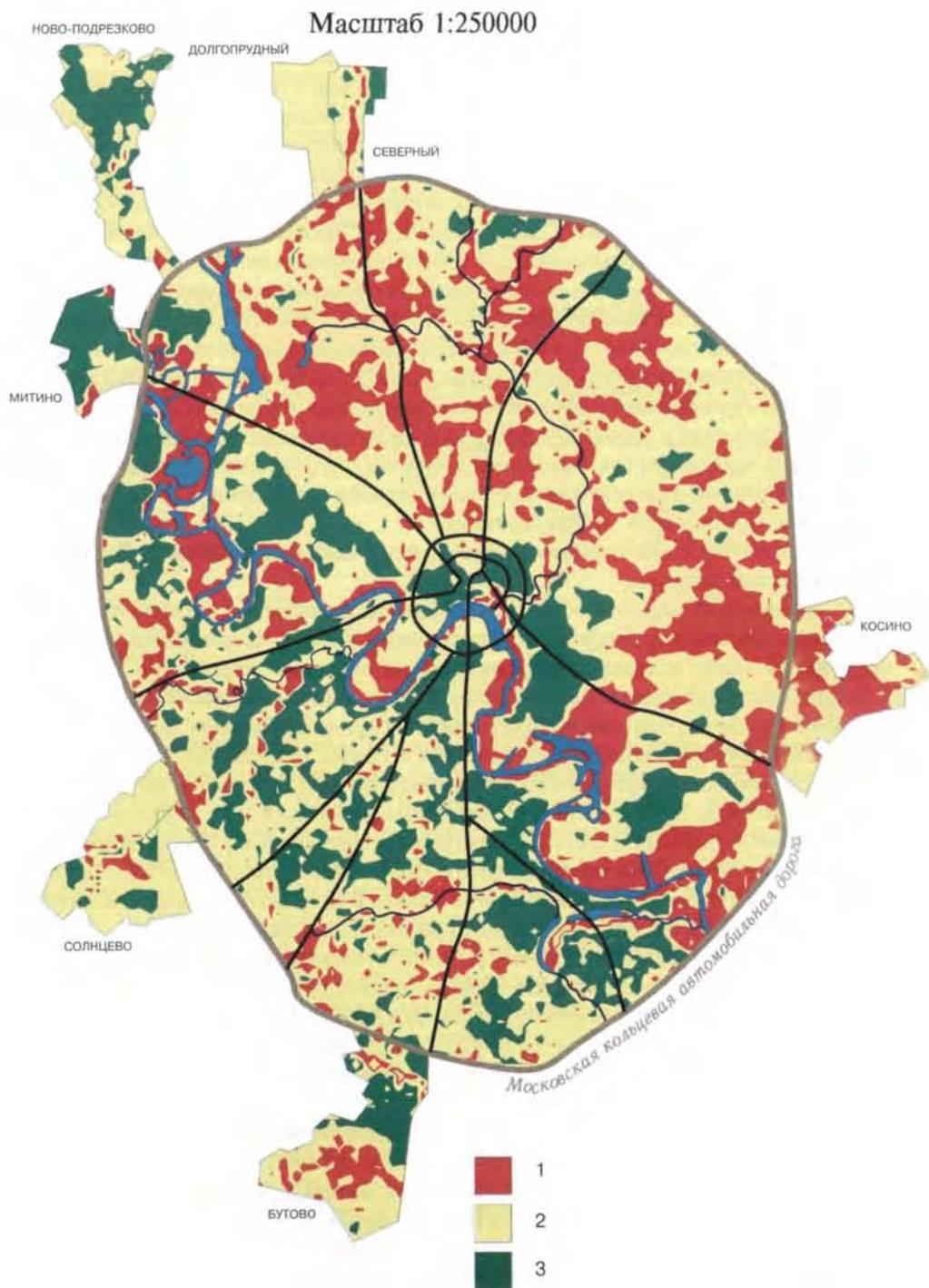


Рис 7.3 Карта подтопления г. Москвы грунтовыми водами 1 – территории подтопленные постоянно, 2 – территории, потенциально подтопляемые, 3 – не подтопляемые территории

уровней грунтовых вод в пределах Лужниковской излучины, по-видимому, является следствием совокупного подпора со стороны р.Москвы, после строительства канала Москва-Волга, а также потерь из подземных коммуникации

В районе моренного плато на территории г.Москвы в пределах Окружной железной дороги в покровных и техногенных отложениях появляется верховодка. Это явление отмечается и на отдельных участках флювиогляциальной равнины в районе Химкинского водохранилища, где покровные суглинки залегают на московских флювиогляциальных отложениях, представленных супесями и суглинками с подчиненными прослоями песков. В районе Краснопресненской набережной на участке поймы р.Москвы верховодка сформировалась в техногенных отложениях.

На юге Москвы в районах распространения с поверхности моренных отложений на многих участках также сформировалась верховодка, залегающая в покровных суглинках обычно на глубине 2–3 м. Исключение составляют отдельные участки моренного плато в районе Битцевского лесопарка, где верховодка пока не обнаружена.

Оценка геолого-гидрогеологических условий территории, инженерно-хозяйственного воздействия и обобщение фактического материала по бурению показали, что образование верховодки связано главным образом с техногенным питанием подземных вод и происходит вследствие изменения рельефа территории: выравнивания водоразделов, засыпки дрен, асфальтирования.

Подтопление и заболачивание может иметь и локальный характер. Вот некоторые интересные примеры.

Воронцовский парк в Москве – памятник садово-парковой архитектуры. На его территории сохранились хозяйственные постройки XVII века. За длительный период существования парка исходная поверхность земли оказалась погребенной на глубину 0,5–1 м за счет накопления техногенного грунта. Фундаменты зданий оказались под землей. В восьмидесятые годы они были откопаны для лучшего обозрения. Вследствие этого дома оказались как бы в котлованах, из которых нет стока. Последствия очевидны: затопление подвалов, вымокание стен с обрушением штукатурки, разрушение фундаментов.

Там же были заасфальтированы пешеходные дорожки. Эта акция превратила парк в подобие рисовых плантаций с регулярно чередующимися «обвалованными» понижениями правильной четырехугольной формы. В них, не имея стока, скапливалась дождевая и талая вода, превращая их в болота. В результате подъема уровня грунтовых вод оказались подтопленными корни деревьев, которые попросту погибли. Это пример неудачного решения проблемы по «облагораживанию» территории.

В целом, на конец 1995 г. подтопленные территории составляют около 40% городской территории, заключенной в границу МКАД. Оценка площади подтопленных участков на присоединенных к городу территориях, находящихся за пределами этой границы, в настоящее время затруднена из-за практически полного отсутствия там наблюдательной сети скважин

В 1995 г. на большей территории города, за исключением долины р.Москвы, внутрисезонные изменения поверхности грунтовых вод находятся в обычных для последнего десятилетия пределах. Величины сезонных амплитуд на севере, северо-западе (Северный, Северо-Западный округа) и юге (Западный, Юго-Западный и Южный округа) городской территории, где поверхность грунтовых вод находится в покровных суглинках и моренных отложениях, амплитуды изменений уровней грунтовых вод находились в пределах до 3 м. На террасах р.Яузы величина амплитуд составляла 1–2 м. В пределах зандровой равнины (Восточный и частично Юго-Восточный округа) вели-

чины сезонных амплитуд традиционно были наименьшими – до 1 м. На террасах р.Москвы несколько расширилась зона, в пределах которой внутрисезонные колебания уровней осложняются тенденцией к их повышению

По данным наблюдательной сети скважин существенного расширения площади подтопленных участков территории в 1995 г. не отмечено. Поэтому можно полагать, что подтопленные участки размещаются в пределах города так же, как и в 1993 г., когда картина подтопления территории была последний раз детально оценена с помощью геофильтрационного моделирования, данных наблюдательных скважин и скважин, пробуренных в процессе изысканий. Распределение подтопленных лошадей по округам города на 1993 г. и на перспективу 2010 г. дано в таблице 7.4.

Таблица 7.4

Распределение подтопленных территорий по округам г.Москвы

ОКРУГА	Площади подтопленных территорий в %	
	на 1993 г.	на 2010 г.
Восточный	80	89
Западный	37	50
Северо-Восточный	47	58
Северо-Западный	25	41
Северный	36	42
Центральный	22	22
Юго-Восточный	54	54
Юго-Западный	17	32
Южный	23	43

Наиболее заметное увеличение площадей подтопления на перспективу по ряду округов, прежде всего Южному, Юго-Западному (почти вдвое), а также Западному (10–16%) и остальным (до 10%), прогнозируется главным образом за счет строительного освоения территории за границей МКАД, что повлечет за собой увеличение водоподдачи и потерь из водонесущих коммуникаций в их пределах. Главным же природным фактором, способствующем подтоплению, будет являться залегание с поверхности земли слабopоницаемых глинистых пород (покровных или моренных суглинков), а также исходно высокое залегание УГВ (например, на территории Восточного округа, где уровни грунтовых вод находятся в песках).

Прогноз подъема грунтовых вод для присоединенных территорий был выполнен при уровне потерь из водонесущих коммуникаций, составляющих величину близкую к 4% от водоподдачи.

В последние годы в связи с сокращением производства и, соответственно, с уменьшением использования подземных вод из каменно-гольных водоносных горизонтов для технических целей наметилась тенденция к их восстановлению. В первую очередь это безусловно касается напоров в горизонтах, из которых откачивается вода. Однако этот процесс проявляется и в вышележащих водоносных горизонтах, включая и грунтовые воды. Скважины, расположенные в пределах долин рек Москвы и Яузы, наглядно иллюстрируют тенденцию подъема уровней во всех водоносных горизонтах в пределах г.Москвы.

Однако, поскольку наблюдательная сеть, расположенная на территории г Москвы, невелика, в настоящее время, без проведения дополнительных работ по уточнению гидрогеологической обстановки путем моделирования нельзя охарактеризовать величину подъема уровней в водоносных горизонтах для значительной части городской территории. Вместе с тем, необходимость в этом имеется в силу ряда вторичных последствий наблюдаемого сокращения отбора подземных вод.

Во-первых, подъем уровней существенно меняет условия строительства и эксплуатации уже существующих подземных сооружений, в частности, может приводить и уже приводит (например, на ст м «Боровицкая») к увеличению водопритоков в подземные выработки

Во-вторых, аналогичная ситуация возникает при строительстве и эксплуатации уже построенных наземных зданий с глубоким заложением фундаментов

В-третьих, на отдельных участках города подъем уровней грунтовых вод может привести к подтоплению обычных наземных зданий и сооружений

В-четвертых, наблюдаемые изменения гидрогеологической обстановки могут привести к активизации естественных геологических процессов, имеющих место на территории города – оседания, оползания и карста

Подтопление является неблагоприятным процессом, поскольку увеличивает затраты на ведение строительства (в обводненных грунтах оно обходится дороже) и эксплуатацию освоенных территорий (за счет обводнения подвальных и цокольных этажей зданий), увеличения коррозионной активности среды при обводнении верхних слоев грунтов, особенно глинистых, увеличения агрессивности грунтовых вод, что характерно для застроенных территорий, особенно когда наблюдаются потери из тепловых сетей. В этих случаях затраты на поддержание зданий и сооружений, а также подземных коммуникации оказываются наибольшими. К такого рода участкам в Северном и Северо-Восточном округах следует отнести участки вокруг промзон, расположенных вдоль Дмитровского шоссе и в районе бывшего г.Бабушкин (между р.Яузой и Ярославским шоссе) (см. рис 7.3). В Восточном округе – это территории вокруг промзон вдоль Щелковского шоссе и шоссе Энтузиастов, в Юго-Восточном – полоса левого берега р.Москвы между Южным портом и Капотней. Неблагоприятный участок находится вдоль границы Юго-Западного и Южного округов (практически вдоль всего отрезка Варшавского шоссе в границах города). В Западном округе такой участок располагается относительно узкой полосой между Можайским шоссе и Мичуринским проспектом. В Северо-Западном – это небольшой участок территории, заключенный в Мневниковской излучине р.Москвы, предназначенный для размещения Детского парка Чудес и, несмотря на это, традиционно используемый для несанкционированного складирования городских отходов.

Подтопление обуславливает также изменения теплового и в какой-то степени электрического поля на территории г.Москвы

7.4. Провалы

На территории г.Москвы в разное время появлялись и продолжают появляться деформации земной поверхности в виде провалов и неравномерных оседаний земной поверхности. Причины этих деформации различны. В одних случаях провалы образуются за счет обрушения карстовых полостей или за счет прорыва водонасыщенных песчано-глинистых пород в закарстованные толщи (карстово-суффозионные процессы),

в других — при суффозионных процессах на склонах речных долин, ручьев, оврагов и над подземными водонесущими коммуникациями, и, в-третьих — за счет обрушения кровли подземных горных выработок и перекрытия брошенных (засыпанных) сооружений, как правило, колодцев, подвалов и т.п. Провалы представляют непосредственную опасность жизни людей, нормальной эксплуатации здания и сооружений. Они наносят большой социальный и материальный ущерб

7.4.1. Карстовые провалы

До 70-х годов нашего столетия считалось (Котлов Ф В, 1962), что на территории города карст не является угрожающим, хотя и доставлял много неприятностей при освоении подземного пространства. Эту точку зрения пришлось пересмотреть в связи с активизацией в 60–70-х годах провалов и неравномерных оседаний земной поверхности на северо-западе столицы в районе Хорошевского шоссе

В настоящее время достоверно известны карстовые провалы в северо-западном районе сосредоточены на площади не превышающей 1,7% городской территории. Здесь насчитывается 42 провальных воронки, 13 из которых детально изучены. Одни провалы образовались под фундаментами жилых домов (Хорошевское шоссе, Новохорошевский проезд), другие появились на проезжей части дорог (ул. Куусинена, 1973 г., проспект Маршала Жукова, 1996 г., рис. 7.4 и 7.5), или вблизи жилых домов и промышленных сооружений

Поперечники известных провальных воронок изменяются от первых метров до 40 м глубина — от 1,5 м до 5,0–8,0 м, иногда и больше в зависимости от геолого-гидрогеологических условий. Наиболее крупные провалы приурочены, как правило, к участкам с определенным типом геологического строения, на которых скорость оседания земной поверхности превышает среднюю скорость оседания в 2–3,5 раза (Петренко С И)

Всего в северо-западной части города по данным геодезических наблюдений выделяется 10 зон с повышенной скоростью оседания земной поверхности, в пределах которых расположены жилые дома, школы, различные инженерные сооружения, в том числе и ТЭЦ-16.

По инженерно-геологическим условиям не исключена возможность образования карстовых провалов и в других районах столицы. Как правило, эти участки приурочены к доледниковым погребенным долинам рек Москвы, Яузы и их притокам.

В 1969 г. на Хорошевском шоссе в результате провалов земной поверхности разрушился 5-ти этажный жилой дом постройки 1950-х годов. Площадка была спланирована и частично заасфальтирована. Впоследствии по контуру провальных воронок происходили периодические смещения грунтов.

Характерной особенностью участка, на котором образовались две провальные воронки диаметром около 10 м и глубиной 17 м, является то, что подобные проявления процессов, происходящих на глубине, сосредоточены группами, по 2–3 на расстоянии 30–40 м друг от друга. В момент образования они имеют форму колодцев с отвесными стенками (Кожевникова В Н., 1980).

Котлов Ф В. Изменение природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 263 с.

Кожевникова В Н. Особенности механизма образования просадок и провалов в результате изменения гидрогеологических условий закарстованных территорий // Прогноз изменения гидрогеологических условий застраиваемых территорий. М.: Строиниздат, 1980.

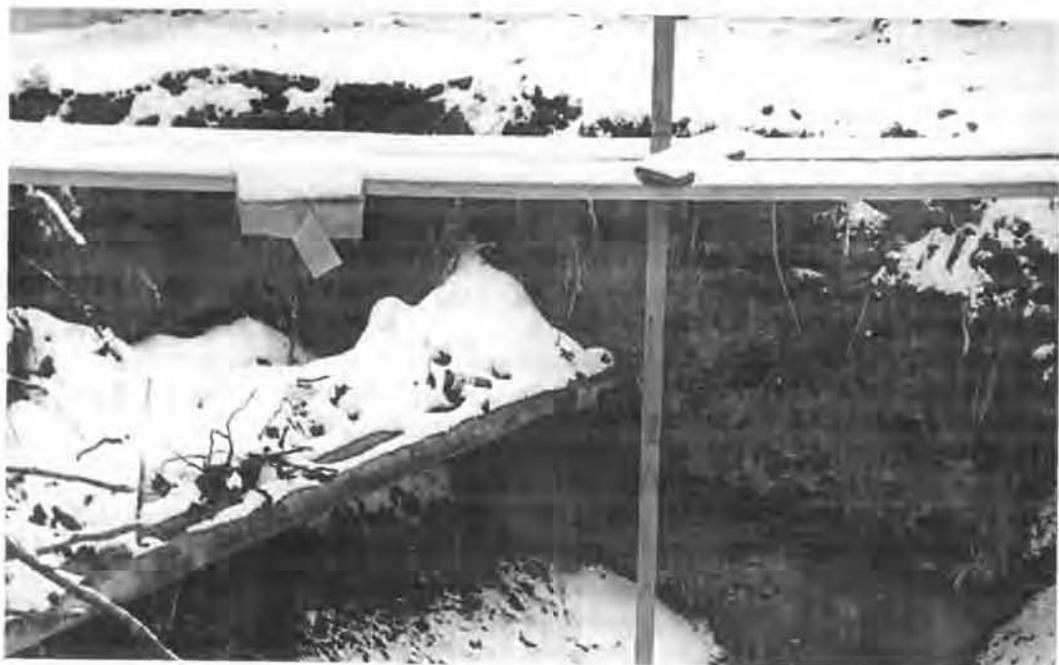


Рис 7 4 Карстово суффозионная провальная воронка на ул Куусинена (фото Кожевниковой В Н октябрь 1973)

В 40–50 м севернее разрушенного дома находится станция метро «Потежаевская» где в ходе инженерно-геологических изысканий была обнаружена воронка, которая до глубины 23 м заполнена техногенными грунтами.

Буровые скважины, расположенные в 16 м к северу от воронки, вскрыли 5-метровый провал, заполненный четвертичными отложениями.

В 70-ти метрах к югу от разрушенного дома во дворе городка «Волоканал» в непосредственной близости от 5-ти этажного жилого дома в 1996 г. появились воронки оседания. В стенах дома образовалась система субвертикальных трещин, рвущих кирпичную кладку. Визуальным обследованием установлено, что к началу 90-х годов полуметровая кирпичная кладка разорвана зияющими трещинами на всю толщину стен.

На участке разрушенного дома грунтовый водоносный горизонт, содержащийся в песчаных отложениях четвертичного возраста, отделен от напорных водоносных горизонтов, приуроченных к карбонатным породам верхнекаменноугольного возраста юрскими глинами небольшой мощности (рис 7 6).

Анализ геологического строения и истории карстообразования показал сложное сочетание развития древних карстовых процессов в карбонатных породах и современных провалов. Оказалось, что в пределах различных стратиграфических горизонтов имеются древние карстовые нарушения двух типов (рис 7 7):

захватывающие отдельные горизонты (один или два)

прослеживающиеся через всю толщу каменноугольных пород и вышележащих отложений.

К нарушениям второго типа приурочены современные провалы, что указывает на унаследованный характер развития карста (Кутепов В М, Кожевникова В Н, 1989).

В апреле 1977 г. на Новохорошевском проезде в густонаселенном районе в 150 м от крупного промышленного объекта ТЭЦ 16 в результате образования воронки были разрушены два жилых дома (№ 3 и № 4) и третий (дом № 5 корп. 2) – сильно поврежден. Один из разрушившихся домов показан на рис. 7.8).

Вечером 27 апреля ощущались сотрясения почвы и здания. Утром 28 апреля после дождя между домами появилась тьжа, а затем произошло оседание поверхности около 1,5 м в поперечнике и глубиной 0,2 м. Асфальт проезжей части покрылся трещинами. Тьжа исчезла. Началось быстрое формирование воронки. В южной части дома № 4 появились деформации. Произошло отсоединение отмостки от фундамента и стен; образовались трещины; от здания оторвался вход в подъезд № 3.

К трем часам дня глубина воронки составила 0,5 м. Дно воронки размером 10×5 м плоское, было вытянуто в меридиональном направлении. Борты пологие, шириной от 9 до 13 м. В них образовалась полоса шириной 9 м концентрических прерывистых трещин. В основании юго-западного борта воронки появились два бугра выпирания шириной 0,6 м и высотой 0,3 м. На асфальте у подъезда возникли резко выраженные трещины. В дальнейшем рост воронки резко замедлился. К 15 часам 29 апреля осевший участок имел форму треугольного оvals, обращенного вершиной к югу, с основанием 22,5 м и глубиной 0,66 м. В доме № 3 обвагались первые межэтажные перекрытия.

До 5 го мая включительно в корпусе № 2 дома № 5 в подъезде № 3 на всех 5 этажах в стенах квартир активизировались старые трещины и появились новые. На



Рис. 7.5. Провальная воронка на проспекте Маршала Жукова (фото Козляковой И.А., май 1996)

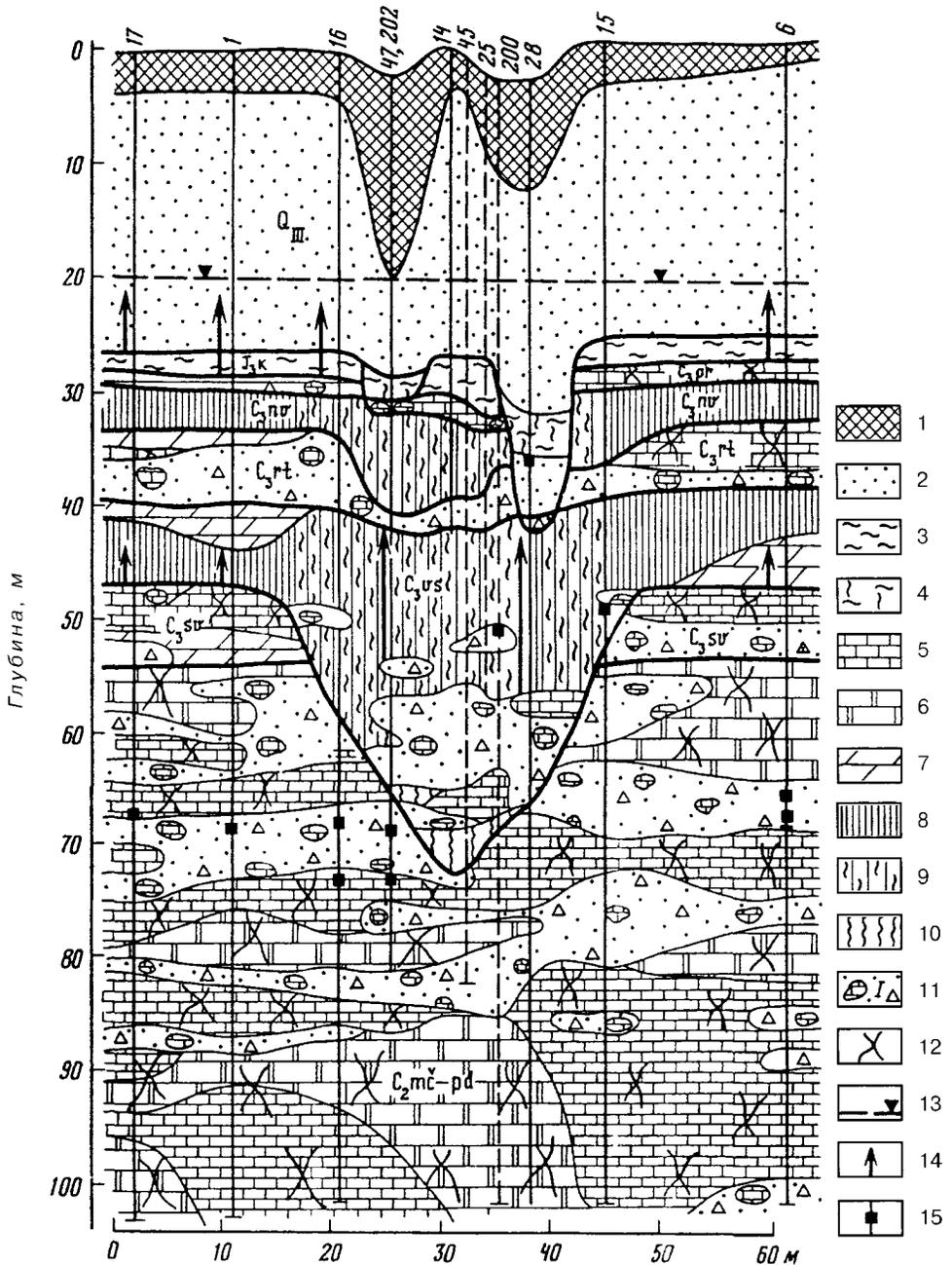


Рис 7 б Инженерно-геологический разрез через участок современных провалов на Хорошевском шоссе (Кутепов В М и др , 1984) 1 – насыпные образования, 2 – четвертичные песчаные отложения, 3, 4 – верхнеюрские отложения 3 – глинистые, 4 – глинистые перематые, с зеркалами скольжения, опесчаненные, 5–11 – каменноугольные отложения 5 – известняки, 6 – доломиты, 7 – мергели, 8 – глины 9 – глины разуплотненные, 10 – глины перематые, 11 – щебень, дрсва, мука известняков и доломитов, 12 – трещиноватость пород, 13 – уровень грунтовых вод, 14 – напор карстовых вод, 15 – провал бурового снаряда

первом этаже лопнуло оконное стекло. Над входом в подъезд между оконными проемами появились трещины, расширяющиеся кверху до 3 мм. В квартире 4-го этажа у восточной стены дома прогнулся стояк водяного отопления на 3–5 см. 6 мая в доме №3 лопнули стекла. На северной стене появился свод оседания шириной около 24 м (в середине мая месяца здание было разобрано).

7 мая деформации в доме № 4 стабилизировались. 10 мая размеры воронки значительно увеличились. Ее форма приблизилась к квадратной размером 38,0×32,5 м в плане и глубиной 1,82 м. Дно воронки размером 7,5×2,5 м плоское, было ориентировано в меридиональном направлении.

После 15 мая возобновились деформации в доме № 4. Южная часть дома накренилась к центру воронки, обваливались межэтажные перекрытия, выпадали из стен кирпичи. Вертикальные трещины в стенах распространились на 45 м от центра воронки.

19 мая оседание грунта прекратилось. Размеры воронки составили 38×36 м в плане и 1,74 м по глубине. 25 мая сильные дожди активизировали оседание грунта. Воронка приобрела симметричную форму. Ее глубина достигла 2 м, дно размером 7,5×5,0 м плоское и вытянуто в восточном – северо-восточном направлении. В ночь на 30 мая обрушилась южная часть дома № 4 (в июле здание было разобрано).

7 июня очертания воронки были похожи на овал с вершиной, обращенной к югу, с шириной по основанию 38 м и глубиной 2,11 м.

Со второй половины мая и в течение июня в корпусе № 2 дома № 5 происходило оживление трещин и осыпание штукатурки. В июле дом был отремонтирован и после этого новых деформаций в нем не наблюдалось.

Состояние поверхности земли и стен зданий на Новохорошевском проезде обследовалось в 1976г. (Парфенов С.И.). Было обнаружено проседание отмосток у юго-западного угла дома № 3 (в зоне бывшего карьера, засыпанного в 1962 г.), наличие частых вертикальных сомкнутых трещин на южной стене дома № 4, повреждение дорожного покрытия напротив домов № 3 и 4. Эти признаки, по-видимому, можно считать предвестниками образования воронки, появившейся в апреле 1977 г. Кроме того, топографической съемкой в 1963 г. была обнаружена воронка размером 5×15 м, которая здесь отсутствовала при проведении топоъемки в 1958 г.

В мае 1987 г. на ул. Маршала Тухачевского у дома № 17 появился провал (рис.7.9). Он представлял собой воронкообразное углубление с рваными краями, с понором в центре. Диаметр провальной воронки 15 м, глубина около 2 м. Дом поврежденный не получил, так как он имеет противокарстовую защиту – сплошную железобетонную плиту.

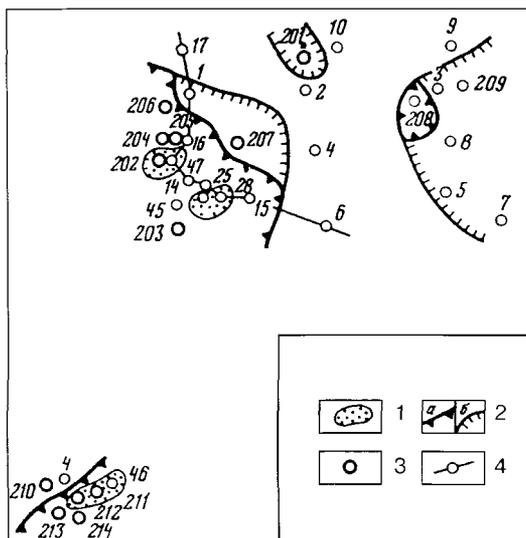


Рис 7.7. Схема расположения зон карстовых нарушений (Кутепов В.М. и др. 1984) 1 – современные провальные воронки, 2 – граница зон древних карстовых нарушений, поражающих каменноугольные отложения на а – всю толщу пород, б – отдельные горизонты верхнего карбона 3 – скважины с отбором монолитов глинистых пород, 4 – линия разреза



Рис 7.8 Карстово-суффозионная воронка (оседание) на Новохошевском проезде (фото Кожевниковой В.Н. апрель-май 1977)

Непосредственно на участке рова та водоносные горизонты раз- елены слабопроницаемым слоем остоящим из 4-метровой толщи эрских глин и 3,5–5,0 метровой отщи карбонатных глин воскре- енской толщи. Общая мощность тинистой толщи 7,5–8,0 м (рис. 10). Здесь также как и на Новохо- ошевском проезде на глубоким рез доюрской долины накладыва- я дотедниковая погребенная до- ина запотенная в основном пе- чаными породами. Дотедниковая отина направлена с северо-запада на юго-восток вдоль склона доюр- кой долины. Основание правого- клон дотедниковой долины сов- адает по площади с крутым бортом доюрской долины. На этом участке резко сокращается мощность юр- ких глин и увеличивается мощ- ность четвертичных отложений.

По данным бурения в юрских тинах отмечены следы выветрива- ния Глины трещиноваты с зеркала- ми скользящего. Воскресенские гли- ны также неоднородны содержат тинзы известняков и мергелей сле-

ды выветривания. Следовательно разделительная глинистая толща не является на- дежным водопором, а скорее слабопроницаема для воды. На нее воздеиствует изме- нение пластовых давлений в результате колебаний уровней подземных вод в процессе откачки. При бурении на этом участке при вскрытии контакта воскресенских глин и ниже лежащих известняков в апреле 1982 г. из скважин вырывалась мощная струя воз- духа с запахом сероводорода.

Эта пограничная зона наиболее благоприятна для развития процессов и явле- нии нарушающих устойчивость массива пород. В ее пределах в разное время образо- валось несколько провалов и оседаний земной поверхности.

Активизация карстового процесса на современном этапе (антропогенный или техногенный карст) тесно связана с хозяйственной деятельностью человека, в частно- сти с нарушением естественной гидродинамической и гидрохимической обстановки.

В условиях покрытого карста в результате снижения уровней подземных вод при откачках происходит перераспределение уровней и напоров, изменение направления и интенсивности их движения. Техногенный карст отличается от карста, развивавше- гося на ранних этапах истории геологического развития. Если раньше преобладали процессы медленного растворения и выщелачивания карбонатных пород, то на совре- менном этапе карстообразование протекающее в уже интенсивно закарстованных



Рис 7 9 Провальная воронка на ул Маршала Тухачевского (фото Аникеева А В июль 1987)

толщах приняло иную форму. Это главным образом механическое разрушение закарстованных толщ движущимися с повышенными скоростями подземными водами, вынос запорителя карстовых полостей, перемещение его от областей питания к областям разгрузки. Движение подземных вод сверху вниз из мезозой-кайнозойских песчано-глинистых толщ в каменноугольные отложения вызывает развитие фильтрационных процессов в нерастворимых породах, перекрывающих закарстованные толщи (суффозию, переход водонасыщенных песков в плавучее состояние, разрушение глинистых пород, разделяющих водоносные горизонты). Эти процессы во многих случаях играют более существенную роль в изменении (нарушении) устойчивости массивов горных пород в образовании провалов и оседании земной поверхности, чем изменения состояния толщ закарстованных пород. Наибольшую опасность для активизации провалов представляет сосредоточенная нисходящая фильтрация подземных вод через слабопроницаемые глинистые толщи, разделяющие водоносные горизонты. Такие участки характеризуются наличием древних карстовых нарушений, где снижение уровня воды в каменноугольных отложениях способствует развитию суффозионных процессов и провальным явлениям.

В практике освоения территории оценка устойчивости массивов пород и прогноз образования провалов и неравномерных оседаний земной поверхности проводится на основе комплексного изучения геологической среды и характера техногенных воздействий с применением различных методов инженерно-геологического анализа: инженерно-геологических аналогий, расчетных (аналитических) моделирования, стационарных режимных наблюдений. Сочетание перечисленных методов изучения закарстованных территорий позволяет наиболее полно и правильно решать задачи.

Глубина м

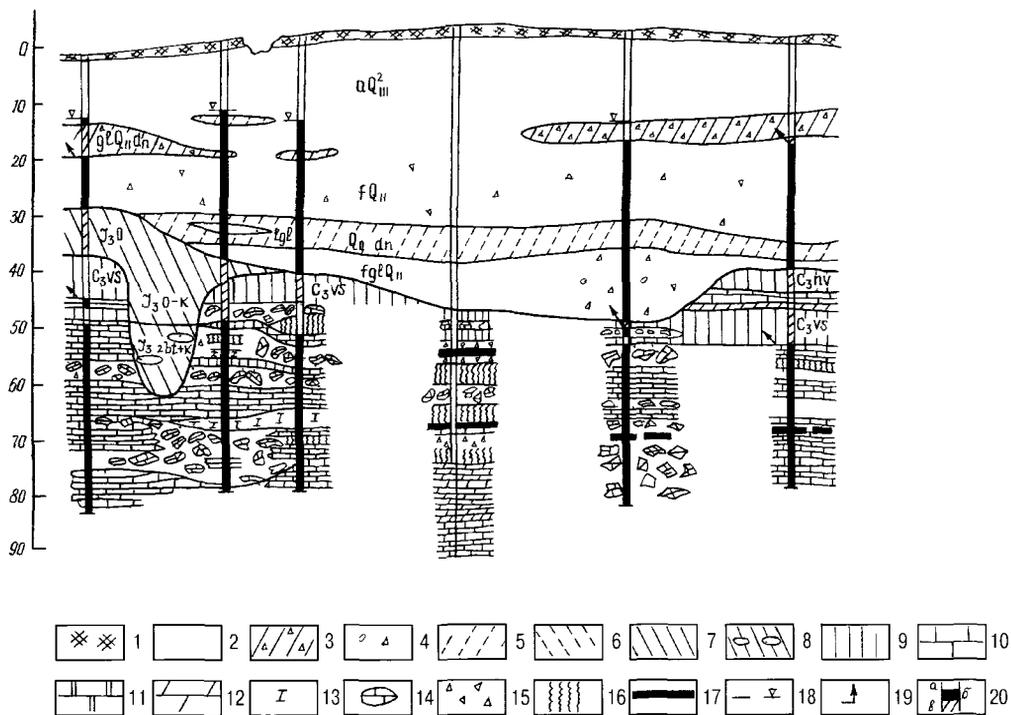


Рис 7 10 Геологический разрез через участок провала на ул Маршала Тухачевского 1 – современные насыпные образования четвертичные отложения 2 – пески аллювиальные 3 суглинки моренные 4 пески с гравием и щебнем флювиогляциальные 5 – супеси и суглинки тонкослоистые с включением торфа озерно-ледниковые юрские отложения 6 – супеси суглинки глины волжского яруса 7 – глины пылеватые с оолитами (оксфорд и келловеи) 8 – суглинки и супеси с линзами песка с гравием и галькой (бат келловеиские) каменноугольные отложения 9 – глинисто-мергелистые (верхний карбон) 10 известняк 11 – доломит 12 мергель 13 – доломитовая и известковая мука 14 – глыбы 15 – дресва и щебень коренных пород 16 – переложная глина 17 – полости в известняках 18 – уровень грунтовых вод 19 – напор карстовых вод 20 – водонасыщенность пород а – сухие б – влажные в – водонасыщенные

7.4.2. Суффозионные провалы

Механическая суффозия представляет собой процесс выноса подземными водами мелких частиц из толщи песков и трещиноватых известняков. В результате этого происходит разрыхление грунта и его оседание как от собственного веса, так и от веса зданий и сооружений. Суффозию вызывают большие градиенты напора в фильтрационном потоке, обусловленные изменением гидродинамического режима водоносных горизонтов при откачках, вскрытии водоносных горизонтов выработками, работе дренажных систем.

Суффозия развивается и в естественных условиях, на склонах берегов рек и в оврагах – в местах выхода на дневную поверхность подземных вод. Особенно широко суффозия проявляется на правом высоком берегу р Москвы – в районе Воробьевых гор, Фити-Кунцево, Хорошево, Коломенского. Суффозионный вынос тонкого материала ослабляет склоны и способствует их оползанию, а на равнинных территориях

способствует оседанию и провалам. Например, естественная суффозия явилась причиной осадок и деформаций одного из корпусов старого здания МГУ, построенного на месте засыпанного Успенского оврага, по дну которого протекал ручей. Грунтовый поток в течение многих лет выносил мелкие частицы из грунта, разрыхлял его, что явилось причиной осадки здания.

Техногенная суффозия по своей интенсивности превосходит естественную. Так по расчетам Ф.В. Котлова при эксплуатации замоскворецкого дренажа было вынесено почти 300 тыс. м песчано-глинистого материала за 20 лет эксплуатации. Техногенная суффозия связана в основном с двумя видами воздействия на геологическую среду: искусственным обводнением грунтов или их извлечением из массива. Суффозионный провал может последовать почти сразу же после любого из этих проявлений хозяйственной деятельности, но иногда реакция геологической среды запаздывает на годы и десятилетия.

Очень быстро образуются суффозионные провалы при крупных авариях водопроводных систем, когда вода вырывается из труб под большим давлением. Струйный размыв грунта приобретает тогда катастрофический характер, распространяется по всем подземным трещинам, каналам и контактным поверхностям, сопровождается интенсивным выносом дисперсного материала. Возникающие при этом полости мгновенно обрушаются. Тем не менее, это — не самый опасный вид суффозионного провалообразования, поскольку коммунальные службы быстро реагируют на подобные аварии, устраняя их первопричину.

Гораздо хуже обстоит дело, когда утечка мала, но постоянна. Картина развития суффозионного процесса в этом случае мало отличается от природной, только протекает интенсивнее. Например, суффозионный провал подобного типа уже несколько лет возобновляется после засыпок на одном и том же месте у юго-восточного берега пруда, находящегося возле Дворца пионеров на Воробьевых горах.

Необходимо отметить что в ходе строительных работ часто создаются условия, благоприятные для протекания суффозии, причем в тех местах, где ее никогда не было. К подобному результату приводит отсыпка песчаных и крупнообломочных грунтов на слабопроницаемые основания, перекапывание глинистых грунтов, создание поверхностей контакта грунта с различными искусственными материалами и многое другое.

Очень часто развитие суффозии связано со строительством и эксплу-



Рис 7 11 Суффозионные провалы над теплотрассой (фото Хоменко В П)

атацией метрополитена. Любого рода просачивания и, тем более, прорывы подземных вод в его тоннели влекут за собой суффозионный вынос грунта, сопровождаемый оседаниями и провалами земной поверхности.

Главной же причиной развития суффозионных провалов в Москве были и остаются утечки из канализации (рис. 7.11). В отличие от тоннелей метро, канализационные коллекторы не проходят сквозь водоносные горизонты, но вода над ними все равно накапливается и просачивается через неплотные стыки и щели, увлекая за собой грунтовые частицы. На контакте грунта со щелью очень медленно, но неуклонно растет суффозионная полость, пока процесс не завершится провалом. Его засыпают, поврежденный участок проезжей части или тротуара асфальтируют, а затем процесс начинает развиваться сначала.

7.4.3. Гравитационные провалы

Искусственные подземные пустоты способны вызвать провал и без участия суффозии, исключительно за счет гравитационного обрушения лежащих над ними грунтов. В центральной части Москвы в подземном пространстве находится достаточно много заброшенных подземных сооружений (колодцев, погребов, подземных переходов), местоположение многих из которых остается неизвестным. При определенных обстоятельствах такие погребенные пустоты могут служить причиной образования гравитационных провалов.

В качестве примера можно привести образование провала в декабре 1974 года на газоне посреди Ленинского проспекта, недалеко от его пересечения с улицей Акаде-



Рис 7.12 Гравитационный провал над заброшенным колодцем (фото Хоменко В. П.)

мика Зелинского, диаметром чуть более 2 м и глубиной почти 7 м (рис 7.12). Обследование провала показало, что его возникновение связано с наличием старого колодца, который был перекрыт деревянными досками. Со временем доски сгнили, что и привело к обрушению вышележащих грунтов.

7.5. Оползни

Систематические наблюдения за оползнями в г.Москве были организованы в середине 50-х годов. Поэтому можно характеризовать активность оползневого процесса и оценивать роль техногенного фактора в его развитии, начиная с этого периода.

Глубокие оползни, поражающие 15 склоновых участков долины р.Москвы, по активности могут быть подразделены на две группы: стабильные и активные, находящиеся на стадии подготовки основного смещения.

В свою очередь первая группа может быть подразделена на две подгруппы, исходя из причины, обуславливающей стабильность оползней. Среди второй группы выделяются оползни, развивающиеся в естественных условиях и развивающиеся в условиях выполненных противооползневых мероприятий.

К первой группе относятся оползни на шести оползневых участках: Сходня, Сабурово, Капотня, Тушино, Хорошево-2, Поклонная гора. При этом стабильность оползней первых трех обусловлена тем, что к склонам прислонены пойменные террасы, играющие роль упора (контрфорса), на остальных участках были выполнены противооползневые мероприятия.

Помимо перечисленных участков можно назвать также район Нижних Мневников, на котором в настоящее время выполняются противооползневые мероприятия. Кроме того, после выполнения противооползневых мероприятий глубокие оползни пока не проявляют признаков активности фрагментарно на участках: Воробьевы горы, Фили-Кунцево и Коломенское.

Оползни на 5 участках – Шукино, Серебряный бор, Хорошево-1, Москворечье и Чагино продолжают развиваться в естественных условиях под воздействием эрозионной деятельности р.Москвы со скоростями смещения грунтовых масс в сторону реки, равными нескольким сантиметрам в год. Из-за пластичности грунтов трещины и срывы пока не прослеживаются, что при визуальном осмотре склонов создает иллюзию их стабильности.

На Воробьевых горах противооползневые мероприятия выполнены в 1959–1961 гг., в Фили-Кунцево – в 1966–1986 гг., в Коломенском – в 1973–1975 гг. (на нижней по течению реки части склона) и в 1980–1983 гг. (на остальной части).

На первых двух участках решение о необходимости противооползневых мероприятий было принято еще до постановки инструментальных наблюдений за оползнями, поскольку их активность выявлялась визуально по широкому развитию на склоне свежих больших по размерам трещин, срывов, оползневых ниш. Предотвращение разрушения склонов необходимо было как для сохранения самих живописных парковых территорий, так и из-за расположения на них или вблизи них важных объектов.

Выполненные противооползневые мероприятия включали: уложение склонов с выносом линии регулирования в реку на 10–20 м, пригрузку языка оползня банкетом, отсыпанным между старой и новой линиями регулирования, прекращение действия основного оползнеобразующего фактора – эрозионной деятельности реки, устройством стенки набережной на свайном основании и насыпкой каменной наброски в русле вдоль нее, осушение склона устройством дренажей.

В течение 20 лет после осуществления перечисленных мер высокоточные геодезические наблюдения не выявляли признаков активности глубоких оползней, что позволяло считать принятые меры эффективными. Однако, в начале 80-х годов на Воробьевых горах, а позднее на Фили-Кунцево было вновь зафиксировано перемещение грунтовых реперов. Работы последующих лет подтвердили, что имеет место медленное направленное к реке смещение реперов. Оно продолжается и в настоящее время и отмечается на Воробьевых горах вниз по течению реки от метрополита (рис. 7.13), в Фили-Кунцево – в центральной и нижней части оползневого склона. Проявление смещения указывает на то, что выполненные противооползневые мероприятия всего лишь замедлили глубокие оползневые подвижки, но полностью их не предотвратили.

В настоящее время глубокие подвижки на Воробьевых горах отмечаются на протяжении 550–600 м. Наибольшие деформации зафиксированы против бывшего 4-го Воробьевского проезда, где суммарные смещения реперов на склоне в сторону реки составили 190 мм, а марки, установленной в стенке набережной – 130 мм. На участке Фили-Кунцево протяженность предполагаемой подвижной зоны составляет около 1 км, максимальные суммарные (с 1991 г.) смещения к реке реперов на склоне составляют 60 мм, а марки в стенке набережной – 30 мм.

Причины неэффективности выполненных мероприятий заключаются в технической сложности стабилизации таких крупных и очень активных оползней. Полная стабилизация оползней может быть достигнута либо более существенным уположением склона, что может привести к ограничению судоходства по реке, либо путем строительства более массивных подпорных стенок на глубоких свайных основаниях. Однако для реализации этих мероприятий необходимо более детальное изучение природы оползней, проведение временных прогнозов их развития и соответственно расчетов эффективности новых противооползневых мероприятий.

Возобновление глубоких подвижек было также связано с неполной реализацией мероприятий по стабилизации мелких и поверхностных оползней, развивающихся в надоползневом уступе глубоких оползней, а также воздействием техногенных факторов. Смещающиеся тела мелких оползней пригружают головную часть глубокого оползня и содействуют негативному изменению его напряженно-деформированного состояния. Кроме того, в 1980 и 1981 гг. были проведены промывки русла реки, которые могли привести к эффекту, аналогичному донному размыву русла рекой.

На участке Коломенское до 70-х годов подвижки характеризовались невысокими скоростями, хотя и приводили к неоднократным разрывам канализационного коллектора, расположенного здесь на глубине нескольких метров. В 1970 г. в связи с продолжением на склоне нового коллектора большого диаметра на этом участке произошла резкая активизация оползневого склона: на поверхности нижней части склона появилась трещина протяженностью около 100 м. В 1972 г. на отрезке склона протяженностью около 400 м, где расположены коллектора, было начато строительство таких же противооползневых сооружений, какие были выполнены ранее на Воробьевых горах и в Фили-Кунцево. Однако, строительство, закончившееся к 1975 г., не только не стабилизировало подвижки, но и не замедлило их. На поверхности в верхней части склона появилась трещина длиной около 300 м. Марки, установленные в стенке построенной набережной, фиксировали ее регулярное смещение в реку, достигшее в центральной части стенки к 1978 г. более 1 м (рис. 7.14). В конце 1978 г. коллектора были разорваны оползнем в верхней части склона и смяты в нижней.

Для стабилизации склона и сохранности коллекторов были разработаны дополнительные мероприятия – пригрузка языковой части оползня отсыпкой банкета длиной 400 м и шириной 30 м в русле реки перед ранее построенной набережной стенкой. Эта мера, выполненная лишь в 1983 г., привела к замедлению деформаций, но не стабилизировала оползень. Подвижки продолжаются, причем проявляется тенденция смещения очага деформации (места проявления наибольших деформаций) в пределах склона на участки выше по течению реки, которые ранее не были затронуты оползнем. Неэффективность предпринятых мер объясняется тем, что они осуществлялись на склоне несвоевременно, когда подвижки характеризовались уже значительными скоростями. Кроме того, необходимо было провести одновременное закрепление всего склона, а не его части.

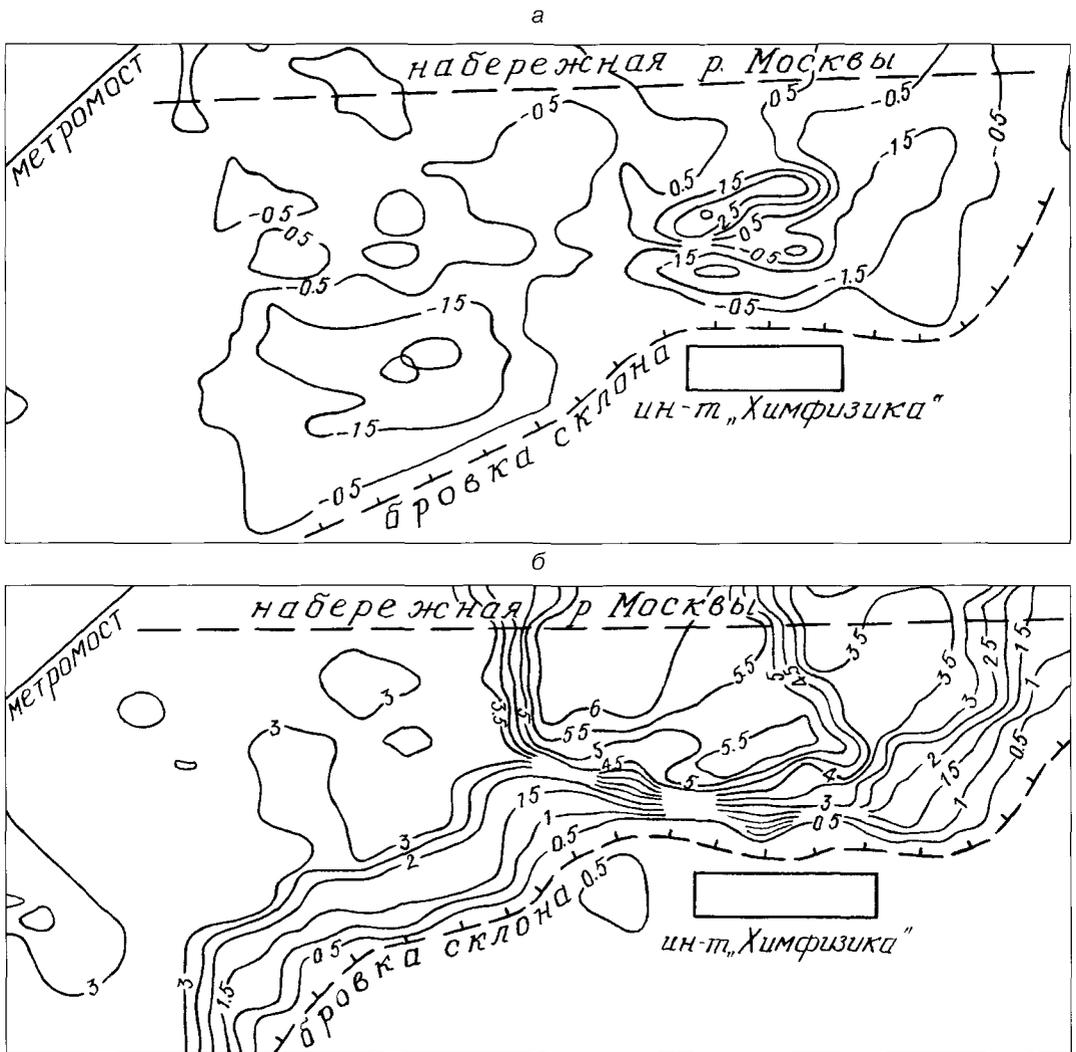
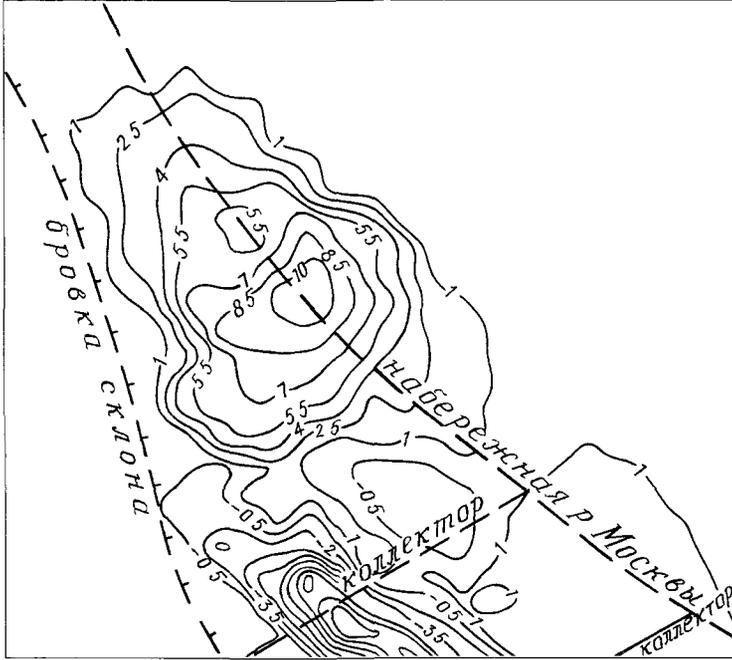


Рис 7 13 Среднеголетние скорости высотных (а) и плановых (б) оползневых смещений на Воробьевых горах

а



б

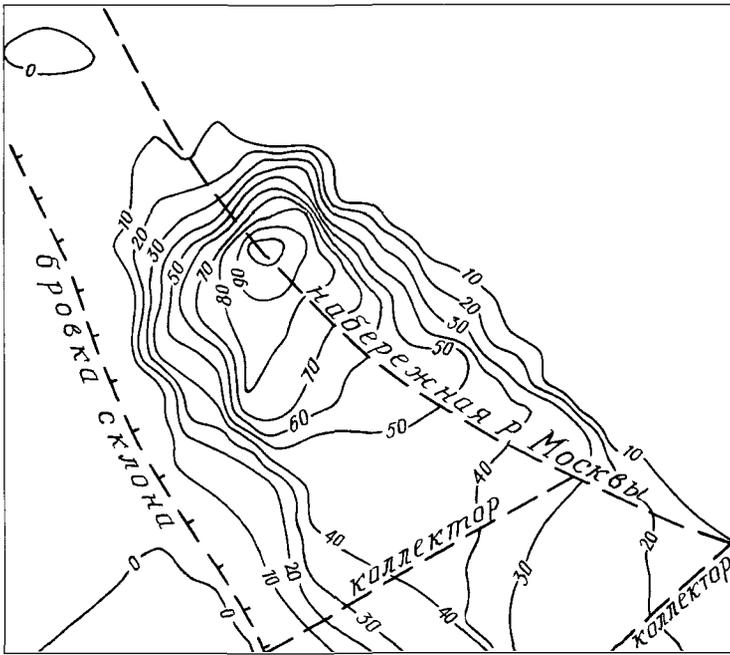


Рис 7 14 Среднегодовые скорости высотных (а) и плановых (б) оползневых смещений (в мм) в Коломенском

Ежегодные почти в течение 30 лет наблюдения за поверхностными и мелкими оползнями на Воробьевых горах, в Фили-Кунцево и Коломенском показали, что в естественных природных условиях (которые имели место на перечисленных территориях вследствие их заповедного характера) различные оползневые проявления активизируются с разной периодичностью, но массовая их активизация отмечалась в 1962–63 гг., 1973–76 гг. и в 1983–86 гг., то есть с периодичностью в 9–11 лет, что хорошо коррелируется с закономерностями, выявленными для Европейской территории Российской Федерации. Правда, спрогнозированная массовая активизация в 1995–97 гг. пока не проявилась, вследствие, видимо, наблюдавшегося в 1995–96 гг. дефицита осадков в зимне-весенний период, которые обуславливают активность оползней этого типа.

Большое влияние на развитие поверхностных и мелких оползней оказывает и нерегулируемая хозяйственная деятельность. Воздействие это имеет преимущественно негативный характер, что выражается в накоплении на склонах и присклоновых участках хозяйственного мусора и насыпных грунтов, сбросе в овраги хозяйственных и атмосферных поверхностных вод, подрезке склонов долин рек и бортов оврагов, плохой заделке траншеи при прокладке коммуникации вблизи склонов. Все это приводит к увеличению числа оползней.

В качестве примера можно привести оползни, произошедшие в 90-х годах в долинах рр Котловки и Раменки, один из которых создал угрозу для трассы промышленных кабелей, а второй привел к разрушению опоры моста заводской железной дороги ветки

7.6. Изменение физических полей

7.6.1. Вибрационное поле

Поле вибрации, источниками которого являются промышленные агрегаты, строительные машины и механизмы, а также транспортные средства, обуславливает динамическое (вибрационное) воздействие на окружающую среду и, главным образом, на грунты. По сути своей вибрация представляет собой вынужденные механические колебания частиц грунта, передаваемые от объектов-источников через промежуточную (геологическую) среду к различным инженерным объектам, для которых эта среда является основанием фундаментов или вмещающей средой. Если при этом горные породы являются прочными и обладают упругими свойствами, то они способны передавать вибрацию от источника к объекту, сами не претерпевая при этом заметных изменений. В том же случае, когда объектом первичного (со стороны источника) вибрационного воздействия оказываются относительно слабые дисперсные грунты, возможны необратимые изменения их структуры и как следствие этого — объемные изменения толщи и деформации построенных на ней зданий и сооружений.

Наиболее существенным источником вибрации являются движущиеся транспортные средства, в особенности рельсовый транспорт: поезда железной дороги, метрополитена, трамваи. Это связано, во-первых, с повсеместностью в пределах города нахождения транспортных магистралей и, во-вторых, с общим довольно высоким, по сравнению с источниками других видов, уровнем создаваемой транспортными средствами вибрации. Эмпирически установлено, что транспортные средства при движении генерируют и передают на подстилающие магистрали грунтовые массивы колебания с непрерывным спектром частот в диапазоне от 10 до 60 Гц и выше. Основная часть колебательной энер-

гии переносится поверхностными волнами, распространяющимися в самой верхней части грунтовой толщи мощностью 10–15 м. Именно здесь располагаются большая часть фундаментов инженерных сооружений, подземные сооружения, коммуникации, коллекторы, которые и воспринимают колебания, создаваемые источниками вибрации

Количественно уровень вибрации оценивается по величине одного из кинематических параметров – виброскорости или виброускорения (реже виброперемещения) колеблющихся частиц грунта, а также в относительных единицах – децибелах (дБ). Если оценивать уровень вибрации по величине виброскорости, то следует заметить, что диапазон изменения этого параметра весьма широк от 2×10^{-4} м/с (30 дБ) для вибрационного строительного катка до 50×10^{-4} (120 дБ) для железной дороги. Для автомагистралей величина виброскорости может достигать 70×10^{-4} м/с (65 дБ). При этом уровень вибрации, создаваемой автомобильным транспортом на городских магистралях, находится в прямой зависимости от интенсивности транспортного потока, что математически выражается степенной функцией вида:

$$A = 21,51 N^{-1},$$

где A – уровень виброскорости, измеренный в дБ, N – интенсивность транспортного потока, в транспортных единицах на час.

Вибрационное воздействие, максимальное вблизи источника, постепенно ослабевает по мере удаления от него. На рис. 7.15 представлены графики, показывающие величину уровня вибрации, создаваемой различными источниками, и закономерность уменьшения уровня вибрации по мере удаления от источника. Характер приводимых графиков показывает, что затухание вибрационной волны для каждого источника происходит по-разному. Статистический анализ данных виброизменений позволил получить эмпирические соотношения для определения пространственного распределения уровня вибрации, создаваемого движущимся транспортом. Так для поездов железной дороги и трамвая зависимость величины уровня вибрации от расстояния до источника представляется следующим образом:

$$\begin{aligned} A_{\text{ж}} &= 88,7 x^{-0,08} e^{-0,007x} \\ A_{\text{т}} &= 82,8 x^{-0,07} e^{-0,008x} \end{aligned}$$

где $A_{\text{ж}}$ и $A_{\text{т}}$ – уровни виброскорости для железнодорожных поездов и поездов трамвая, соответственно, измеренные в дБ; x – расстояние до источника вибрации, м.

Воздействие вибрации на грунтовые массивы может приводить к изменению их состояния, определяющего как устойчивость рельефа поверхности, так и прочность и деформируемость грунтов, служащих основанием фундаментов зданий и сооружений. Под действием вибрации в грунтах происходит уменьшение сил внутреннего трения и сцепления, удерживающих частицы в первоначальном состоянии равновесия. Последствиями воздействия вибрации могут оказаться уменьшение сопротивления массива действию внешних нагрузок, снижение прочностных и деформационных характеристик горных пород в основании фундаментов зданий и сооружений, возникновение и (или) активизация экзогенных геологических процессов, приводящих к морфологическим изменениям поверхности (оползни, оплывины, обрушения).

Динамические нагрузки добавляются к действующим статическим нагрузкам, что способствует уплотнению грунтов, появлению сдвиговых деформаций, разруше-

нию структурных связей. При продолжительном по времени воздействии появляются динамические напряжения, приводящие к «усталости» грунтов, материалов и конструкций здания и сооружений. Поэтому даже относительно слабые вибрации могут приводить к серьезным негативным последствиям. Не случайно, проходя по улицам, особенно в пределах исторического центра Москвы, можно видеть повреждения на зданиях старинной постройки. Здания, построенные более 100 лет тому назад, не были рассчитаны на соседство с магистралями с интенсивным движением легкового и грузового автомобильного транспорта, к тому же «усиленным» трамвайными линиями. Многие, в прошлом тихие и спокойные улицы, не отличающиеся к тому же особой шириной, превратились в городские магистрали с нескончаемым потоком машин. Естественно, что фундаменты и стены некоторых домов не выдерживают вибрационной нагрузки и деформируются. Вибрации, порождаемые движением поездов метро, вызывают оседание поверхности грунтов и деформацию зданий. Эти осадки особенно заметны при наличии в основании зданий и сооружений песков и рыхлых насыпных грунтов. Так, осадки на улицах с интенсивным движением транспорта в среднем на 20–30 % могут быть выше, чем на тихих улицах с малым движением транспорта.

Для того, чтобы нагляднее представить ситуацию и оценить деструктивные «возможности» вибрационного воздействия, следует обратиться к данным, приведенным в таблице 7.5, сопоставив их с величинами уровня вибрации, создаваемыми различными источниками (рис. 7.15).

Экзогенные геологические процессы, провоцируемые вибрационным воздействием на геологическую среду, такие как оползни на переувлажненных или излишне подрезанных склонах, проседание поверхности вследствие вибрационного уплотнения насыпных слабо консолидированных грунтов и т.п., способны наносить значительный экономический ущерб, если происходят в местах плотной застройки. Это обстоятельство следует иметь в виду, поскольку в пределах территории г.Москвы многие участки по берегам рек Москвы и Яузы могут быть отнесены к категории потенциально оползнеопасных.

Поле вибрации, определяющее динамическое (вибрационное) воздействие на геологическую среду, влияет, в первую очередь, на прочностные и деформационные свойства грунтов.

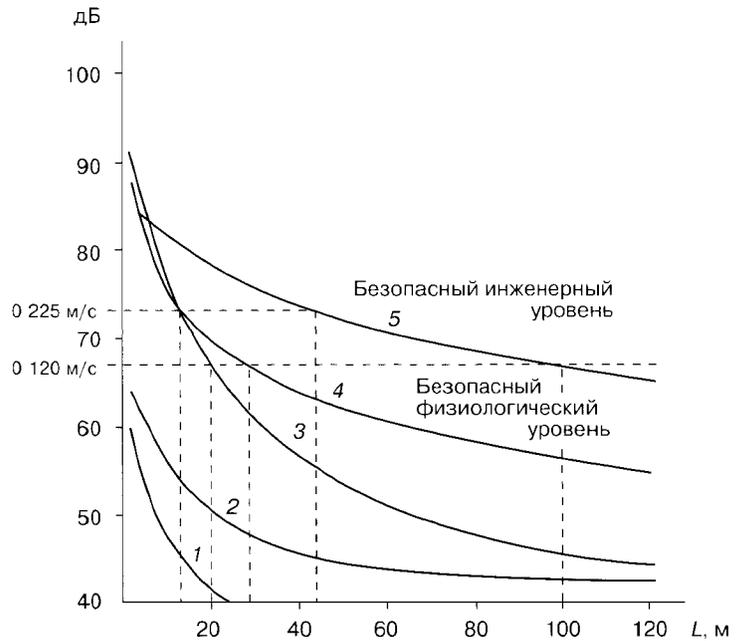


Рис 7.15. Зависимость уровня вибрации от расстояния до источника возмущения 1 – вентиляционная шахта 2 – скоростная автомагистраль 3 – железная дорога, 4 – трамвайная линия, 5 – механический копер

Таблица 7 5

Последствия вибрационного воздействия

Уровень вибрации				Последствия вибрационного воздействия
Виброскорость		Виброускорение		
10 ⁻³ м/с	дБ	м/с ²	дБ	
0,4	78	0,05	44	Незначительные (до 2 мм/год) скорости осадки фундаментов зданий в слабых грунтах
1,2	87	0,15	54	Незначительные (до 2 мм/год) скорости осадки фундаментов зданий в плотных грунтах. Возможны легкие повреждения старых зданий
2,4	93	0,30	59	Незатухающие осадки (до 3–5 мм/год) фундаментов зданий в слабых грунтах
3,0	96	0,40	62	Предел допустимой вибрации для зданий, нуждающихся в специальной виброзащите
4,0	98	0,50	64	Значительные (более 5 мм/год) незатухающие осадки фундаментов зданий в слабых грунтах и незатухающие осадки (3–5 мм/год) фундаментов зданий в плотных грунтах
5,0	100	0,60	66	Возможны повреждения зданий с деревянными перекрытиями
8,0	104	1,0	70	Возможны повреждения каменных зданий с бетонными перекрытиями
12,0	108	1,50	74	Возможны повреждения каменных зданий из железобетона
15,9	110	2,0	76	Возможно полное уплотнение сухих песков (без статического нагружения)
78,0	124	9,80	90	Возможно полное уплотнение водонасыщенных песков (без статического нагружения)
117,0	127	14,70	93	Возможно разрушение структуры песков

Вибрационное поле г.Москвы имеет сложный характер. Его структура и количественные параметры определяются суммарным влиянием различных источников вибрации и факторов. Результаты многочисленных измерений на территории Москвы показали, что основной вклад в формирование поля вибрации вносит движение различного вида транспорта. Транспортные магистрали, формирующие своеобразный «каркас» города, образуют сложную систему практически линейных источников вибрации постоянного действия. Уровень вибрации, создаваемый железнодорожным транспортом в непосредственной близости от полотна, равен 80–120 дБ, трамвайными линиями – 75–135 дБ, линиями метрополитена подземного заложения – 60–90 дБ, автомобильным транспортом – 40–65 дБ. Влияние других источников вибрации (промышленные агрегаты, сваязбивочные машины и т.п.), как правило, имеет локальный характер. В среднем на территории Москвы уровень вибрации (виброскорость) составляет 52–55 дБ. В отдельных случаях интенсивность

воздействия достигает 85–100 дБ. Так, например, результаты наблюдения на территории Российской Государственной библиотеки показали, что уровень вибрации грунта, обусловленный движением поездов метро, достигает 70 дБ, что превышает допустимые санитарные нормы. По данным измерений в Северном административном округе уровень вибрации в жилых домах вблизи северного вестибюля станции «Речной вокзал» равен 86–92 дБ, что также значительно выше допустимого санитарными нормами.

На рис. 7.16 приведены результаты оценки степени устойчивости территории к динамическим (вибрационным) воздействиям. Сначала была проведена оценка уровня вибрационного воздействия на основании данных о величинах транспортных потоков на основных магистралях, железнодорожных и трамвайных линиях. Установлено, что на значительной части территории города (около 81%) уровень воздействия является средним (46–73 дБ). Внутри этой области встречаются отдельные разрозненные участки, где отмечается вибрационное воздействие высокого уровня (больше 73 дБ), приуроченные к крупным железнодорожным узлам и местам пересечения трамвайных линий, в основном, в пределах Центрального, Северо-Восточного, Северного административного округов.

На следующем этапе оценивалась устойчивость территории к вибрационному воздействию в баллах на основании данных по геологическому строению (состав, структура грунтов), гидрогеологическим условиям (глубина залегания грунтовых вод), рельефу (уклоны и глубина расчленения поверхности, генезис) и наличия техногенных отложений (мощность и состав) с применением балльных оценок. На приведенном рисунке выделено три степени устойчивости территории: устойчивая (0–1,5 баллов), относительно устойчивая (1,5–3,0 балла), неустойчивая (больше 3 баллов). На тех участках, где совпадают зоны с высоким уровнем воздействия и неустойчивости территории, может произойти активизация оползневых, карстово-суффозионных процессов, уплотнение рыхлых насыпных грунтов с последующим оседанием и деформацией зданий.

7.6.2. Температурное поле

Серьезную геоэкологическую проблему для городских территории представляет тепловое воздействие. Согласно прогнозам, уровень ежегодного прироста тепловой энергии в больших городах к 2000 г. может достигнуть приблизительно 10 млрд Дж/м. Высокая степень закрытости городской территории и сосредоточение большого числа источников тепловой энергии в верхних слоях земной коры создают предпосылки для формирования так называемых «тепловых куполов» (рис. 7.17).

Источниками «разогрева» геологической среды служат скважины технического водоснабжения и кондиционеров промышленного типа, обогреваемые подземные сооружения, теплонесущие коммуникации, коллекторы и т.п. В результате в пределах территории Москвы на средних глубинах (10–30 м) наблюдается устойчивая тенденция к формированию обширной геотермической аномалии с превышением температуры над естественной фоновой на 2–6 градусов, как это видно на рис. 7.17.

Прогрев песчано-глинистых и техногенных грунтов, составляющих в Москве самый верхний слой городского субстрата, до температуры от 16–20 до 150–160°C не вызывает структурных изменений, но способствует изменению свойств глинистых и особенно органо-минеральных грунтов, что приводит к некоторому оседанию поверхно-

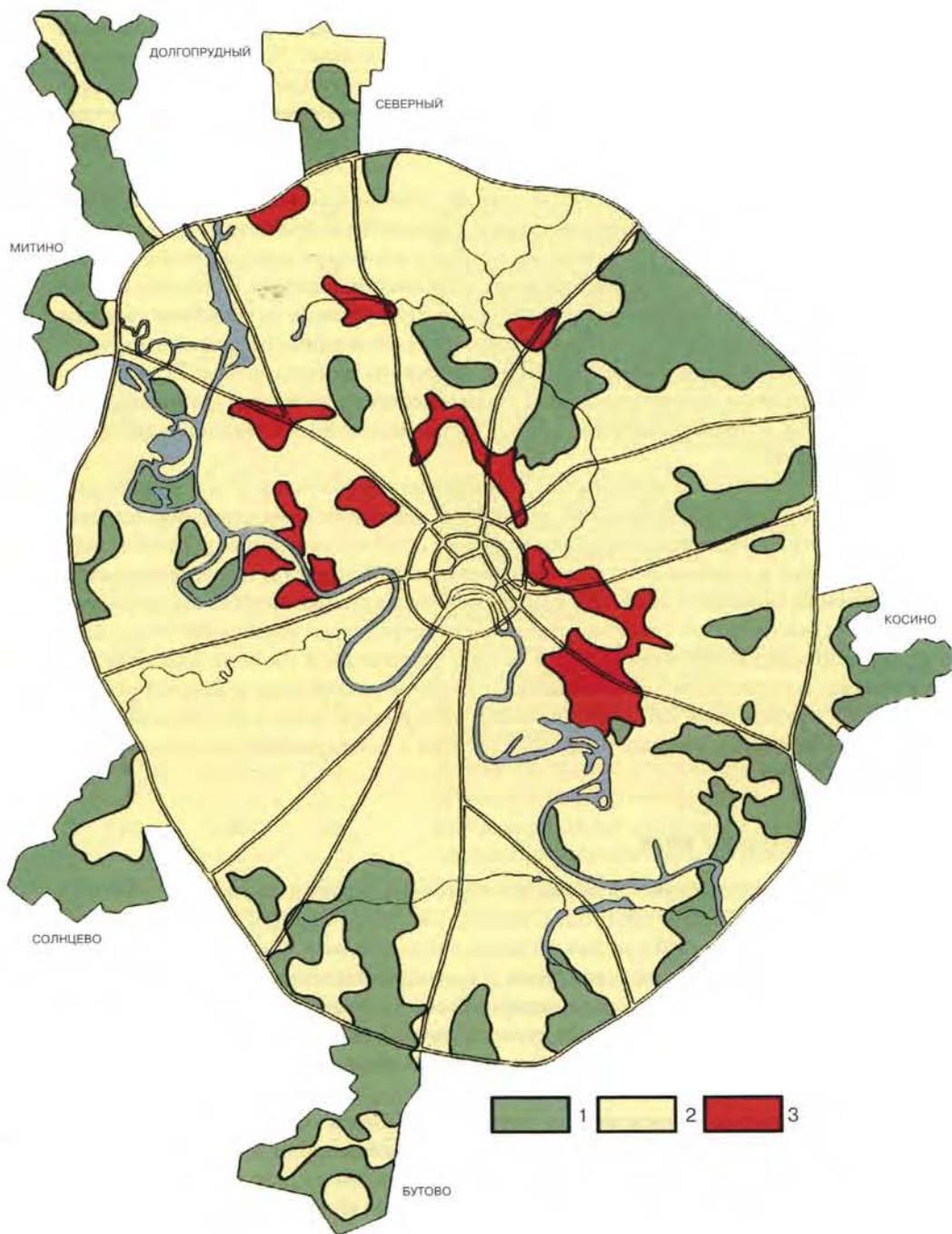


Рис 7 16 Районирование территории по степени ее устойчивости к динамическим (вибрационным) воздействиям (Г П Локшин, 1996) Степень устойчивости 1 – устойчивая 2 – относительно устойчивая 3 – неустойчивая

сти Помимо этого умеренное нагревание грунтовой толщи увеличивает агрессивность пород по отношению к бетону, железобетону и металлу элементов конструкций, возрастает степень химической и биохимической грунтовой коррозии, активизируется и возрастает растворяющая способность нагретых подземных вод, что способствует проявлению техногенного растворения в местах распространения карбонатных пород

Максимальные измеренные значения температурного поля по замерам температуры подземных вод для старых промышленных районов города достигают 35°C, а средние составляют от 3 до 10°C. Максимальные изменения температуры в жилых районах достигают 15°C, а преимущественный диапазон изменений – порядка 1–4°C.

Искусственное промораживание грунтов при строительстве в сложных гидрогеологических условиях, с какими приходится не раз сталкиваться при проходке тоннелей Московского метрополитена или при строительстве глубоких котлованов, приводит к формированию временно замороженных участков грунта вокруг охлаждающей установки шириной до нескольких метров. По мере оттаивания грунтовой массив практически восстанавливает свои геологические и гидрогеологические свойства. Однако, в период удержания грунта в замороженном состоянии возможны нарушения сложившегося в постоянных условиях режима водонасыщения, массо- и теплообмена. Не исключены негативные реакции на холод со стороны растительного мира и мира микроорганизмов.

Интенсивность «теплого загрязнения» на территории Москвы определяется по аэрофотоснимкам, сделанным в инфракрасном тепловом излучении в летний и зимний периоды. Анализ тепловых полей, выполненный Государственным научно-производственным предприятием (ГНПП) «Аэрогеология» и ГНПП «Аэрогеофизика», показал, что область с положительными высоко- и среднеконтрастными тепловыми аномалиями (превышение температуры над фоновой более 10°C), возникновение которых обусловлено функционированием промышленных предприятий, занимает в Москве более четверти ее территории, интенсивными тепловыми утечками из

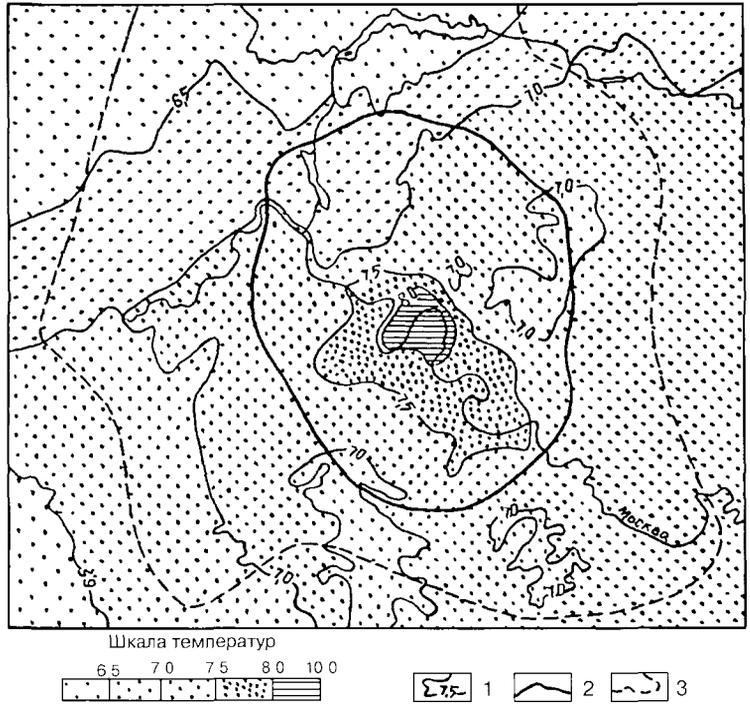


Рис 7 17 «Тепловой купол на территории г.Москвы и прилегающих районах Подмосквья 1 – линии равных приращений температуры над естественным фоном на глубине 1,6–3 м 2 – Московская кольцевая автомобильная дорога 3 – граница лесопарковой зоны вокруг Москвы

подземных коммуникаций – более половины территории. Практически весь отрезок р Москвы в пределах города испытывает тепловое воздействие (превышение температуры над фоновой составляет 19°С) в результате сбросов промышленных и бытовых (в большинстве случаев химически загрязненных) вод. При таком тепловом влиянии увеличивается агрессивность грунтов и грунтовых вод по отношению к инженерным сооружениям и коммуникациям. Так, скорость почвенной коррозии в различных по составу грунтах увеличивается в среднем в два раза при росте температуры от 0° до 45–55°С. Повышению коррозионной активности грунтов при изменении температурного режима способствует значительное подтопление верхней части грунтовой толщи, развитое на территории Москвы за счет утечек из водонесущих коммуникации и нарушения естественного режима влагообмена и фильтрации.

Наибольшие площади тепловых аномалии, связанных с промышленными предприятиями, приурочены к Восточному, Юго-Восточному и Южному административным округам, представляя собой субмеридиональную вытянутую зону шириной до 6 км. На остальной территории тепловые аномалии наблюдаются локально и приурочены к местам расположения предприятия вдоль МКАД.

В результате анализа материалов инфракрасного теплового аэромониторинга выявлено распределение интенсивности утечек из подземных водонесущих коммуникации. Наиболее интенсивные утечки и, соответственно, связанные с ними тепловые аномалии приурочены к Центральному округу, что, по всей вероятности, обусловлено плохим состоянием коммуникаций в исторической части города. Территории, на которых наблюдаются утечки с интенсивностью более 4 л/сек на 1 км, занимают 4,6% площади города (в основном Центр). Менее интенсивные тепловые аномалии с утечками от 1 до 4 л/сек на 1 км приурочены к районам массовой застройки 60–80 гг. и охватывают приблизительно 60% территории города.

Интересные результаты получены о формировании тепловых аномалий в жилых районах в зависимости от типа застройки и конфигурации здания. В частности, в Печатниках выявлены сверхконтрастные аномалии во дворах круглых здания. Зимой внутри колодца – двора холоднее, летом – теплее. Что свидетельствует о плохом проветривании двора. Менее контрастная по тепловым аномалиям обстановка (более экологичная по проветриванию) прослеживается в районах пятиэтажной застройки типа Черемушек.

Приведенные данные по техногенным температурным полям свидетельствуют о значительном влиянии их не только на геологическую среду, но и на экологическую обстановку в целом, что без сомнения требует серьезного их изучения на основе использования материалов аэро- и космических съемок.

7.6.3. Электрическое поле

Использование электрической энергии в промышленном производстве, на транспорте, а также в коммунальном хозяйстве такого большого города, каким является наша столица, неизбежно сопровождается значительными утечками электрического тока в грунт. В пределах небольшого по мощности верхнего слоя грунтовой толщи, служащего основанием фундаментов и вмещающей средой зданий и сооружений, «блуждают» десятки тысяч ампер тока. Эти блуждающие токи способны за счет электрокоррозии усиливать и без того существенное коррозионное воздействие на находящиеся в земле металлические и железобетонные конструкции.

Блуждающие токи следует рассматривать как один из главных факторов техногенного воздействия на геологическую среду в пределах урбанизированных территорий, поскольку их проявление особенно заметно там, где подземные сооружения.



Рис 7 18 Схема расположения основных источников блуждающих токов Северо-Западного административного округа г. Москвы (Н.С. Просунцова, 1995): 1 – железнодорожная линия, 2 – трамвайная линия, 3 – промышленные предприятия, 4 – трансформаторные подстанции, 5 – улицы, 6 – р. Москва, 7 – границы административного округа.

коммуникации и другие «мишени» электрохимической и других видов коррозии располагаются с наибольшей плотностью и в непосредственной близости от объектов-источников, эти токи создающих

Источниками электрического поля блуждающих токов обычно являются внутригородские линии электрифицированных железных дорог, трамвайные пути, метрополитен, трансформаторные подстанции, станции катодной противокоррозионной защиты, а также силовые установки промышленных предприятий и другие агрегаты, использующие для работы электроэнергию. На схеме, приведенной на рис. 7.18, на примере одного из рядовых административных округов г. Москвы, Северо-Западного, видно, что в пределах городской территории практически нет участков, где бы не было разного рода источников блуждающих токов. Поэтому блуждающие токи следует рассматривать как постоянно и повсеместно действующий фактор.

Наибольшим коррозионным эффектом характеризуется постоянный ток или несимметричный переменный ток низкой частоты. Однако, при определенных условиях даже обычный переменный ток промышленной частоты может вызывать электрокоррозию. Наиболее «восприимчивыми» в плане увеличения коррозионной электрохимической активности оказываются неоднородные по составу насыпные техногенные грунты при влажности 23–27%. При этом следует также учитывать изменение ширины зоны влияния источника поля блуждающих токов в зависимости от геоэлектрического разреза, т.е. от соотношения проводимости отдельных слоев, вместе составляющих грунтовую толщу. Так например, при величине электропроводности первого сверху слоя, многократно превышающей электропроводность подстилающего слоя, напряженность поля блуждающих токов убывает весьма медленно и, таким образом, влияние поля может распространяться на большие расстояния, до 200–300 м. Широкое распространение техногенных грунтов в пределах городской территории вследствие проводившихся и проводящихся перманентно планировочных работ с одной стороны и не всегда благоприятное с геоэлектрических позиций строение верхней части грунтовой толщи с другой стороны являются хорошей «питательной средой» для процессов электрохимической коррозии.

Электрические поля, формируемые блуждающими токами, как правило локальны по распространению и характеризуются высокими значениями определяющих параметров. Так, напряженность поля блуждающих токов в пределах городской территории варьирует в широких пределах от 10 до 300 мВ/м при фоновом значении величины напряженности естественного электрического поля, составляющем 5–10 мВ/м, а само поле может инструментально фиксироваться на расстоянии от 0,1 до 10 км от источника тока, хотя наибольший коррозионный эффект проявляется в пределах нескольких метров или десятков метров от источника.

Электрокоррозионное воздействие на металлические и железобетонные элементы конструкции инженерных сооружений ухудшает их технологические свойства, уменьшает сроки безаварийной эксплуатации. Так например, при напряженности поля блуждающих токов 0,8–3,6 мВ/м скорость коррозии металла составляет 0,2–2,0 мм/год, а потери несущей способности металлических и железобетонных конструкций – 10–15% и 5–8% соответственно.

Воздействие блуждающих токов на геологическую среду повышает коррозионную активность грунтов, что может иметь в качестве последствия выход из строя водонесущих коммуникаций. В связи с этим весьма полезно с разных точек зрения иметь не только детальные схемы расположения объектов-источников блуждающих



Рис 7 19 Районирование территории по степени опасности электрокоррозионного поражения подземных коммуникации и сооружения (Н С Просунцова 1996) Степень опасности 1 – низкая 2 средняя 3 высокая

токов, но также и оценочные схемы, отображающие степень потенциальной опасности коррозионного воздействия.

Электрическое воздействие на геологическую среду оценивается по плотности блуждающих токов, измеренных на дневной поверхности. Низкому уровню воздействия соответствует плотность блуждающих токов меньшая или равная $0,2 \times 10^{-4}$ А/м. При среднем уровне воздействия плотность токов изменяется от $0,2 \times 10^{-4}$ А/м до $0,9 \times 10^{-4}$ А/м. Высокий уровень воздействия характеризуется плотностью блуждающих токов равной или превышающей $0,9 \times 10^{-4}$ А/м.

На рис. 7.19 приведена схема районирования территории по степени опасности электрокоррозионного разрушения подземных коммуникаций и сооружений. В соответствии с тремя уровнями воздействия поля блуждающих токов определены три степени опасности.

Районирование территории по степени опасности электрокоррозионного поражения осуществлялось на основе данных по напряженности поля блуждающих токов и удельных электрических сопротивлений грунтов (рассчитывалась плотность блуждающих токов) с привлечением материалов по геологическому строению (состав, структура и мощность различных типов грунтов, в том числе техногенного происхождения), гидрогеологическим условиям (глубина залегания грунтовых вод), коррозионным свойствам грунтов, степени потенциального загрязнения поверхностных грунтовых вод в результате влияния инженерно-хозяйственной деятельности на территории города. Участки с высокой степенью опасности приурочены, как правило, к линиям электрифицированных железных дорог и трамвая. Ширина зоны зависит, в основном, от величины тока утечки с источника и гидрогеологических условий территории (состав и строение грунтовой толщи, глубина залегания грунтовых вод и степень их загрязнения, наличие техногенных отложений) и колеблется от десятков метров до 2–3 километров. Формирование зон со средней степенью опасности может быть обусловлено не только влиянием электрифицированного рельсового транспорта, но и промышленными установками, станциями катодной защиты. На тех участках, где отсутствуют мощные источники блуждающих токов, степень опасности низкая. Это, в основном, территории обширных зеленых насаждений, новой жилой застройки («спальные» районы). При низкой степени опасности электрокоррозионного разрушения возможная скорость коррозии подземных коммуникаций и сооружений меньше или равна 0,4 мм/год, при средней – изменяется от 0,4 мм/год до 1,0 мм/год, при высокой – превышает 1,0–2,0 мм/год.

Более детальные исследования, проведенные на территории Северо-Западного административного округа, показали, что плотность блуждающих токов на ряде участков достигает $3,0–5,0 \times 10^{-4}$ А/м. При такой плотности тока скорость коррозии может достигнуть 4–5 мм/год, что приведет к сквозному проржавлению труб тепло- и водоснабжения (распределительные сети) через год эксплуатации.

7.7. Инженерные мероприятия

7.7.1. Противокарстовые мероприятия

Развитие карстово-суффозионных провалов на ряде участков территории г.Москвы вызывает необходимость проведения специальных противокарстовых мероприятий. Защититься от провалов, в принципе, можно тремя способами: «убежав» от провальной опасности, сведя к минимуму саму возможность образования провала и макси-

мально подготовившись к этому событию (Тотмачев В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П., 1986) Каждый из этих подходов имеет серьезные ограничения в своем применении, поэтому их лучше сочетать друг с другом в различных комбинациях

В градостроительной практике «бетство» от провалов осуществляется с помощью так называемых архитектурно-планировочных решений. Суть этого приема проста: все здания и сооружения или наиболее ответственные и уязвимые из них располагаются в тех местах, где образова-

ние провалов невозможно или маловероятно (рис. 7 20). Подобным образом можно обеспечить защиту только строящихся, а не существующих объектов. Понятно также, что для их рационального размещения на местности необходима карта, где были бы точно показаны участки с повышенной опасностью провалов, которых следует избегать при застройке. Таким образом, эффективность планировочных защитных мероприятий зависит от полноты и достоверности информации, получаемой в ходе инженерных изысканий, а также от уровня и качества инженерно-геологического прогнозирования.

Помешать образованию провала, а в наиболее благоприятных случаях и вовсе его исключить, можно по-разному Решая подобные задачи, приходится либо воздействовать на геологическую среду, либо препятствовать таким воздействиям Поэтому соответствующие способы защиты иногда называют активными.

Так, например, поскольку провал всегда является результатом обрушения горных пород над подземной полостью естественного или искусственного происхождения, то запотнение ее цементным раствором или каким-то другим твердеющим материалом (рис 7 21 а) устраняет опасность провалов Также можно поступать и с трещинами в карбонатных породах, куда в неблагоприятных условиях происходит суффозионный вынос вышележащих песков. Однако, эта мера требует очень осторожного применения, так как использование водонепроницаемых заполнителей может вызвать нежелательные изменения фильтрационно-гидродинамического режима подземных вод. Кроме того, положительный эффект от заполнения полости или трещиноватой зоны обусловлен точным знанием их раз-

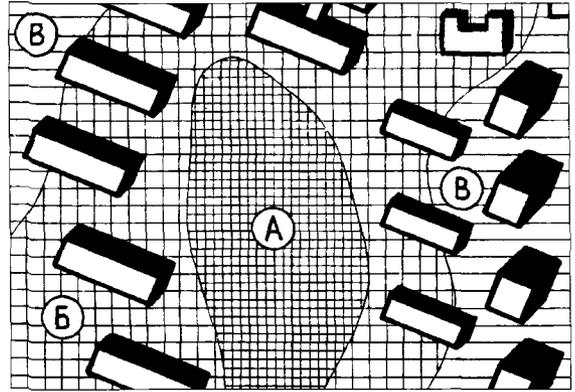


Рис 7 20 Вариант застройки территории с учетом возможности образования провалов Опасность провалов А – высокая, Б – средняя, В – низкая

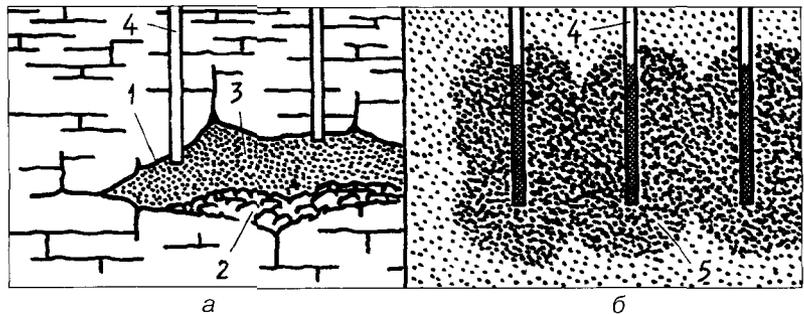


Рис 7 21 Активная защита территории от провалов а – заполнение песчано-бетонной смесью полостей в карбонатных породах б – закрепление песков 1 – карстовая полость, 2 – материал обрушения кровли 3 – песчано-цементный заполнитель 4 – скважина, 5 – закрепленные пески

меров формы и пространственной ориентации чего иногда бывает трудно достигнуть на современном техническом уровне инженерных изысканий

Можно также искусственно закрепить песчаные породы вводя в них под давлением цементный раствор жидкое стекло или синтетическую смолу (рис 7 21 б) После затвердения этих веществ песок превращается в камень приобретает способность сопротивляться обрушению и перестает быть средой для развития суффозии В связи с тем что созданная таким образом искусственная горная порода водонепроницаема это также как при запотении потостей и трещин цементом может негативно сказаться на гидрогеологической обстановке

Можно наконец воспрепятствовать карсту и суффозии (а следовательно образованию провалов соответствующего происхождения) не допуская увеличения скорости движения подземных вод в растворимых скальных и суффозионно неустойчивых рыхлых породах В условиях Москвы для этого необходимо исключить отбор воды из карбонатных толщ и не нарушать гидрогеологический режим в суффозионно неустойчивых породах Осуществить это в полном объеме в таком огромном и активно развивающемся городе невозможно Например полное устранение утечек из водонесущих коммунации требует немалых финансовых затрат Тем не менее на каких-то ограниченных участках с высокой провальной опасностью при необходимости защиты особо ответственных сооружений подобные профилактические мероприятия вполне уместны

Помимо методов позволяющих ликвидировать карстовые полости и суффозионный вынос песков при строительстве в карстоопасных районах применяются специальные конструкции фундаментов и самого строительного объекта — так называемая пассивная защита Подход к решению этой проблемы по существу такой же как в сейсмостойком строительстве только технические приемы другие В Москве в качестве защитного мероприятия данного типа рекомендуются монолитные железобетонные фундаменты в виде сплошных плит и перекрестных лент (рис 7 22) Для большей надежности и те и другие должны иметь консоли выступающие за пределы здания или сооружения В некоторых случаях предусматриваются определенные конструктивные особенности самих зданий повышающие их пространственную жесткость Все конструкции рассчитываются так чтобы при появлении в любом месте под зданием или сооружением одного провала диаметром 6 м оно не подверглось бы разрушению При этом предполагается оперативное заполнение провала для чего фундаменты выполненные в виде монолитных плит должны иметь сквозные отверстия Рекомендуется также оснащение объектов автоматическими системами сигна-

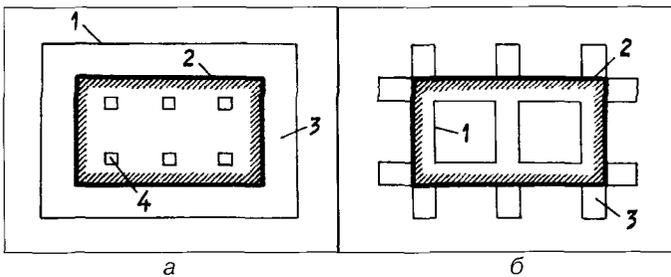


Рис 7 22 Пассивная защита от провалов с помощью фундаментов в виде сплошной плиты (а) и перекрестных лент (б) 1 — контур здания 2 — контур фундамента 3 — консольные выпуски фундамента 4 — сквозные отверстия в фундаментной плите

лизирующими о появлении провала или связанных с ним деформациях строительных конструкций

Конечно полной гарантии для здания или сооружения была бы опора его на устойчивые горные породы расположенные ниже той зоны где присутствуют полости или возможно их образование Такое опирание может быть не посредственным и тогда оно

требует наличия функциональных подземных помещений, но может осуществляться и с помощью свай-стоек. Поскольку в Москве практически несжимаемые скальные породы, не затронутые процессами растворения, расположены за редким исключением глубоко, подобные инженерные решения очень дороги.

Висячие же сваи никак не могут рассматриваться в качестве меры защиты от провалов, но иногда они используются в сочетании со сплошными фундаментными плитами или перекрестными тентами. В таких случаях эти конструкции играют роль ростверков, объединяющих верхние части свай. Для того чтобы вовлеченные в провальный процесс висячие сваи не мешали фундаментным плитам или перекрестным тентам выполнять свои функции, они должны иметь возможность свободно выпадать вниз без передачи ростверку каких-либо усилий.

7.7.2. Противооползневые мероприятия

Применительно к задачам противооползневой защиты оползневых явления в пределах г. Москвы можно разделить на четыре основные категории:

- глубокие оползни выдавливания, примыкающие к руслу реки Москвы
- глубокие оползни выдавливания стабилизировавшиеся, опирающиеся на пойменную террасу
- мелкозахватные вязкопластические оползни с элементами деформации скользящего (преимущественно оползни-сплывы), приуроченные к склонам эрозионной сети, в том числе к береговому склону р. Москвы, а также локальные вязкопластические оползни с небольшой глубиной захвата, характерные для крутонаклонных элементов рельефа на участках оползней выдавливания (обеих вышеназванных категорий)
- техногенные оползни разного механизма (сдвига скользящего и вязкопластические), возникающие вследствие искусственного изменения рельефа и приуроченные к откосам и бортам различных выемок (большая часть во временных строительных выемках-траншеях, котлованах)

На участках оползней выдавливания комплекс противооползневой защиты включает мероприятия по поверхностному водоотводу и микропланировке склона с посадкой кустарника, а также по дренированию склона (неглубокие дренажи) и срезке склона с креплением откосов на участках с повышенной крутизной рельефа. Последние два вида мероприятия применяются для предотвращения локальных вязкопластических оползней. Кроме того, в качестве обязательного элемента защитного комплекса должны включаться систематические наблюдения за развитием деформации на береговом склоне. Названные наблюдения позволяют своевременно выявить изменения оползневой обстановки и осуществлять при необходимости корректировку применяемой противооползневой защиты. Для оползней выдавливания, примыкающих к руслу реки, как правило, дополнительно требуется защита берега от речной эрозии, а при наличии на склоне капитальных сооружений – также и устройство прибрежных противооползневых контрбанкетов (рис. 7.23).

На территориях развития вязкопластических оползней противооползневые мероприятия заключаются в дренировании грунтовых вод и обеспечении надлежащего отвода поверхностного стока. Для отдельных объектов могут оказаться целесообразными также планировка рельефа с уменьшением уклона крутых уступов, а иногда и удаление неустойчивых масс с заменой их песчаным или щебнисто-гравийным насыпным стоем.

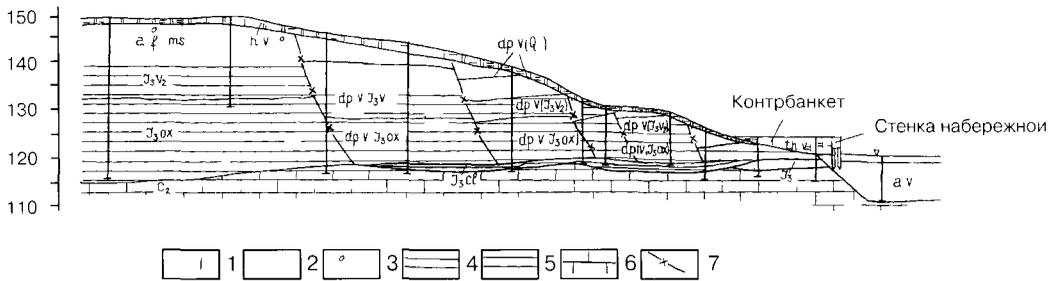


Рис 7.23 Контрбанкет в нижней части оползневого склона на участке Поклонная гора 1 – насыпные грунты 2 – пески 3 – пески с гравием 4 – глины опесчаненные 5 – глины 6 – известняки 7 – поверхность скольжения

Борьба с техногенными оползнями должна осуществляться в виде профилактики возникновения оползневых смещений – возможных при резком техногенном изменении инженерно-геологических условий.

Последнее происходит обычно в результате изменения рельефа (подрезка склонов, создание искусственных выемок на площадях распространения глинистых грунтов) а в значительной степени также и при дополнительном (техногенном) обводнении грунтовых массивов на склонах. Профилактические противооползневые мероприятия включают дренирование территории (в том числе в виде временного водопонижения на период выполнения земляных работ) а при необходимости – закрепление откосов выемок удерживающими шпунтовыми конструкциями.

7.7.3. Защита от подтопления

Подземные воды являются наиболее подвижной составляющей геологической среды, изменения которой провоцируют самые опасные геологические процессы. Поэтому регулирование режима подземных вод в подавляющем числе случаев ведет к формированию определенной устойчивости геологической среды города к снижению геологического риска и в итоге – к достижению приемлемого уровня геологической безопасности урбанизированной территории.

Градостроительные решения, выполняемые без учета трансформации подземной гидросферы города, вероятной после застройки, ведут к провоцированию развития процесса подтопления. Поэтому планировка застройки должна выполняться таким образом, чтобы улицы и здания располагались вдоль линии тока поверхностного и подземного стока. В случае невозможности такого размещения сооружения необходимо предусматривать устройство в заглубленных конструкциях специальных проемов – «окон» для пропуска подземных потоков. Это предупредит создание барражирующего экрана. Возможно также предусматривать замены свайного фундамента ленточным, столбчатым или плитой, а также исключить засыпку существующих естественных дренажей. Целесообразно на потенциально подтапливаемых территориях при их застройке оставлять свободные коридоры для последующей прокладки дренажей.

Все мероприятия по борьбе с подтоплением подразделяются на предупредительные и защитные. Среди последних в свою очередь выделяются строительные и эксплуатационные защитные мероприятия.

Предупредительные (профилактические) мероприятия всегда направлены против тех возможных факторов и источников подтопления, которые могут иметь место при будущей эксплуатации объекта. Поэтому их необходимо предусматривать при строительстве освоении на всех потенциально подтопляемых (по прогнозу) территориях. Ошибки на стадии проектирования, особенно при градостроительном проектировании (выбор площадки, разработка генплана и проекта детальной планировки) приводят в дальнейшем (при эксплуатации застроенной территории) к последствиям, требующим ликвидации деформации здания и сооружений, проведения их преждевременного ремонта, переукладки подземных коммуникации, устройства гидроизоляции уже построенных зданий и сооружений, закрепления грунтов оснований, строительства в условиях плотной городской застройки специальных дренажных систем. Рассмотрим предупредительные мероприятия более подробно. Они разделяются на территориальные и локальные.

Мероприятия, предохраняющие городские территории от воздействия поднимающихся уровней грунтовых вод (обще-территориальные), сводятся к искусственному повышению планировочных отметок поверхности земли, организации стока атмосферных осадков и поверхностных вод, регулированию рек сооружением перехватывающих дренажей, принятию целенаправленных градостроительных решений и предупреждению утечек из водонесущих коммуникации, а также к закладке дренажей.

Повышение отметок поверхности земли связано с изменением существующего рельефа путем подсыпки и/или намыва грунта при вертикальной планировке. Эти работы часто выполняются на незастроенных площадках, представленных обычно пониженными участками или оврагами. Следует учитывать, что в создаваемых таким образом техногенных грунтах со временем формируется верховодка, вызывающая локальное подтопление. Поэтому эти мероприятия должны, как правило, сопровождаться устройством дренажа. При засыпке оврага или водотока, например, необходима укладка по его тальвегу горизонтальной рубчатой дрены, позволяющей восполнить существовавший дренирующий эффект оврага в естественных условиях. Кроме того, насыпные грунты являются устойчивым накопителем влаги и обладают более высокой фильтрационной способностью, чем окружающие и подстилающие их грунты. Поэтому при застройке таких территорий необходимо предусматривать соответствующие комплексы мероприятий, вплоть до систематического дренажа.

Организация и ускорение стока атмосферных осадков (дождевых и талых вод) позволяет снизить размеры инфильтрационного питания подземных вод, вызывающего подъемы грунтовых вод и образование верховодок. Это мероприятие заключается в перехвате поверхностных вод, поступающих с расположенных выше по рельефу участков, и отводу их за пределы защищаемой территории. Это достигается устройством нагорных канав, часто совместно с обвалованием территории (особенно в период строительства). Роль нагорных канав могут также выполнять проложенные специальным образом ливнестоки. Для отвода поверхностных вод внутри защищаемой территории целесообразно осуществлять вертикальную планировку с устройством усовершенствованного покрытия и необходимого поперечного профиля проездов с созданием закрытой водосточной сети (ливневой канализации).

Регулирование русел рек, расчистка и углубление водоемов, оврагов, метких рек и ручьев позволяют увеличить их дренирующую способность и таким образом понизить уровни грунтовых вод.

Устройство перехватывающих дренажных сооружений позволяет предупредить подтопление застраиваемых участков территории от подземных вод, поступающих со стороны водоразделов (головной дренаж) и рек (особенно в периоды прохождения паводка) или водохранилищ (береговой дренаж), со стороны прилегающей уже подтопленной территории, а также от крупных источников подтопления (отсечной дренаж). Для усиления дренирующего действия берегового, головного и отсечного дренажей могут дополнительно устраиваться поперечные дрены или локальные дренажные устройства.

Предупреждение утечек из водонесущих коммуникаций является одним из важнейших предупредительных мероприятий. Предупреждение утечек обеспечивается конструктивно-технологическими решениями и организационными мероприятиями при строительстве с соблюдением правил эксплуатации.

Наиболее эффективным и надежным способом для условий Москвы является прокладка водонесущих коммуникаций в полупроходных и проходных каналах, снабженных соответствующим дренажем или противодиффузионными покрытиями, а также в футлярах. Повышает надежность водопроводов также герметизация стыковых соединений труб (резиновые манжеты, мастики-герметики и пр.).

К важным мероприятиям относится строгое соблюдение при строительстве требований проекта — использование коррозионно устойчивых материалов, проектных уклонов, создание надлежащего основания, проектной защиты трубопровода к внешним воздействиям, а также от гидравлических ударов.

При эксплуатации водонесущих сетей важно своевременно проводить текущие и капитальные ремонты, постоянно отслеживать состояние коммуникации и осуществлять контроль за давлением и расходом воды, регулярно очищать водостоки от мусора, наносов и льда.

Строительные мероприятия сводятся, в первую очередь, к строительному водопонижению, которое, как правило, должно несколько опережать земляные работы и обеспечивать производство работ нулевого цикла. При этом сочетаются условия, позволяющие, с одной стороны, производить земляные работы насухо, а с другой — избегать заплывания котлованов и траншей водонасыщенным грунтом и защищать от прорывов в котлованы и траншеи напорных подземных вод путем снятия избыточного напора в нижележащих водоносных горизонтах, перекрытых глинистыми отложениями.

Строительные мероприятия носят временный характер и осуществляются только на период строительства. Вместе с тем, необходимо иметь в виду, что строительное водопонижение часто ведет к осадкам и, соответственно, к недопустимым деформациям зданий и сооружений в связи с развивающимся при этом процессом консолидации грунтов на прилегающих участках.

Наиболее часто применяемым является метод открытого водоотлива, когда из заглубленного приямка (зумпфа) в дне котлована или траншеи ведется откачка воды с последующим ее отводом. Так как при этом допускается фильтрация подземной воды в котлован, то образуется гидродинамическое давление, часто нарушающее устойчивость грунтов в стенках котлованов, что требует специальных защитных мероприятий. Весьма эффективным является применение иглофильтров (установки типа ЛИУ), при этом понижение уровня подземных вод (УПВ) от оси насоса может достигать не более 5 м. Кольцевые и линейные системы (ряд иглофильтров вдоль котлована или траншеи) представлены на рис. 7.24, 7.25

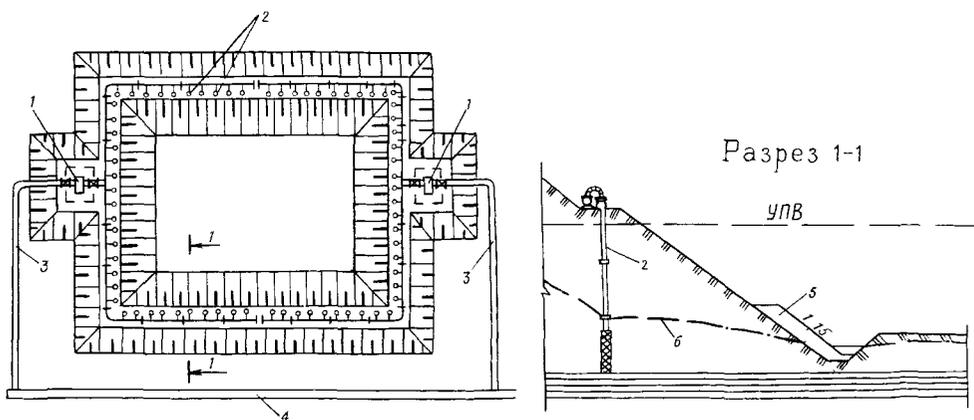


Рис 7 24 Осушение водонасыщенных грунтов при помощи контурной системы иглофильтров 1 – насосный агрегат 2 – иглофильтры 3 – напорный трубопровод, 4 – сбросный трубопровод 5 – дренажная пригрузка 6 – пониженный уровень грунтовых вод

Использование иглофильтровых установок рекомендуется при весьма широком диапазоне коэффициентов фильтрации (K_{ϕ}) грунтов – от 1 до 50 м/сут. Для относительно слабопроницаемых грунтов (супеси, суглинки и пр.) при $K_{\phi}=0.05-2$ м/сут и при необходимости понижения УПВ на 6–7 м целесообразно воспользоваться установками вакуумного водопонижения (типа УВВ) и иглофильтров с обсыпкой. В случаях, когда требуемая глубина понижения составляет 10–12 м, рекомендуются эжекторные иглофильтры с обсыпкой, то есть с применением эжекторного воздухоотборника.

Для весьма слабопроницаемых грунтов (глины, илы и пр.) при $K_{\phi} \leq 0.05$ м/сут рекомендуется использование электроосмотического метода, т.е. электроосушение грунта (рис 7.26). Отсос воды из грунта здесь осуществляется под действием электроосмотических сил при пропускании через него постоянного тока.

При проходке глубоких горных выработок, например, тоннелей метро, в водонасыщенных породах часто используется метод искусственного замораживания грунта, что позволяет создать временное, но прочное и водонепроницаемое ледогрунтовое ограждение.

К строительным мероприятиям относится также защита открытых котлованов и траншей от стока дождевых и талых вод и организация своевременного удаления попавших в них поверхностных вод

Эксплуатационные защитные мероприятия. Борьба с подтоплением в условиях существующей плотной застройки города представляет весьма сложную и не всегда эффективно решаемую инженерно-геологическую задачу. Выбор конкретного защитного мероприятия определя-

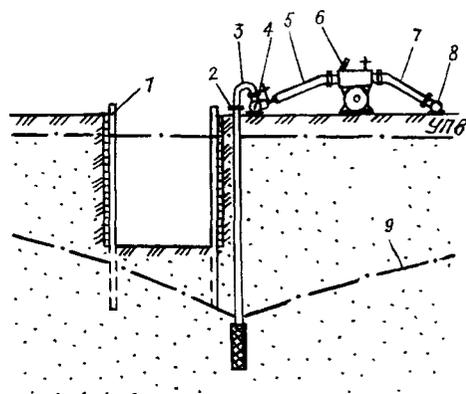


Рис 7 25 Осушение водонасыщенных грунтов при помощи линейной системы иглофильтров 1 – крепление траншеи, 2 – иглофильтры, 3 – соединительный шланг 4 – всасывающий коллектор 5 – гофрированный шланг 6 – насосный агрегат ЛИУ, 7 – напорный трубопровод 8 – сбросной трубопровод 9 – пониженный уровень подземных вод

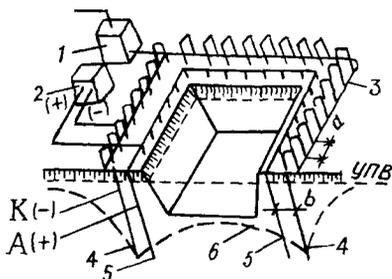


Рис 7 26 Схема электроосушения грунтов 1 – насосный агрегат 2 – двигатель-генератор 3 – всасывающий коллектор 4 – иглофильтры-катоды, 5 – стержни-аноды 6 – пониженный уровень подземных вод

ется типом объекта (здание, инженерное сооружение, парковая зона, территория и пр.), особенностями его эксплуатации и конструкции, гидрогеологическими, инженерно-геологическими и геоморфологическими условиями территории, условиями утилизации отводимого с защищаемой территории поверхностного и дренажного стоков.

Основными видами защитных мероприятий являются различные дренажи, противодиффузионные завесы и защитная гидроизоляция.

Дренажи являются наиболее радикальным способом защиты. Они разделяются по характеру отбора воды из грунта на гравитационные (при $K_{\phi} \leq 1$ м/сут) и специальные (при $K_{\phi} \geq 1$ м/сут), а по своему устройству могут быть вентиляционными, пневмонагнетательными, вакуумными, электроосмотическими и биодренажными.

Все дренажи принципиально состоят из двух рабочих элементов – водоприемного и водоотводящего. При этом отвод может быть самотечным и принудительным (откачка). По характеру расположения этих элементов выделяются дренажи горизонтальные, вертикальные и комбинированные. По степени прорезки дренажем водоносного пласта выделяются совершенные дренажи (прорезка до водоупора) и несовершенные (прорезка не до водоупора)

Наиболее широкое применение получил из-за простоты эксплуатации горизонтальный гравитационный дренаж трубчатый, пластовый и пристенный, лучевой и траншейный (открытый и зарытый) беструбный.

При устройстве трубчатых дрен используются керамические, асбоцементные, бетонные и пластмассовые трубы с обратными фильтрами в виде двух-трех слоев фильтрующей обсыпки из песка, гравия и щебня или фильтрующей обертки из минеральных или полимерных материалов. Вода в такие дренажи поступает через стыки труб, круглые отверстия или шелевые прорезы (пропилы) в их стенках под влиянием силы тяжести и гидростатического давления. Важным условием работы трубчатых дрен является предотвращение попадания вместе с водой мелких частиц грунта в дренажную трубу и ее засорение. В качестве труб в последнее десятилетие стали находить применение трубофильтры из пористого полимербетона и керамзитобетона, и при этом не требуется во многих случаях фильтрующей обсыпки. Но использование таких фильтров часто ограничивается из-за их невысокой механической прочности.

Глубина укладки дренажной трубы определяет понижение уровня грунтовых вод: в створе дрены и в стороны от нее возникает понижение подземных вод в виде депрессионной воронки, что и обеспечивает необходимую норму осушения в соответствии с требованиями создания неподопляющей критической глубины положения уровня подземных вод.

Основными конструктивными элементами пластового дренажа являются песчано-гравийные слои (дренирующая постель), уложенные при строительстве в основании защищаемого сооружения. Собираемая при этом в фильтрующей постели вода отводится проложенными здесь дренажными трубами.

Пристенный дренаж выполняется совместно с пластовым или самостоятельно и устраивается с внешней стороны фундамента или заглубленного помещения. Он представляет собой призмы (вертикальные или наклонные), выполненные из фильтрующего материала (песок, гравии, пористобетонные или керамзитовые плиты, блоки и пр.) и сочлененные с уложенной под ними дренажной трубой.

Часто горизонтальные трубчатые дрены и пластовые дренажи, устраиваемые для перехвата утечек из коммуникации, называются сопутствующими.

Пластовый, пристенный и сопутствующий дренажи выполняются одновременно со строительством самих защищаемых объектов. Они снижают возможность дополнительного инфильтрационного питания подземных вод за счет перехвата и отвода утечек и предохраняют сооружения от подтопления. Эти дренажи служат также для отвода вод, накапливающихся в грунтах обратных засыпок котлованов и траншей.

Лучевой дренаж состоит из трех основных элементов – горизонтальных трубчатых дрен (радиальных лучей), шахтного колодца – водоприемника диаметром 2–6 м для приема дренажного стока из лучей и водоподъемного устройства (насоса). Устройство горизонтальных лучей-дрен выполняется продавливанием при помощи домкратов и бурением горизонтальных скважин. Лучевой дренаж-водозабор может быть многоярусным и иметь в каждом ярусе по 3–5 лучей-дрен, его устройство весьма эффективно на уже застроенной территории и при высокой плотности застройки.

Траншейный дренаж открытого типа представляет собой канаву с шириной по дну не менее 0,4 м и требует периодической прочистки. Закрытый беструбный дренаж – это траншея, заполненная фильтрующим материалом. Такой дренаж при его кольматажи требует существенной реконструкции.

При необходимости использования горизонтального дренажа глубокого заложения (более 7–10 м) применяются дренажные галереи.

Вентиляционный дренаж и его разновидность – пневмоагнетательный дренаж – состоит из водоприемной части – трубчатых дрен, пористых бетонных плит, дренажных щелей в грунте и каналов для подвода и отвода воздуха в дренажный элемент. Осушение производится при продувке через грунт воздуха, часто подогретого. Осушающее действие этого дренажа основано на создании в грунте градиента влажности, который определяет движение влаги к дрене, где она в парообразном состоянии уносится продуваемым воздухом. Этот вид дренажа предназначен для защиты от подтопления и увлажнения зданий и сооружений, расположенных на слабопроницаемых грунтах, обладающих низкой водоотдачей.

Вакуумный дренаж представляет собой обычную трубчатую дренаж, в устье которой устраивается вакуумный водоотборный колодец. В нем с помощью вакуум-насоса создается давление воздуха ниже атмосферного. Это позволяет из грунта высасывать в дрены воду, которая поступает в колодец и из него откачивается насосом. Используемый здесь прием водоотбора значительно увеличивает водоотдачу грунта, и при этом из слабопроницаемого грунта удаляется не только гравитационная вода, но и капиллярная.

Биодренаж представляет собой систему размещенных на площади древесных и кустарниковых насаждений, обладающих высокой транспирирующей способностью (береза бородавчатая, клен ясенелистный, яблоня дикая и др.). В результате интенсивной транспирации в летний период понижаются уровни подземных вод и влажность грунтов.

В определенных инженерно-геологических условиях (высокая плотность застройки, большая мощность водоносного пласта, при интенсивном потоке подзем-

ных вод и т.д.) рекомендуется применение вертикального дренажа, который позволяет создать значительные понижения уровней подземных вод.

Основными конструктивными элементами вертикального дренажа являются фильтр с надфильтровой колонной, водоподъемное оборудование (насос), ствол скважины и отстойник. Подземная вода через фильтр с песчано-гравийной засыпкой поступает в скважину, и из нее откачивается насосом и отводится. Созданное понижение воды в скважине (динамический уровень) формирует депрессионную воронку в водоносном горизонте. Из таких скважин создаются ряды – однолинейные и двухлинейные, кольцевые дренажные системы и пр. Откачка производится специальными погружными насосами, а также вакуумными или эрлифтными водоподъемными устройствами при неглубоком залегании подземных вод (5–6 м).

На застроенных территориях при соответствующих гидрогеологических условиях (при наличии хорошо проницаемого нижележащего слоя, способного принять сбрасываемую в него воду) весьма эффективным является устройство поглощающих колодцев. В отдельных случаях, когда подтопление формируется напорными подземными водами, снижение уровня (напора) целесообразно осуществлять самоизливающимися дренажными скважинами. И, наконец, при наличии в основании сооружения водонасыщенного слабопроницаемого слоя, перекрывающего хорошо проницаемый напорный водоносный горизонт, выполняется комбинированный дренаж. Он сочетает самоизливающуюся скважину, снижающую напор подземных вод, и горизонтальную дренажную трубу, снижающую уровни грунтовых вод или водопоглощающую скважину с пластовым и трубчатым дренажем.

Противофильтрационные завесы представляют собой специальным образом выполненную в грунте вертикальную практически непроницаемую штору (стену в грунте), преграждающую путь потоку подземных вод к защищаемому от подтопления сооружению или площадке. Завеса может иметь в плане форму ограждающего кольца, полукольца, линии и т.д. Наиболее эффективны противофильтрационные завесы, доведенные до водопора. Устройство завес осуществляется методом траншейных стенок и инъекционным способом. В первом случае в грунте выполняется узкая траншея (0,4–0,8 м), заполняется твердеющим (бетоны и грунтобетоны) или нетвердеющим (грунты с добавками различных суспензий) заполнителем. Во втором случае производится поэтапное разбуривание скважин с последующим нагнетанием в них для закачки в грунт твердеющих и нетвердеющих растворов (цементные, глинисто-цементные, глинистые), а также силикатного геля и смолы.

Гидроизоляция применяется для защиты подземной части здания и сооружения от агрессивного воздействия подземных вод на их конструкции. Она защищает также от проникновения в материал конструкции капиллярной и пленочной влаги. По своему расположению гидроизоляция может быть наружная и внутренняя; по способу выполнения – окрасочная, штукатурная, литая, оклеечная, пропиточная, инъекционная, засыпная; по виду используемого материала – асфальтовая, пластмассовая, минеральная и металлическая. Наружная гидроизоляция в некоторых случаях может представлять альтернативу пластовому и пристенному дренажам, но наибольший эффект достигается при ее сочетании с различными типами дренажей.

Глава 8.

Загрязнение геологической среды

8.1. Источники, виды и масштабы загрязнения геологической среды

Загрязнение территории г.Москвы, как и всякого крупного мегаполиса, осуществляется газовыми, жидкими и твердыми отходами транспорта, промышленности, объектами энергетики и жизнеобеспечения.

Мощным источником загрязнения города являются выбросы в атмосферу, которые постоянно растут, достигнув в 1995 г. 1,828 млн.т (рис 8.1). Большая доля загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу на территорию города, приходится на автомобильный транспорт (83–89% от суммарных выбросов), их масса возрастает с увеличением количества автомашин в городе с 1,07 млн.т в 1993 г до 1,73 млн.т в 1996 г. (рис. 8.2.).

На фоне этого наблюдается некоторое снижение выброса загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников – различных предприятий, которое уменьшилось с 0,273 млн т. в 1992 г до 0,186 млн.т. в 1995 г., что во многом объясняется спадом производства.

Пространственное распределение газовых выбросов в атмосферу на территории города весьма неоднородно. Так загрязнение от стационарных источников имеет площадное распространение и определяется местоположением крупных предприятий и розой ветров, а от автомобильного транспорта носит линейный характер и приурочено к основным автомагистралям города.

Структура газовых выбросов от передвижных и стационарных источников загрязнения показана в таблице 8.1. Основную часть газовых выбросов составляют оксид углерода – 0,74 млн.т/год, углеводороды – 0,16 млн.т/год и сернистый ангидрид – 0,05 млн.т/год. Накопление вредных примесей в атмосфере города в целом связано с развитием неблагоприятных метеорологических условий и прежде всего с устойчивыми антициклонами. При развитии циклонической деятельности часть выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ выносится за пределы города, а другая – вымывается из нее атмосферными осадками, поступая с ними на земную поверхность, загрязняя почвенные горизонты. Зимой загрязняющие вещества и прежде всего пылевые частицы аккумулируются в снеге и весной залпом поступают в водотоки, способствуя их загрязнению.

¹ Осипов В.И. Зоны геологического риска на территории г.Москвы // Вестник РАН. 1994. Т. 64. № 1. С. 32–45.

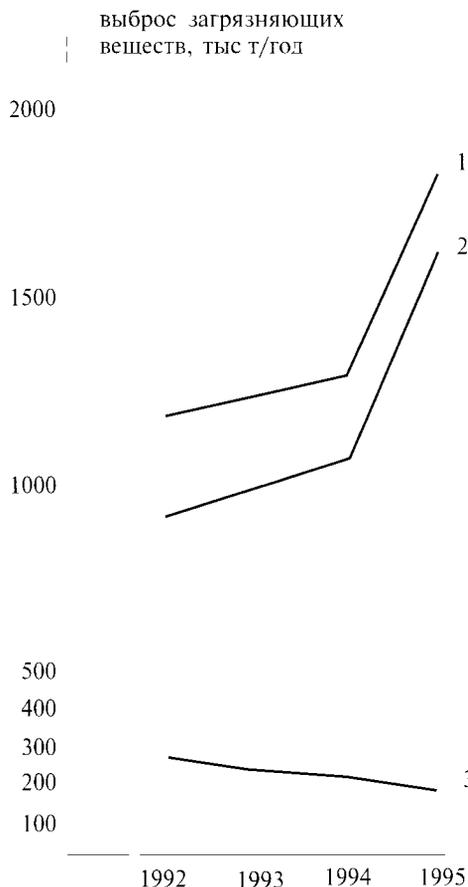


Рис 8 1 Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу 1 – общее количество, 2 – автомобильные выбросы 3 – выбросы стационарных источников

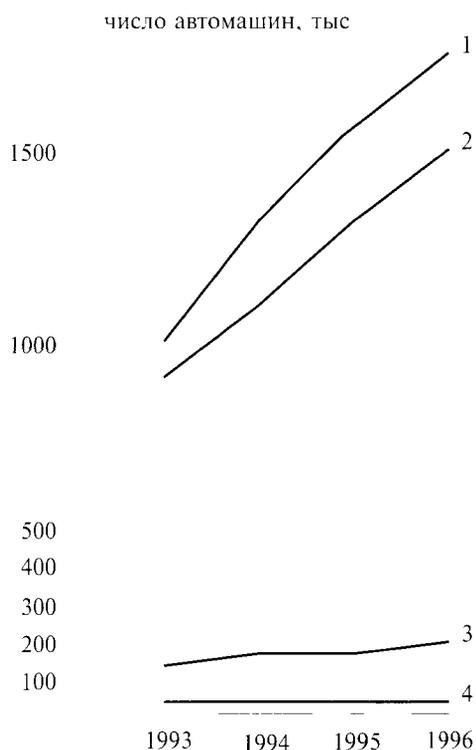


Рис 8 2 Изменение численности автомобильного транспорта г.Москвы 1 – всего автомашин из них 2 – легковых 3 – грузовых и 4 – автобусов

Огромный вклад в загрязнение города вносят промышленные и бытовые отходы. Общая масса образующихся на территории города твердых отходов превышает 12 млн.т. Больше половины их – 6,5 млн.т приходится на промышленные, 2,5 млн.т на бытовые отходы и 5,2 млн.т на осадки очистных сооружений водопровода, канализации и ливневого стока (табл.8.2)

Состав промышленных отходов самый разнообразный. Значительную часть составляют зола, пыль, шлаки, гальваношламы, обломки строительных материалов и т.п. Большую часть бытовых отходов представляют бумага и картон (до 38%) и пищевые отходы (до 31%).

Основная масса бытовых отходов вывозится для захоронения за пределы города на специально оборудованные полигоны (Тимохово и Хметьево). В 1994 г. объем вывоза твердых бытовых отходов на полигоны составил 1,75 млн.т, 0,124 млн.т твердых бытовых отходов утилизируется на двух мусоросжигательных заводах и 0,624 млн т размещается на несанкционированных свалках.

Выбросы загрязняющих веществ (т/год) в атмосферу г.Москвы за 1992 год

Загрязняющие вещества	Выбросы в атмосферу (т/год)	
	Стационарные источники	Передвижные источники
Твердые вещества (пыль)	24271	–
Сернистый ангидрид	51263	–
Оксид углерода	28362	710999
Оксид азота	110992	38118
Углеводороды	3545	162152
Летучие органические соединения	49633	–
Прочие	4636	–
Валовый выброс	272708	911262
Всего по городу	1183977	

В настоящее время на территории города выявлено 90 несанкционированных свалок (рис 8 3). Общая их площадь достигает 935 га, составляя примерно 1% площади города. Отличительной особенностью свалочных территорий представляющих собою насыпные грунты с примесью строительных, промышленных и бытовых отходов являются процессы титификации сопровождающиеся образованием биогаза и фильтрата атмосферных осадков – основных поставщиков токсичных веществ во вмещающие породы, подземные воды и приземную атмосферу.

Примерно такую же площадь (~800 га) занимают участки накопления иловых осадков городской станции аэрации, сосредоточенные на левом берегу р.Москвы ниже Нагатина.

В несколько меньших количествах (1,5 млн т) на специально оборудованные полигоны вывозятся промышленные отходы. Большая их часть аккумулируется на территориях предприятия или вывозятся на те же несанкционированные свалки, как и часть бытовых отходов. Содержащиеся в промышленных отходах токсичные вещества в первую очередь тяжелые металлы и их соли, с мест складирования и хранения отходов, как и с несанкционированных свалок, в конечном итоге накапливаются в почвах и поступают в поверхностные и подземные воды, приводя к образованию многочисленных очагов техногенного загрязнения.

Москва генерирует огромное количество сточных вод, которое больше чем в два с половиной раза превышает расход р.Москвы выше впадения канала Волга-Москва. Структура водного баланса р.Москвы в летнюю межень 1994 г. следующая:

Сток р.Москвы до впадения канала им.Москвы – 26,7 м³/сек.

Обводнение из канала им.Москвы – 21,2 м³/сек.

Поступление с притоками – 22,6 м³/сек.

Поступление с территории города – 10,7 м³/сек.

Сброс сточных вод промпредприятий и ТЭЦ – 15,9 м³/сек.

Сброс сточных вод станции аэрации – 55,7 м³/сек.

Водоотведение шахтных вод – 0,4 м³/сек.

Расходная часть баланса в пределах города – 21,9 м³/сек.

Общий сток р.Москвы ниже города – 130,3 м³/сек.

Таблица 8 2

Структура твердых отходов¹

Наименование (вид) отходов	Количество, тыс тонн в год	Источник образования
Промышленные	6500	Промышленные предприятия
Твердые бытовые	2500	Население, промышленные предприятия
Радиоактивные отходы	5	Промышленные предприятия
Осадки сооружений водопровода	3500	Водопроводные очистные станции
Осадки и канализации	1000	Станции аэрации сточных вод
Осадки сооружений дождевой канализации	700	Районные сооружения для очистки дождевого стока
Отходы зеленого хозяйства, уборка улиц	300	Магистрالی города
Всего	12005	

Загрязнение поверхностных вод бассейна р.Москвы выше города и соответственно источников Москворецкой системы водоснабжения в последние годы существенно возрастает. Здесь сброс сточных вод составляет 135.3 млн. м /год. Основными источниками загрязнения являются объекты сельского хозяйства, особенно животноводческие фермы. Отмечено также увеличение поступления нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, солей железа, хрома, меди, никеля и кадмия.

Как уже сказано основную массу стоков, сбрасываемых в р.Москву, составляют воды городской канализации после очистки на Курьяновской, Люберецкой и Зеленоградской станциях аэрации, общая масса которых вместе с производственно-загрязненными сточными водами более 2800 предприятия города составляет 71.4 м /сек.

Динамика поступления основных загрязняющих веществ со сточными водами городской канализации в период 1991—1994 гг. до и после очистки показана в таблице 8.3, из которой видна достаточно высокая эффективность очистки, в результате чего происходит удаление примерно 80—90% загрязняющих веществ.

Поверхностный сток с территории города в основном не очищается от загрязнения и прямо попадает в водные объекты, привнося в них большое количество органических, взвешенных веществ и нефтепродуктов. Он образуется при выпадении дождей, снеготаянии, осуществлении поливочно-мочных работ. В целом поверхностный сток с территории города составляет 13,8 м /сек. Большая часть загрязняющих веществ поступает с поверхностным стоком в зимне-весеннее время.

Общие количественные характеристики сброса загрязняющих веществ в р.Москву за период 1990—1995 гг. приведены в таблице 8.4. Они показывают, что по большинству компонентов за исключением нитратов и нитритов наметилось небольшое снижение количеств сбрасываемых загрязняющих веществ. Но пока оно явно недостаточно, т.к. по основным компонентам «очищенные» сточные воды характеризуются значительным превышением их содержания по сравнению с ПДК.

¹ О состоянии окружающей природной среды г.Москвы в 1992 году. Государственный доклад. М. 1993. 167с.

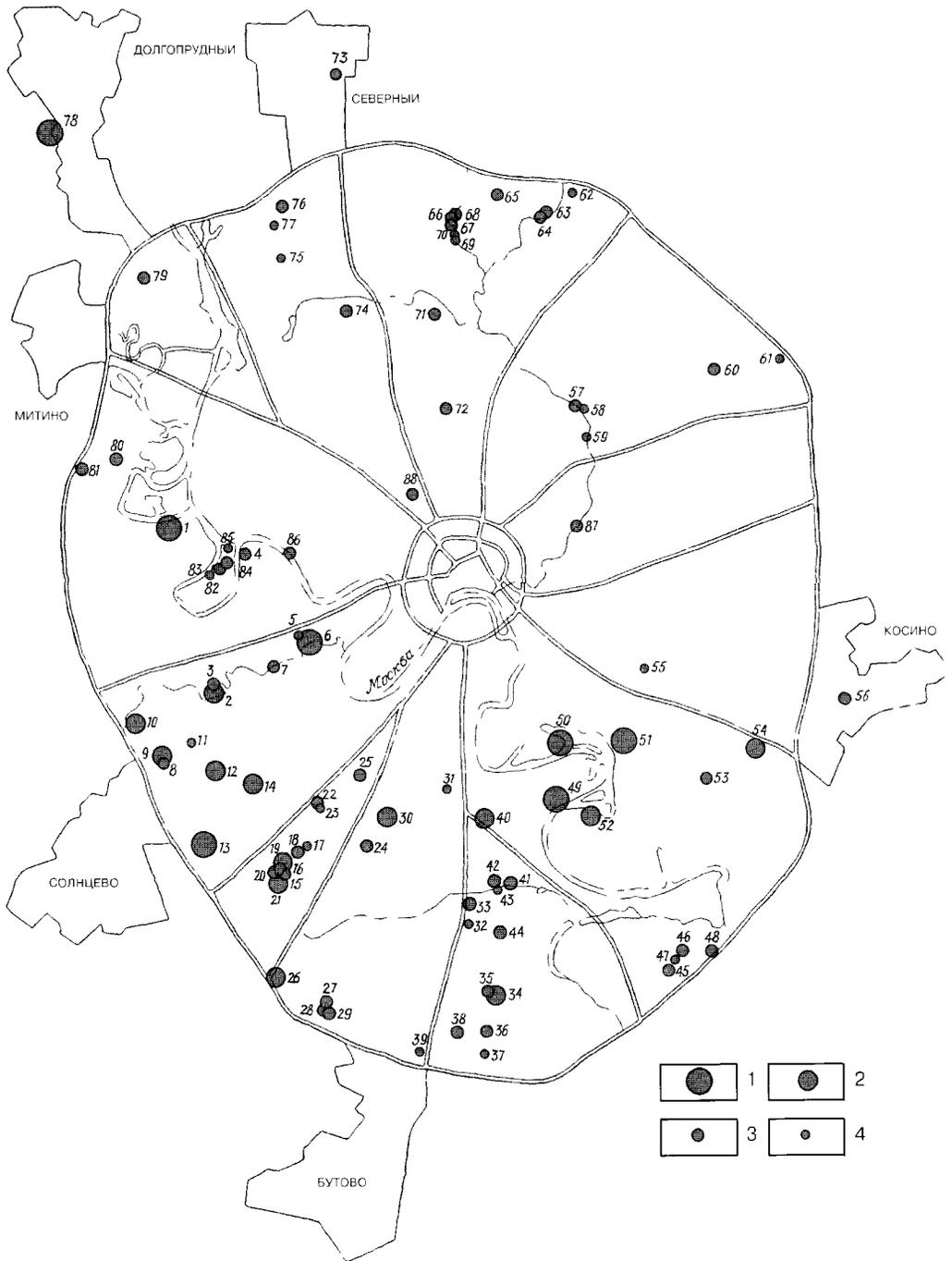


Рис 8 3 Несанкционированные свалки г.Москвы. Категории свалок по занимаемой площади (га) 1 – >10 2 – от 5 до 10, 3 – от 1 до 5 4 – <1

Таблица 8.3

Динамика поступления загрязняющих веществ (ЗВ) со сточными водами городской канализации до (числитель) и после (знаменатель) очистки в 1991–1994 гг.

Показатели загрязнения	Поступление ЗВ вод до (числитель) и после (знаменатель) очистки, т/год			
	1991	1992	1993	1994
Взвешенные вещества	<u>420200</u> 25300	<u>385800</u> 22900	<u>375900</u> 22400	<u>390200</u> 22900
БПК ²	<u>371300</u> 17900	<u>346700</u> 16600	<u>333700</u> 15900	<u>330000</u> 23600
Фенолы	<u>170</u> 13	<u>124</u> 13	<u>121</u> 17	
Нефтепродукты	<u>11460</u> 2000	<u>9330</u> 1980	<u>11460</u> 1820	<u>10700</u> 1450
СПАВ	<u>2440</u> 430	<u>2990</u>	<u>2400</u> 380	<u>2670</u> 330
Железо	<u>4890</u> 680	<u>4710</u> 490	<u>3980</u> 570	—
Хром	<u>581</u> 210	<u>598</u> 260	<u>478</u> 194	<u>290</u> 112
Медь	<u>447</u> 82	<u>420</u> 70	<u>300</u> 55	<u>290</u> 67
Цинк	<u>1175</u> 567	<u>959</u> 470	<u>887</u> 203	<u>758</u> 180
Никель	<u>136</u> 63	<u>146</u> 57	<u>95</u> 47	<u>67</u> 45
Фосфаты	<u>25630</u> 11420	<u>19050</u> 10140	<u>154410</u> 10910	—
Азот общ	<u>65800</u> 39000	<u>58300</u> 34500	<u>51300</u> 31100	—
Азот аммонийный	<u>58300</u> 28200	<u>51800</u> 20700	<u>44400</u> 17900	<u>45000</u> 16700
Азот нитритный	— 557	— 570	— 758	—
Азот нитратный	— 12380	— 12390	— 12590	— 11150
Хлориды	<u>213700</u> 203400	<u>198200</u> 177800	<u>195400</u> 181500	—
Сульфаты	<u>142200</u> 127300	<u>131100</u> 104900	<u>135700</u> 113700	—
Плотный осадок	<u>1175400</u> 1094000	<u>111700</u> 93100	<u>129800</u> 91400	<u>1054800</u> 958900

О состоянии окружающей природной среды Москвы в 1994 году. Государственный доклад. М.: Изд. РЭФИА. 1996. 212с.

БПК – биохимическое потребление кислорода

Таблица 8 4

**Количество загрязняющих веществ, сброшенных в водоемы Москвы
в 1990–1995гг.**

Виды загрязнителей	Масса сбрасываемых загрязнений за отдельные годы, тыс т/год					
	1990	1991	1992	1993	1994	1995
БПК	17,35	17,58	17,58	23,66	23,40	22,66
Нефтепродукты	1,89	2,33	2,33	2,12	1,67	1,56
Взвешенные в-ва	24,79	24,73	27,67	24,01	24,61	24,03
Сухой остаток	1021,9	1101,5	1101,0	991,0	958,27	942,3
Сульфаты	125,9	128,1	128,2	116,1	110,5	108,28
Хлориды	199,41	231,83	232,00	185,70	164,49	146,89
Азот аммонийный	112,42	67,17	28,88	17,99	17 72	14,17
Нитраты	6,96	10,29	10,74	24,206	20,85	51,50
СПАВ	0,62	0,44	0,20	0,421	0,340	0,39
Железо	0,40	0,43	0,66	0,554	0,56	0,57
Медь	0,066	0,094	0,095	0,059	0,054	0,059
Цинк	0,34	0,61	0,608	0,15	0 22	0,16
Никель	0,054	0,083	0,084	0,062	0,037	0,036
Хром	0,14	0,23	0,230	0,22	0 12	0,07
Алюминий	—	—	0,0004	0,083	0 220	0,16
Нитриты	0,67	0,56	0,735	2,04	2 12	2,56

Таким образом, приведенные данные показывают, что основными источниками и причинами загрязнения водных объектов города являются городские станции аэрации и поверхностный сток с территории города, а также общая его захламленность и самовольное строительство в водоохраных зонах

Грунтовые воды на территории г. Москвы почти повсеместно сильно загрязнены поступлением различных неорганических и органических компонентов с инфильтрационным питанием, особенно в период снеготаяния, в результате значительных потерь из канализационных сетей, а также неучитываемого сброса жидких отходов на территории ряда промышленных предприятий. К сожалению оценить масштабы поступления загрязняющих веществ в подземные воды пока не удалось, т.к. требует специальных исследований.

После значительной сработки (до 90 м) напорных уровней карбоновых водоносных горизонтов — основного источника подземного водоснабжения города — в последние десятилетия создались условия для проникновения в горизонты загрязняющих поверхностных вод в пределах долины р. Москвы, в основном в центре города, и низовой р. Явзы, где отсутствуют водоупорные юрские глинистые и четвертичные моренные отложения.

Обзор состояния природной деятельности предприятия и иных объектов, расположенных на территории г. Москвы по результатам государственного контроля Москомприроды в 1995 году // Экологический вестник Москвы. 1996. № 7–9. С. 11–146.

Таким образом, загрязнение геологической среды города осуществляемое в значительных объемах газовыми выбросами, жидкими стоками и твердыми отходами, проявляется в геохимических изменениях почвенных горизонтов, атмосферных, поверхностных и подземных вод, особенности которых рассматриваются ниже в соответствующих разделах настоящей главы.

8.2. Загрязнение атмосферных осадков

Атмосферные осадки являются важнейшим геохимическим агентом преобразования земной поверхности и ландшафтов, во многом определяющем экзогенную геологическую деятельность.

В естественных условиях формирование химического состава атмосферных осадков определяется поступлением в атмосферу солей с поверхности морей и океанов, вулканизмом и ветровым выносом пыли с поверхности континентов. Наиболее существенно влияние каждого из перечисленных факторов проявляется в районах морских побережий, активного вулканизма и зонах пустынь и полупустынь соответственно.

Большая же часть суши характеризуется такими климатическими и ландшафтно-географическими условиями, в которых влияние названных факторов выражено слабее и их вклад в формирование химического состава атмосферных осадков можно считать постоянным. К таким регионам относится и умеренный лесной ландшафт центра Европейской России, в качестве образца фона для которого, выбраны результаты, полученные на станции Валдай, находящейся северо-западнее Москвы.

На этот достаточно выдержанный региональный фон уже и накладывается антропогенная нагрузка, наиболее отчетливо проявляющаяся в промышленных районах и особенно на территории таких крупных мегаполисов как Москва.

Это хорошо иллюстрируется рисунком 8.4, на котором приведены вариации концентрации ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} , а также величина pH атмосферных осадков в период 1981–1985 гг. для станции Валдай и г. Москва, а также таблицей 8.5, где сведены несколько наиболее характерных химических анализов атмосферных осадков для тех же станций, отобранных в одно и то же время. На рисунке и в таблице четко прослеживается высокая изменчивость концентрации отдельных компонентов и общей минерализации, увеличение которых на территории города по сравнению с фоном может составлять от нескольких раз до порядка и более. Так, например, в июне 1981 г. общая минерализация атмосферных осадков, выпавших в Валдае составила 9,42 мг/л, а в Москве – 199,11 мг/л, т.е. в 20 раз больше.

Обычно pH атмосферных осадков, выпадающих на территории Москвы, колеблется в интервале 5,5–6,5. Но иногда выпадают и более кислые осадки с pH менее 5,0 (рис. 8.4.). Подобный феномен отмечается не постоянно, а только в зимние месяцы, когда запыленность атмосферы наиболее низкая и ее нейтрализующая способность значительно меньше. В другое же время положительно заряженных ионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), содержащихся в атмосферных осадках и связанных с пылевым и дымовым загрязнением, «хватает» для нейтрализации отрицательно заряженных ионов, в том числе и сульфатов, имеющих техногенное происхождение. Лишь в отдельных случаях, когда концентрация последнего и других отрицательно заряженных ионов существенно превышает сумму концентраций положительных ионов в эквивалентной форме, pH атмосферных осадков может достигать критических кислых значений, как, например, в марте 1985 г., когда оно составило 4,2.

Таблица 8.5
Химический состав атмосферных осадков

Место отбора проб	Дата отбора	Количество осадков за месяц, мм.	pH	Сумма ионов, мг/л	Компоненты, мг/л								
					SO ₄ ²⁻	Cl	NO ₃	HCO ₃	NH ₄ ⁺	Na	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	июнь 1981	83.5	6.5	9.42	3.15	0.35	0.44	2.68	0.67	0.88	0.45	0.54	0.06
Валдай	октябрь 1983	98.1	5.7	8.95	4.80	0.50	0.65	0.49	1.37	0.70	0.25	0.18	0.01
	март 1985	28.1	5.4	14.59	4.70	1.06	4.35	0.24	1.87	1.00	0.87	0.43	0.05
	июнь 1981	70.3	7.7	199.11	20.00	0.82	4.00	132.49	0.18	2.20	1.90	29.10	7.32
Москва	октябрь 1983	86.0	5.6	17.66	5.60	0.67	1.54	3.78	0.43	0.15	0.11	0.64	0.04
	март 1985	6.7	4.2	162.51	88.00	7.18	14.96	0.00	14.20	6.10	3.80	22.11	0.77

Изменения средних величин pH и пределы его колебания с 1957 по 1985 гг. приведены на рисунке 8.5. Очевидно, что, несмотря на отдельные аномальные отклонения как в кислую, так и более щелочную сторону, pH атмосферных осадков за это время претерпел очень мало изменений, совсем немного увеличившись в щелочную сторону.

Таким образом, анализ особенностей химического состава атмосферных осадков показал, что в пределах города в них происходит значительное, по сравнению с фоном, увеличение концентрации практически всех компонентов, а в случае определенных условий эпизодически отмечают низкое значение pH, т.е. кислотность, оказывающую неблагоприятное воздействие на поверхностные водоемы, растительность и человека.

Вместе с тем, как показывают исследования, кислотность атмосферных осадков при их взаимодействии с минеральным веществом грунтов, быстро нейтрализуется, что может в какой-то мере способствовать миграции тяжелых металлов из поверхностных в более глубокие горизонты.¹

8.3. Загрязнение почвенного покрова

Почвенный покров Московского региона пережил длительную эволюцию, прежде чем сформировался в современном виде. Исходные московские почвы были представлены подзолистыми и дерново-подзолистыми разностями, сформированными на пестрых по литологическому составу отложениях. На территории Москвы они сохранились в лесо-

¹ Джамалов Р.Г., Злобина В.Л. и др. Влияние закисления атмосферных осадков на химическое равновесие. Термодинамическое моделирование // Водные ресурсы. 1996. № 5. С. 556–564.

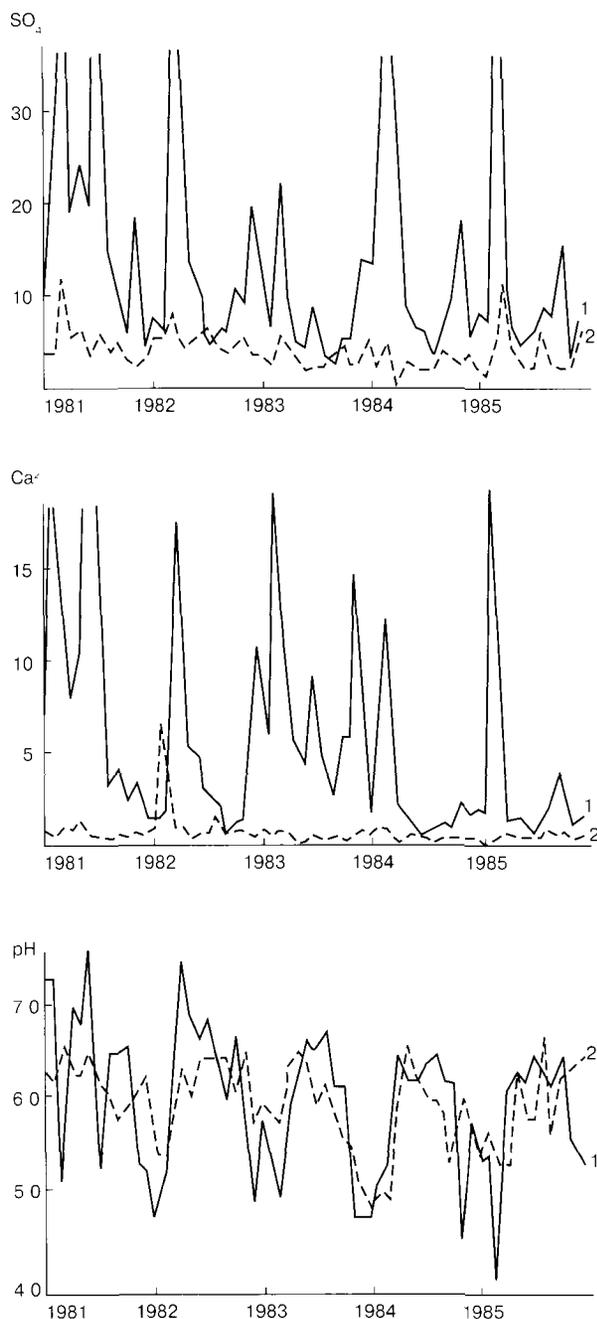


Рис 8 4 Изменение концентрации сульфатов, кальция и величины pH в атмосферных осадках города и окрестностей 1 – на станции Валдай 2 – в г Москве

парках, а в районах интенсивного освоения погребены под культурным слоем или сильно трансформированы.

Городские почвы представляют собою сложные и быстро развивающиеся природно-антропогенные образования. Основные отличия городских почв от природных обусловлены интенсивным накоплением антропогенных отложений («культурного слоя») особого состава и строения. В профиле городских почв записана история развития ландшафтов, а также история хозяйственного освоения территории и взаимодействия человека и природной среды.

Наиболее полно почвенно-культурные слои изучены в центральной части Москвы в ее древних исторических границах. В основании залегает исходная почва, обычно дерново-подзолистая, супесчано-суглинистого состава, сформированная на ледниковых, водноледниковых, покровных и аллювиальных отложениях. На поверхности исходной почвы залегает толща техногенных отложений средней мощностью около 3-х м на водоразделах и до 20 м в понижениях рельефа, существенно сnivelированного к настоящему времени. Для этой толщи в отличие от исходных почв характерна слоистость, наличие техногенных включений, каменистость, загрязненность рядом химических элементов, щелочность.

Интенсивное строительство и рост промышленного производства вызывают определенные изменения в почвен-

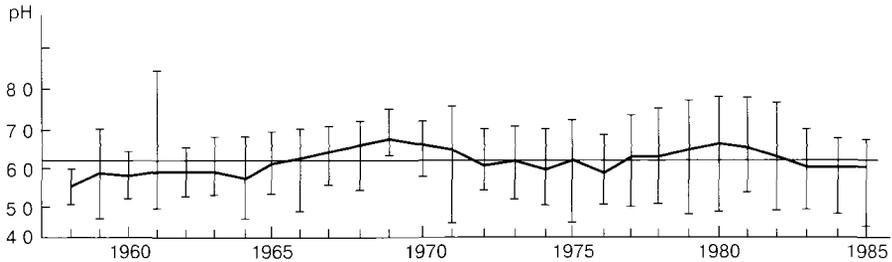


Рис 8.5 Изменение pH атмосферных осадков и пределы его колебаний в г Москва

ном покрове – он подвергается подкислению, подщелачиванию, засолению, обогащению тяжелыми металлами, а в ряде случаев и полностью уничтожается. В результате на большей части территории города верхний естественный почвенный слой разрушен или практически полностью изменен.

Накопление элементов-загрязнителей в городских почвах является длительным процессом и происходило в течение всего периода урбанизации территории, занимаемой Москвой. Промышленное загрязнение почв идет, в основном, через атмосферу путем осаждения паров, аэрозолей, пыли или растворенных соединений токсикантов с дождем и снегом. Основная доля токсикантов попадает в воздух из дымовых труб заводов и вентиляционных каналов. Большая часть их осаждается вблизи предприятий, некоторая часть тяжелых металлов переносится атмосферными потоками на некоторое расстояние и выпадает в пределах от 3–4 до 8 км от места выброса. Токсиканты, попадающие в атмосферу из выхлопных труб автотранспорта, осаждаются как правило вблизи автотрасс города. Распространенность зон интенсивного загрязнения и направления движения потоков загрязняющих веществ зависят от скорости и направления ветров, высоты труб, дисперсности частиц и их плотности, рельефа местности, растительного покрова.

Атмосферные аэрозоли, содержащие токсичные элементы, могут возникать не только в результате непосредственной эмиссии поллютантов, но и за счет эрозии почвы, которая является одновременно коллектором и вторичным источником загрязнения. Почвенный слой аккумулирует около 90% поступающих тяжелых металлов. Горизонты почвы являются физико-химическим барьером на пути химических поллютантов. Эрозионное разрушение почвенного покрова в городских условиях приводит к тяжелым экологическим последствиям, т.к. часть почвенных поллютантов вновь оказывается в воздушной среде.

Загрязнение почв может происходить не только за счет атмосферных осадков, но и за счет организованных и нерегламентированных поверхностных сбросов твердых отходов, жидкого стока с растворенными и взвешенными токсичными соединениями. Существенным источником загрязнения почвенного покрова являются также промышленные и бытовые свалки.

Опасность загрязнения почв для человека заключается в том, что при взаимодействии ассоциаций тяжелых элементов с почвенным покровом, последний приобретает токсические свойства, которые могут иметь различные проявления. В результате миграционных процессов элементы-загрязнители и их соединения из почвы мигрируют в природные воды, поглощаются растениями, поступают в пищевые цепи, а затем

в организм человека. Все это представляет реальную угрозу для здоровья человека, особенно детей.

До недавнего времени важнейшими загрязнителями считались, главным образом, пыль, угарный и углекислый газы, окислы серы, азота, углеводороды, синтетические органические вещества, радиоактивные изотопы. Тяжелым металлам и их соединениям уделялось значительно меньше внимания. Проведенные на территории г.Москвы в разные годы эколого-геохимические исследования выявили неуклонный рост загрязнения почв тяжелыми металлами как в пространственном, так и в количественном отношении. В последнее десятилетие интерес к ним как загрязнителям окружающей среды резко повысился. Это прежде всего связано с фактами проявления острых токсикозных эффектов, вызванных попаданием в организм человека ртути, свинца, кадмия и ряда других металлов. Кроме того, именно для тяжелых металлов характерно воздействие на здоровье людей с отдаленными последствиями. В настоящее время по оценкам ООН тяжелые металлы занимают второе место по распространенности относительно других загрязнителей, уступая только пестицидам. Из большого опыта работ последних лет известна явная корреляция заболеваемости населения, особенно детского, с аномалиями химических элементов техногенной природы в почвах.

Экологические и физиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на городские экосистемы наиболее ярко проявляются в пространстве экогеохимических аномалий, выявляемых при картировании относительно некоторых «нормальных» или фоновых концентраций. От корректного выбора значений фоновых концентрации существенным образом зависят результаты эколого-геохимических исследований. Контроль качества почвенного покрова проводится на основании гигиенических нормативов — предельно допустимых концентрации (ПДК). Однако, ПДК определены далеко не для всех элементов, значения их изменяются от года к году. В разных странах приняты различные значения нормативов — все это говорит лишь о достаточно условном характере последних. Известно также, что многокомпонентное загрязнение оказывает комбинированное воздействие на человека, однако в существующих нормативах ПДК этот эффект не учитывается. Не исследовано также длительное воздействие малых концентрации сложных смесей. В связи с этим, в геохимии принято использовать понятие регионального фона, т.е. концентрации элементов, свойственные почвам исходных (дотехногенных) ландшафтов.

Вопрос определения фоновых параметров городских почв достаточно сложен, т.к. для этого необходимо точно знать какими должны быть количественные оценки параметров экосистемы оптимальные для человека. Не углубляясь в существо вопроса, отметим только, что незатронутый техногенным загрязнением почвенный покров располагается, в основном, в Западном округе столицы, а средние концентрации химических элементов в нем сопоставимы с соответствующими значениями почв в Центральном лесном заповеднике.

Представление о характере и интенсивности загрязнения почвенного покрова г.Москвы тяжелыми металлами дает карта техногенного загрязнения, приведенная на рисунке 8.6. Картирование структуры эколого-геохимического поля производилось с помощью программного комплекса «ЭКОСКАН», разработанного в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ). Всего системой «ЭКОСКАН» было выявлено 9 различных типов загрязнения (под типом понимается пространственно устойчивая ассоциация аномальных токсикантов), а также фоновые и переходные области. Условные обозначения к карте сведены в таблицу, в первом

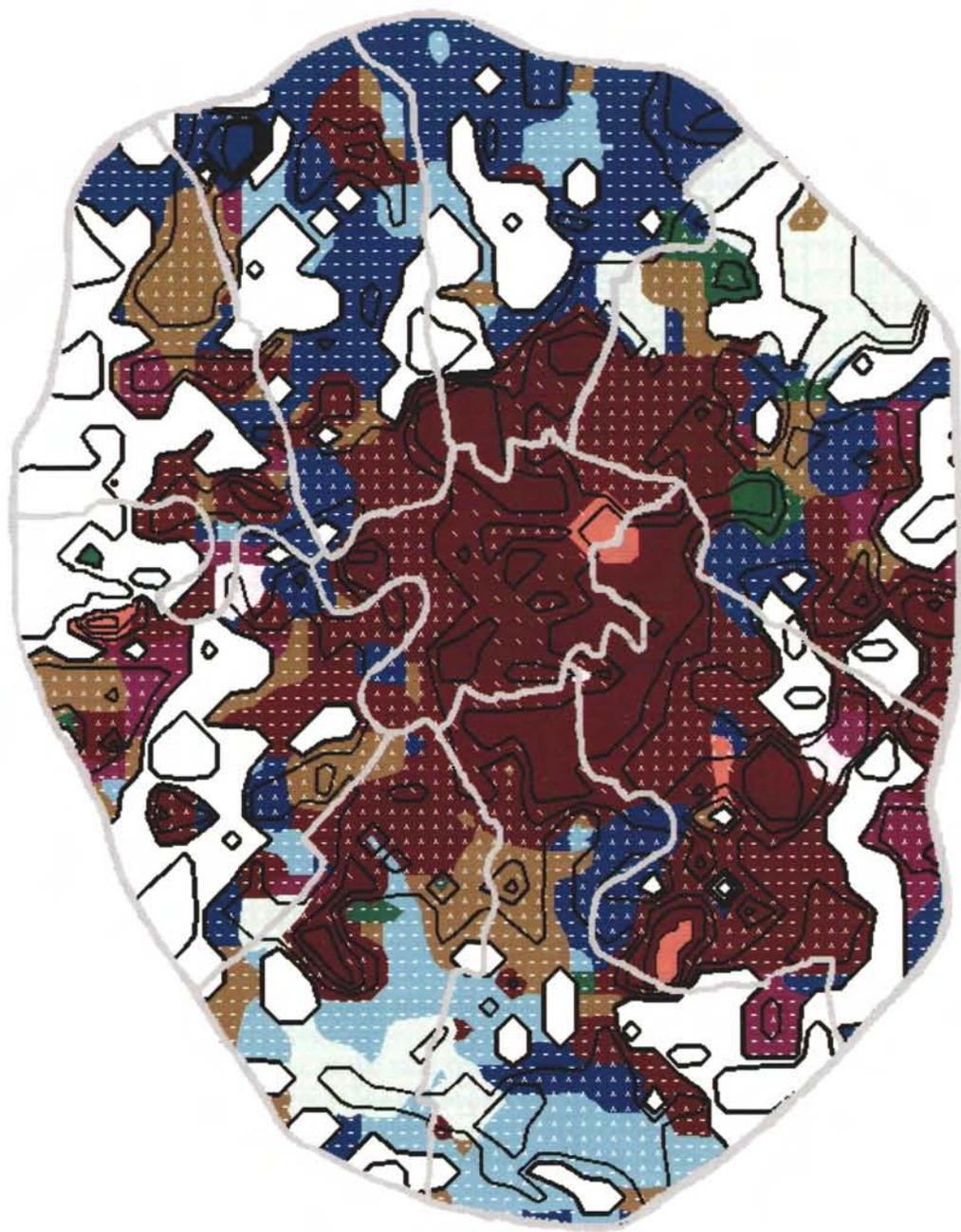


Рис 8 6 Карта техногенного загрязнения почв г. Москвы (условные обозначения в таблице 8 6)

Таблица 8 6

Условные обозначения к карте техногенного загрязнения почв г. Москвы

Тип техногенного загрязнения	Аномальные техногенные ассоциации	Интенсивность техногенного загрязнения (в значениях функции SCAN)	Ассоциации локальных техногенных аномалий
1	Ag-Pb-W-Zn-Mo-Sn-Ni	5.5-10 10-40 40-100 > 100	3.2Pb-2.5Ag-1.8Cu-1.6Zn-1.6Sn-1.5Cr 4.5Ag-4.0Pb-3.8W-3.6Zn-2.2Ni-2.0Sn-2.0V-2.0Mo 13.3Ag-8.9Zn-5.7W-5.0Pb-3.2Mo-3.0Sn-2.7Cr-2.2Cu 33.0Ag-32.0Pb-15.0W-12.0Zn-9.1Mo-6.7Sn-3.5Cu-3.5Cu
2	Mo-Zn-Sn-Ni	5.5-10 10-40	4.0Mo-3.3Sn-2.2Co-2.0Zn-2.0Pb-2.0Ni-2.0W 6.0Mo-3.0Zn-3.0Ni-2.0Sr-2.0Ba-1.7Cu-1.7Cr
3	Mn-V-Ni-Sc-Ti	5.5-10 10-40	2.8Mn-2.6Ti-2.2Cr-2.2V-2.0Ni-1.8Zn-1.8Co 3.5Mn-3.0V-2.8Ni-2.3Sc-2.0Ti
4	W-Mo-Pb-Ni-Ag-Sn	5.5-10 10-40 40-100 > 100	3.3W-2.6Mo-2.2Ag-2.0Sn-1.9Mn-1.7B 6.7W-4.3Mo-3.2Pb-3.0Ni-2.7Ag-2.0Mn-1.8Co 15.0W-10.8Mo-3.0Pb-2.0Ag 27.0W-10.0Ag-4.0Bi-3.5Zn-3.3Cu-3.2Cd-3.0Mo
5	Pb-Ti-Zr-Cd-Bi-Ni-Cr	5.5-10 10-40 40-100 > 100	3.4Pb-2.2Ti-2.0Zr-1.7Ni-1.6Cr 5.0Pb-2.5Zn-2.0Mo-2.0Ti-1.9Zr-1.8Ni-1.7Cr 16.6Pb-3.0Cr-2.5Ni-2.5Ag-2.5Zr-2.0Mn-2.0Bi 68.0Pb-17.0Cd-15.0Bi-2.2Sr-2.0Zr-1.7Ni-1.6Ti
6	Cd-Ag-Sn-Pb-Zn-W	10-40 40-100 > 100	4.5Cd-3.0Mo-2.5Ni-2.0Sn 12.5Ag-6.7Cd-5.0Pb-5.0Zn-5.0Sn-3.0Sc-2.0W 35.5Cd-35.0Ag-11.0Sn-6.7Pb-5.5W-4.0Cr-3.6Mo
7	Bi-Mo-Sr-Pb-Ni-Zr-Cr	40-100 > 100	8.0Bi-2.7Pb-2.0Mo-1.5Ni-1.5Zn 12.0Bi-5.2Pb-2.8Sr-2.5Zr-2.0Mo-2.0Ni-1.8Ti-1.8Cr
8	Be-Pb-Ag-W-Sc-Mo	5.5-10 10-40 40-100 > 100	4.0Be-2.5Mo-2.2Sc-2.0Ba-1.8V-1.7Mn 6.0Be-4.6Sc-1.8V-1.5Ni-1.5Zr-1.5Cd 10.0Be-10.0Pb-6.7W-5.0V-5.0Ni-4.0Mn-4.0Sc 41.0Be-12.0Pb-10.0Ag-4.5W-4.0Mo-3.7Zr
9	V-Ni-Ti-Cr-B-Co	5.5-10 10-40	2.7V-2.4Cr-2.0Ti-1.9Ni-1.7B-1.7Mn-1.6Co-1.6Mo 4.7V-3.5Ni-2.8Cr-2.2Co-2.0Cd-2.0B-2.0Ti-2.0W
	Переходные области	2.5-5.5	Переходные области
	Фоновые области	0-2.5	Фон
			Границы административных округов

столбце которой приведены типы техногенных ассоциаций, во втором столбце – аномальные техногенные ассоциации, а в третьем и четвертом столбцах – значения интенсивности загрязнения и соответствующие им локальные техногенные аномалии. Под интенсивностью в системе «ЭКОСКАН» понимается степень техногенного загрязнения, зависящая как от значения коэффициентов концентрации (КК) ведущих элементов, так и от их коррелированного поведения в пространстве. Интенсивность загрязнения выражается эвристической функцией SCAN, принимающей значения от 0 до бесконечности. В таблице числа, стоящие перед индексами элементов, означают осредненные по области развития конкретной аномалии коэффициенты концентраций соответствующих элементов.

На карте видно, что площадь распространения фоновых областей очень незначительна (они показаны бледно голубым цветом). Основная часть их сосредоточена на западе столицы и в виде локальных пятен присутствует на востоке и юго-востоке. Несколько большую область распространения имеют переходные зоны. Они занимают промежуточное положение между фоновыми и аномальными типами загрязнения и характеризуются широким спектром элементов с невысокими (2–2.5) значениями коэффициентов концентраций, а состав их, в основном, схож с составом аномалий, развитых на их фоне. На карте они выделены желтым цветом, суммарная площадь распространения – не превышает 15%.

Наиболее сильная техногенная нагрузка ложится на Центральные, Северные, Северо-Восточные, Восточный, Юго-Восточные и Южный округа. Техногенное загрязнение носит различный характер. В Центральном округе, а также за его пределами по всему периметру с выходом в другие округа в среднем до 2–3 км, а также на большей части Юго-Восточного округа распространена ассоциация металлополлютантов I типа, в которой в качестве ведущих элементов присутствуют серебро, свинец, вольфрам, цинк, молибден, а среди второстепенных отмечены никель, олово, хром и кадмий. Максимальные коэффициенты концентрации в этом типе загрязнения составляют для серебра – 167, свинца – 166, вольфрама – 53, молибдена – 105. Данная техногенная ассоциация имеет наибольшее распространение на городской территории (на карте она выделена темно-красным цветом) и является ведущим типом загрязнения для всего города.

Следующая за ней (по степени распространенности) ассоциация 5 типа (окрашена в темно-синий цвет) представлена свинцом, титаном, цирконием, никелем, хромом и висмутом с явным преимуществом свинца ($КК_{\max} = 200$). Здесь же отмечен и кадмий. Максимальное распространение ассоциации наблюдается в Северном и Северо-Восточном округах, а также в виде мозаичных пятен на остальной территории города, исключая Центральный округ.

Для Восточного округа, кроме вышеперечисленных типов, наиболее характерна слабоаномальная ассоциация 3 типа (окрашена в светло-зеленый цвет), частично накрывающая национальный парк Лосиный остров. В ее состав входят марганец, ванадий, никель, скандий, причем средние значения коэффициентов концентрации этих элементов не превышают 3.5. Аномалия такого же типа и интенсивности расположена на границе Южного и Юго-Западного округов и, кроме жилых кварталов и ряда производств, включает в себя Битцевский лесопарк.

В том же Восточном округе отмечена ассоциация 8 типа (темно-зеленый цвет) с такими ведущими токсичными элементами, как бериллий, свинец, серебро, скандий и вольфрам. Аномалии незначительны по площади, но характеризуются достаточно

высокой интенсивностью (максимальные коэффициенты концентрации бериллия доходят до 120). Такого же рода ассоциации встречаются на территории Южного и Юго-Западного округов. Хотя площадь распространения ассоциации 8 типа весьма незначительна и не превышает нескольких сотен квадратных метров, данная ассоциация металлов представляет несомненную угрозу для проживающего вблизи населения.

Для Южного и Юго-Западного округов наряду с 1 и 5 типом характерна слабоаномальная ассоциация 9 типа (светло-синий цвет на карте), среди ведущих элементов которой отмечены ванадий, никель, хром и титан. Небольшие по площади (1–2 кв.км) участки этого же типа встречаются в Северном и Северо-Восточном округах столицы.

В Северо-Западном, Западном, Юго-Западном, Южном, а также в Восточном округах присутствует вольфрамо-молибденовая ассоциация 4 типа (на карте представлена коричневым цветом), второстепенными элементами в ней являются свинец, серебро, никель. Аномалии данного типа занимают площади в несколько квадратных километров и, безусловно, связаны с определенным типом промышленного производства.

На территории Восточного, Юго-Восточного, Южного, а также Северо-Западного и Западного округов в виде локальных пятен картируются слабоинтенсивные аномалии 2 типа (выделены фиолетовым цветом) с преобладающим содержанием молибдена. (КК для молибдена равен 6). Их площадь распространения до 1,5–2 кв.км.

Крайне редко встречаются высокоинтенсивные ассоциации 6 типа (на карте представлены ярко-красным цветом) с такими ведущими элементами как кадмий, серебро, свинец, олово, вольфрам. Максимальные коэффициенты для кадмия, олова и серебра чрезвычайно высоки и составляют соответственно 104, 100 и 83. Из трех выявленных аномалий данного типа одна находится на территории Центрального округа и две расположены на территории Юго-Восточного округа, причем одна из них «накрывает» район новостроек – Марьино.

Наименьшим распространением пользуется ассоциация 7 висмутового типа, представленная двумя аномальными областями (на карте обозначена светло-сиреневым цветом). Одна из них расположена на границе Северо-Западного и Западного округов, другая находится в Юго-Восточном округе. Площадь развития аномалий крайне незначительна (менее 1 кв.км).

Вся территория города по уровням интенсивности может быть подразделена на области (в скобках даны значения функции SCAN)

1) фоновые (от 0 до 2.5); 2) переходные или неустойчивого загрязнения (от 2.5 до 5.5); 3) слабого загрязнения (от 5.5 до 10); 4) среднего загрязнения (от 10 до 40); 5) высокого загрязнения (от 40 до 100); 6) крайне высокого загрязнения (> 100)

Таким образом, высокий и крайне высокий уровни загрязнения (значения интенсивности функции SCAN >40) характерны для ~40 % городских почв. Наиболее «грязными» в этом отношении округами являются Юго-Восточный, Южный, Восточный и Центральный. Наиболее благоприятными – территория Западного административного округа, а также периферийные участки на севере, северо-востоке, северо-западе и, несколько меньше, на юге города. Области максимального загрязнения почв приурочены к промышленным зонам с наибольшей концентрацией разнопрофильных производств и крупных автотранспортных магистралей. В связи с этим особую тревогу вызывают столичные районы, характеризующиеся развитой промышленной инфраструктурой. Однако, плотность распределения промышленных предприятий – источников загрязнения – на территории города далеко неравномерна. Соответственно, и содержания микроэлементов в почвах отдельных территориальных единиц достаточно резко различаются.

О степени загрязнения почв красноречиво свидетельствует сравнение максимальных значений элементов наиболее чистой в экологическом отношении территории бывшего Кунцевского района и одной из наиболее неблагоприятных в этом отношении территорий Юго-Восточного административного округа. Детальные работы на этих площадях показали, что максимальные концентрации элементов в почвах Юго-Восточного округа превышают соответствующие значения для Кунцевского района: ртути – в тысячи раз, свинца, меди, вольфрама, сурьмы – в сотни раз; хрома, кобальта, серебра, цинка, кадмия, олова, молибдена и бериллия – в десятки раз. Мышьяк в почвах Кунцевского района вообще не был найден ни в одной из двух с половиной тысяч проб (т.е. содержания элемента меньше предела обнаружения элемента), в то время как в почвах Юго-Восточного округа обнаружены пробы с содержанием мышьяка в десятки, сотни и даже тысячи мг/кг. Для сравнения можно отметить, что соотношение «чистых» и «грязных» площадей, например, в Кунцевском районе прямо противоположно – «чистые» площади составляют не менее 80 % территории района. Естественно, это является прямым следствием крайне неравномерного распределения производств по городу.

К сожалению, ввиду мелкого масштаба съемки (масштаб 1 : 100 000 для такого мегаполиса, как Москва, нельзя признать удовлетворительным), а также крайней скупченности разнопрофильных производств, не представляется возможным проследить конкретные связи территорий, подверженных техногенному загрязнению определенного типа, с источниками загрязнения. Для установления причинно-следственных связей в цепи «источник загрязнения – экологическое состояние среды – человек», необходим более широкий спектр комплексных крупномасштабных исследований, который рассмотрен ниже в разделе 8.6.

8.4. Загрязнение поверхностных вод и донных осадков

8.4.1. Загрязнение поверхностных вод

Первые гидрохимические обследования р.Москвы и р.Яузы были проведены в 1881 и 1882 гг. А.А.Яковлевым. В отчетах отмечалось загрязнение воды фабричными сточными водами и клоачными жидкостями. В нижнем течении р.Москвы в черте города было зафиксировано существенно более высокое по сравнению с содержанием выше города аммонийного азота, поступающего в реку преимущественно с хозяйственно-бытовыми стоками¹

В настоящее время контроль за качеством воды в р.Москве в черте города осуществляется различными ведомствами, часто в своих интересах и по собственным программам. Скоординированная система мониторинга качества вод р.Москвы на сегодняшний день практически отсутствует, гидрохимические исследования проводятся на разных створах, нет единого перечня контролируемых компонентов, состав наблюдений и периодичность опробования не согласованы, что приводит к получению разнородных, в большинстве случаев плохо сопоставимых данных по уровню загрязнения вод. Существующая система наблюдений за загрязнением поверхностных вод в г.Москве более подробно рассмотрена в гл.9

¹ Лихачева Э.А., Смирнова Е.Б. Экологические проблемы Москвы за 150 лет. Вологда «Полиграфист», 1994. 248 с.

Одно из наиболее полных обследований состояния р Москвы было проведено Экологическим фондом развития городской среды по заказу и при участии Государственной инспекции по маломерным судам г Москвы (ГИМС) в 1992–1993 гг. Исследования включали выявление максимально возможного комплекса элементов загрязнителей и уровня загрязненности р Москвы и впадающих в нее водотоков и водовыпусков, изучение характера и уровня загрязнения донных отложений, радиоактивного загрязнения и санитарно-бактериологического состояния вод и донных отложений, влияния загрязнения вод на ихтиофауну. В пробах воды определялся широкий комплекс показателей: температура, органолептические показатели, взвешенные вещества, рН, ХПК (бихроматная окисляемость), БПК (биохимическое потребление кислорода), растворенный кислород, макрокомпоненты, аммонийный азот, нитриты, нитраты, полифосфаты, СПАВ, нефтепродукты, фтор, свинец, цинк, никель, медь, серебро, барий, мышьяк, ртуть, бериллий, висмут, кадмий, хром, вольфрам, алюминий, кобальт, пестициды, радиологические и санитарно-бактериологические показатели, содержание элементов в растворенной и взвешенной форме. Было проведено три цикла гидрохимических опробований: осенью 1992 г, весной и осенью 1993 г.

Для оценки загрязнения поверхностных вод для каждого элемента рассчитывался коэффициент К, представляющий отношение фактической концентрации компонента к предельно допустимой концентрации (ПДК) вещества в воде водоема (в случае отсутствия норматива использовалось ПДК в воде по санитарно-токсикологическому признаку вредности). Для определения суммарной загрязненности рассчитывался показатель суммарного загрязнения ПЗ (сумма коэффициентов $K > 0.5$).

Как показали проведенные исследования, воды р Москвы характеризуются относительно стабильным гидрокарбонатным кальциевым составом и минерализацией, изменяющейся в пределах от 0,159 до 0,307 г/л. По санитарно-гигиеническим показателям минерализация и содержание макрокомпонентов находятся в пределах нормы. Диапазон изменения величин показателей и концентрации основных определяемых компонентов приводится в таблице 8.7.

Была установлена значительная пространственная и временная изменчивость содержания различных компонентов вод р Москвы в черте города. Выявлен широкий комплекс загрязнителей, содержание которых не соответствовало установленным нормативам на большинстве обследованных участков: железо, марганец, нитриты, полифосфаты, нефтепродукты, цинк, никель, ртуть, кадмий, бериллий, СПАВ. В ряде случаев наблюдалось превышение ПДК для пестицидов, несоответствие санитарным нормам по БПК. В целом, наиболее значительные превышения ПДК установлены для нефтепродуктов (до 48 ПДК), кадмия (до 30 ПДК), бериллия (до 28 ПДК), марганца (до 18 ПДК), железа (до 7,1 ПДК), аммонийного азота (до 4,2 ПДК), никеля (до 5 ПДК). Соответственно по рыбохозяйственным нормативам превышения ПДК существенно выше и перечень элементов, не соответствующих установленным нормативам, расширяется за счет включения аммонийного азота, фтора, кобальта, меди, хрома.

Соответствие санитарным нормам в течение всего периода наблюдений отмечено для нитратов, серебра, мышьяка, алюминия, кобальта, фтора, свинца, хрома, однако, относительно загрязнения речных вод фтором, свинцом, хромом существует потенциальная опасность повышения уровня загрязненности.

Диапазон изменения химического состава вод р.Москвы

Показатель, единицы измерения	Диапазон изменения величины показателя в 1992/1993 гг
запах, баллы	1/1-4
цветность, град	12°-27°/15°->30°,
взвешенные вещества, мг/л	2,2-79,0/12,6-1109,0
pH	7,6-8,2/4,95-8,1,
БПК ₅ , мг O ₂ /л	0,64-9,08/1,34-27
ХПК, мг O ₂ /л,	20-56/18-99,8
железо, мг/л	0,2-1,57/0,09-2,12
марганец, мг/л	0 09-1,8/0,001-1,3
азот аммонийный, мг/л	0,01-3,66/0,64-8,4
нитраты, мг/л	0,026-2,7/0,75-14,3
нитриты, мг/л	0,17-3,2/0,018-9,1
полифосфаты, мг/л	0,01-1,75/0,1-5,5
нефтепродукты, мг/л	0,07-2,7/0,6-14,4
фтор, мг/л	0,003-1,0/0,03-0,86
свинец, мг/л	н о -0,02/0,0001-0,024
цинк, мг/л	н о -1,12/н о -0,09
никель, мг/л	н о -0,15/н о -0,5
серебро, мг/л	0,001-0,002/н о -0 0115
мышьяк, мг/л	н о -0,007/н о -0,016
ртуть, мг/л	н о /н о -0,001
алюминий, мг/л	н о -0,06/н о -0,31
кобальт, мг/л	н о -0,03/н о -0,007
висмут, мг/л	н о -0,07/0 09
кадмий, мг/л	н о -0,03/н о -0,01
медь, мг/л	0,005-0,04/н о -0,25
бериллий, мг/л	н о -0,0004/н о -0,00057
хром, мг/л	н о /0,49/н о -0,0004
вольфрам, мг/л	н о -0,03/н о -0 044
СПАВ, мг/л	0,001-0,6/0,006-0 9
тептахлор, мг/л	0 007/0 012
карбофос, мг/л	0 007/2 7
метафос, мг/л	0,06-0 93
фазалон, мг/л	0,001-0 42
фталофос, мг/л	0 04-0 76

Динамика изменения состава и уровней содержания загрязняющих веществ в р.Москве за три цикла опробования показала в целом возросший уровень суммарного загрязнения как в верхнем створе (п.Рублево) от 4 6 до 28,0, так и в нижнем створе (Капотня) от 14,5 до 28,0. В период наблюдения отмечен рост уровня загрязненности речных вод железом, аммонийным азотом, полифосфатами, нефтепродуктами, ртутью, бериллием, вольфрамом. Наметилась тенденция постепенного увеличения концентраций аммонийного азота, полифосфатов, нефтепродуктов, тогда как уровни загрязненности уменьшились для марганца, нитритов, цинка, никеля, кадмия, висмута.

Результаты изучения основных притоков р.Москвы и сточных вод, поступающих в реку показали, что наиболее высокие величины К характерны в основном только для двух загрязнителей – бериллия (К до 100) и кадмия (К до 120). Величины К от 10 до 50 отмечены для таких загрязнителей, как марганец, нефтепродукты, бериллий, кадмий. Более широкая ассоциация загрязнителей характерна для более низкого уровня загрязненности (К от 1 до 10): железо, СПАВ, свинец, кадмий, марганец, нефтепродукты, аммонийный азот, ртуть, барий, бериллий, хром, алюминий, серебро, нитраты. Величины токсикологического показателя чрезвычайно высоки и на отдельных участках ТП > 100.

Воды малых рек характеризуются значительной величиной ПЗ и следующими ассоциациями элементов загрязнителей: р.Таракановка – марганец, нефтепродукты, ртуть, свинец, железо (ПЗ=28,7), р.Филька – бериллий, кадмий, железо, нефтепродукты, ртуть (ПЗ=48,5), р.Синичка – кадмий, свинец, аммонийный азот (ПЗ=14,3), р.Неглинка – нефтепродукты, бериллий, марганец, алюминий (ПЗ=39), р.Яуза – бериллий, кадмий, нефтепродукты, железо, свинец, аммонийный азот (ПЗ=69,5), р.Нишенка – кадмий, марганец, железо, аммонийный азот, никель (ПЗ=21,5), р.Городня – кадмий, аммонийный азот, марганец, железо, алюминий (ПЗ=18,4), р.Чура – хром, медь, бериллий, кадмий, марганец, железо (ПЗ=40), р.Сетунь – кадмий, марганец, нефтепродукты, висмут, вольфрам, аммонийный азот, (ПЗ=14,5), р.Чермянка – железо, марганец, нитраты, никель (ПЗ=60). Наиболее высокий уровень загрязнения отмечен в р.Яузе. Спектр загрязняющих компонентов в речных водах в целом такой же, как и в сточных водах. Как показывают данные наблюдения за качеством вод притоков р.Москвы, проводимое аналитической инспекцией Москомприроды в 1993–1995 гг. экологическое состояние большинства водотоков по-прежнему достаточно тяжелое.

Изучение миграции ряда элементов (железа, марганца, свинца, цинка, никеля, меди, ртути, висмута, кадмия, хрома, алюминия) в растворенной и взвешенной формах проводилось весной и осенью 1993г. В период опробования весной 1993 г. были выделены три группы элементов: 1) элементы, основной формой миграции которых на всех обследованных участках является взвешенная форма (железо – 79–99%, марганец – 75–86%, никель – 70–99%, медь – 80–99%, кадмий – 56–100%, хром – 99–100%; 2) элементы, в большинстве случаев мигрирующие в растворенной форме (бериллий); 3) элементы, форма миграции которых различается на разных участках (свинец, цинк, алюминий, висмут).

При опробовании осенью 1993 г. все изучаемые химические элементы (формы нахождения бериллия не изучались) мигрировали в основном во взвешенной форме, а для кадмия она являлась единственной формой нахождения, так как в растворенном состоянии присутствие элемента не было обнаружено. Пределы изменения относительного содержания элементов во взвешенной форме составляли: для железа – 91–99,6%, для свинца – 87–100%, для цинка – 83–100%, для никеля – 75–100%, для висмута – 74–99,9%, для хрома, алюминия, марганца – 95–100%. В целом, относительное содержание всех элементов во взвешенной форме выше по сравнению с весенним опробованием.

Изучение растворенных и взвешенных форм элементов показало, что по сравнению с фоновыми условиями техногенное воздействие привело к резкой трансформации природного соотношения форм. Если в верхнем течении р.Москвы это соотношение примерно повторяет фоновое, то по мере удаления от п.Рублево наблюдается резкое преобладание взвешенных форм практически для всех химических элементов, кроме бериллия, для которого отмечено нахождение преимущественно в растворенной форме.

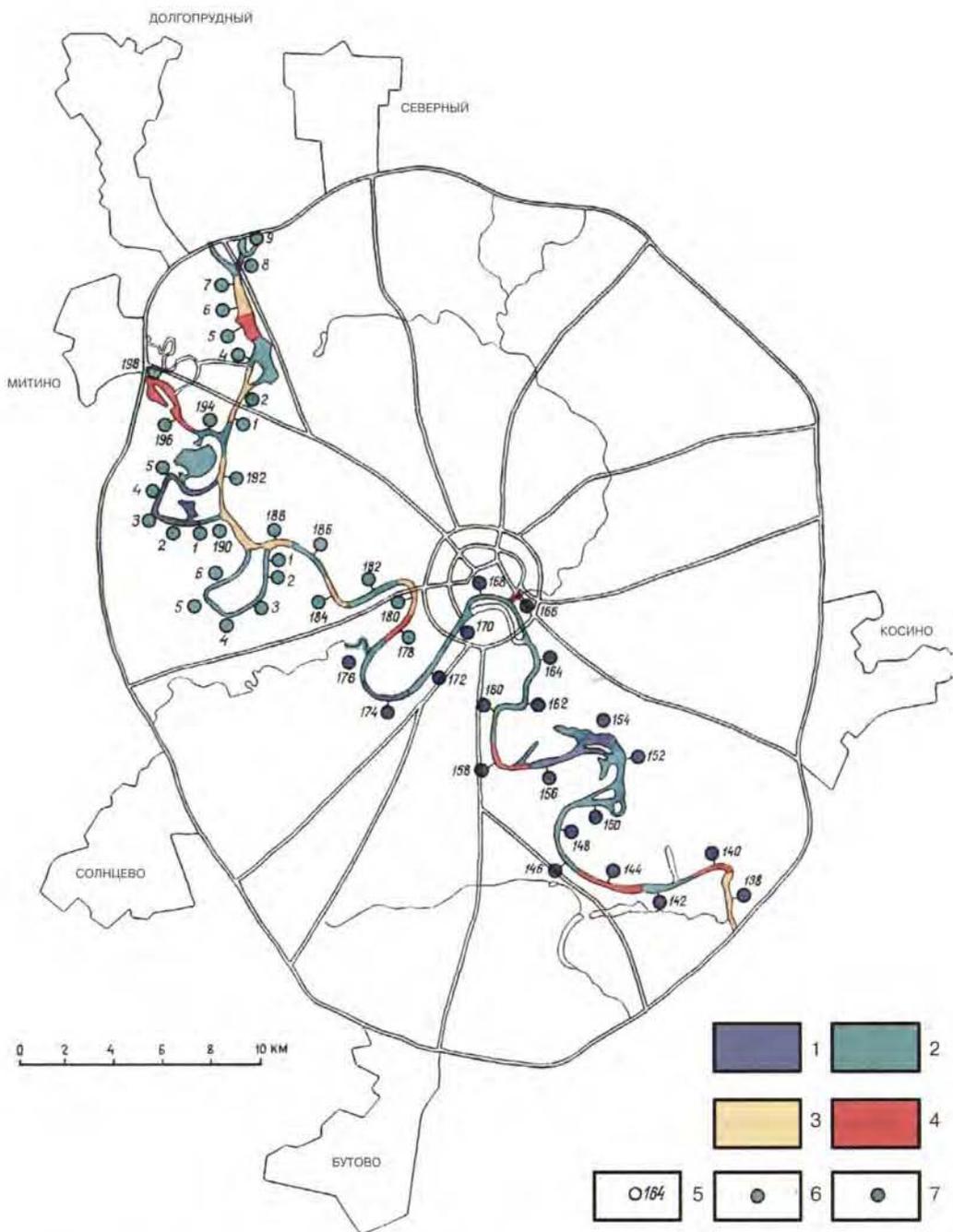


Рис 8 7 Зонирование р Москвы по уровню загрязненности и ассоциациям ведущих загрязнителей. Участки распространения вод с ПЗ 1 – <10, 2 – 10–20 3 – 20–30 4 – >30, 5 – расстояние от устья в км; ведущие ассоциации загрязнителей 6 – Вв, НП, СПАВ, Fe (НП – нефтепродукты), 7 – НП, Fe, СПАВ, NH₃

Выяснение соотношения форм миграции элементов, пространственных и временных закономерностей их изменения имеет очень большое значение, так как нахождение значительного количества элементов во взвешенной форме представляет определенную опасность в случае подвижности форм закрепления элемента на взвешенном веществе. Химические элементы, связанные со взвесью, при определенных условиях могут переходить из взвешенного состояния в растворенное, увеличивая токсичность вод.

Исследования характера и уровня загрязненности вод р Москвы и ее основных притоков позволило установить в водах р Москвы ряд зон, различающихся по величине показателя суммарного загрязнения и характеру распределения основных загрязняющих веществ. Характер распределения вод р Москвы с различной величиной ПЗ и различными основными ассоциациями загрязнителей в период осеннего опробования 1993 г. показан на рис. 8.7. Формирование зон обусловлено, главным образом, составом поступающих в р Москву сточных вод и вод притоков, процессами трансформации загрязняющих веществ (в основном концентрированием загрязнителей в донных отложениях), а также влиянием сезонных факторов, причем местоположение зон быстро изменяется во времени. Наиболее высокий уровень загрязнения ($ПЗ > 30$) характерен для следующих участков: при входе в город в районе северной части Строгино, в центральной части Химкинского водохранилища, в районах Бережковской и Нагатинской набережных, в северных частях Сабурово и Братеево.

8.4.2. Загрязнение донных осадков

Одним из показателей загрязнения водных систем являются донные отложения. Изучение химического состава которых позволяет оценить степень техногенной нагрузки на водоток и выделить техногенные потоки рассеяния. В водных системах, расположенных в зоне влияния городских агломераций, формируется особый тип современных русловых отложений – техногенные илы. Поставка твердого материала для них осуществляется как с поверхностным стоком с промплощадок и урбанизированных территорий, так и со сточными водами, значительно превышая природные уровни поступления. Наиболее детальное изучение донных отложений позволяет осуществить использование метода поперечного створового опробования русла реки в сочетании со стандартным маршрутным опробованием.

В результате рекогносцировочного опробования русла р Москвы в черте города, а также устьевых частей, зон притоков и водовыпусков, проведенного ГИМС Москвы и Экологическим фондом развития городской среды «Экогород», установлены качественный состав донных отложений и их распределение по руслу.

Для оценки уровня аномальности содержаний загрязнителей использовался коэффициент концентрации K_c , который рассчитывается как отношение содержания элемента в донных отложениях к среднему фоновому его содержанию. Поскольку аномалии обычно имеют полиэлементный состав, для них рассчитывается суммарный показатель загрязнения СПЗ: $СПЗ = \sum K_c - (n-1)$ при $K_c > 1$, где n – число учитываемых аномальных элементов. Ниже приводится характеристика загрязнения верхнего, как правило, наиболее загрязненного слоя донных отложений.

Участок р Москвы на входе в город (206,8 км от ее устья) характеризуется слабым загрязнением донных отложений, в состав ассоциации на правом берегу входят цинк ($K_c = 12,5$) и ванадий ($K_c = 4$), в фарватере и на левом берегу – висмут ($K_c = 4$). Но уже на участке 205,0 км ассоциация элементов загрязнителей расширяется за счет гал-

тия, свинца, хрома, кобальта, K_c которых составляет 4,4–5,8, содержание ванадия увеличивается ($K_c = 10$) На левом берегу – в состав ассоциации загрязнителей входят серебро, цинк, ванадий, марганец, иттрий, висмут, хром с K_c от 3,6 до 8. В черте города в донных отложениях зафиксированы участки, характеризующиеся как существенно разным уровнем суммарного загрязнения так и различными ассоциациями элементов загрязнителей. В целом, наиболее высокий уровень накопления характерен для серебра ($K_c > 100$) менее значительный для свинца, кадмия, цинка, меди, хрома, олова (K_c от 30 до 100) ванадия, стронция, висмута, марганца, титана, никеля, вольфрама, галлия, молибдена, мышьяка, ртути (K_c до 10). Техногенные илы содержат бенз(а)пирен в концентрациях, превышающих 22 ПДК, значительно (более чем в 20 раз) превышены ПДК по нефтепродуктам.

В качестве примера состава ассоциации элементов загрязнителей и уровней накопления элементов относительно фона на одном из наиболее загрязненных участков р. Москвы можно привести состав ассоциации створа 148,65 км: серебро ($K_c=1200$), цинк ($K_c=50$), медь ($K_c=48,8$), кадмий ($K_c=33,3$), олово ($K_c=21,1$), свинец ($K_c=17,9$), хром ($K_c=13,6$), вольфрам ($K_c=5,6$), ванадий, висмут ($K_c=4$), никель ($K_c=4,7$), галлий ($K_c=3,9$), молибден ($K_c=3$), величина СПЗ составляет 1415,0. На выходе из города на участке 145,75 км СПЗ на правом берегу составляет 35,9, в состав ассоциации загрязнителей входят серебро ($K_c=8$), цинк ($K_c=5$).

Зонирование донных отложений р. Москвы по величине суммарного показателя загрязнения в черте города представлено на рис. 8.8. Донные отложения характеризуются неравномерностью загрязнения на всем протяжении от верхнего участка до нижнего, причем наиболее загрязненные участки характерны для центральной части города. Смена уровней загрязнения определяется во многих случаях литологическим составом донных отложений, количеством источников загрязнения и морфологией русла р. Москвы. При общей неравномерности загрязнения донных отложений четко выделяется тенденция увеличения их загрязнения вниз по течению р. Москвы, начиная от 180 до 147 км. В пределах выделенного участка наблюдаются отдельные аномалии экстремально высокого уровня загрязнения ($СПЗ > 500$) и сплошные участки очень высокого уровня загрязнения донных отложений. Параметры и морфология зон влияния источников загрязнения наиболее полно отражаются в донных отложениях (особенно в техногенных илах), в которых формируются полиэлементные аномалии, в состав которых входят как органические, так и неорганические соединения. Специфические особенности рассеивания донных отложений связаны с русловой дифференциацией осадков, что влияет как на количественную (величина СПЗ и значения коэффициентов концентрации), так и на качественную (состав ассоциации ведущих загрязнителей) неоднородностью распределения донных отложений р. Москвы.

Изучение санитарно-бактериологического загрязнения вод и донных отложений было проведено осенью 1992 г. Степень санитарно-бактериологического загрязнения на разных участках в различных пробах изменяется в широких пределах. Так, показатель общего микробного числа в 1 см³ воды варьирует от 50 до 1200, коли-индекс – от 2300 до $>240\,000$ (при норме не более 5000). Весной же 1993 г. все санитарно-бактериологические показатели превышали допустимые и фоновые величины. Интенсивная степень загрязнения воды характеризовалась свежим фекальным загрязнением, что подтверждается таким показателем как коли-фаг, который составил > 500 . В 73% случаев было зарегистрировано наличие яиц гельминтов, что является показателем за-

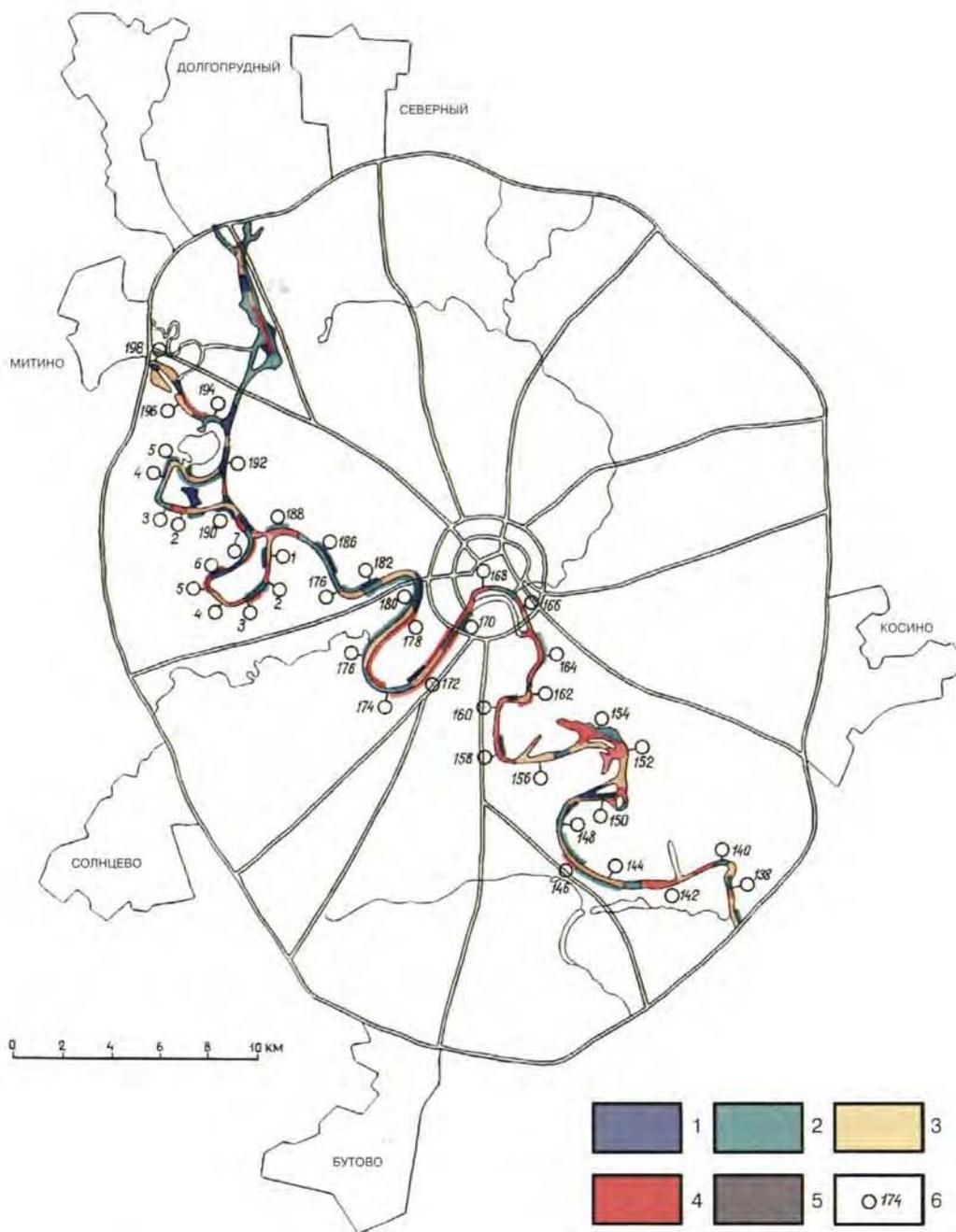


Рис 8 В Зонирование р Москвы по уровню загрязненности донных отложений. Участки с различными показателями суммарного показателя загрязненности СПЗ 1 – < 10 (низкий уровень загрязненности), 2 – от 10–30 (средний уровень загрязненности), 3 – от 30–100 (высокий уровень загрязненности), 4 – > 100 (очень высокий уровень загрязненности), 5 – экстремально высокий уровень загрязненности, 6 – расстояние от устья в км

грязнения вод хозяйственно-фекальными сточными водами и основным показателем степени паразитарной опасности для человека.

При изучении радиологических показателей воды и донных отложений р.Москвы установлено, что содержание и состав естественных радионуклидов К-40, Ra-226) соответствует фоновым показателям. Содержание радионуклидов, попадающих в водоем с промышленными стоками, соответствует ПДК. В целом состояние радиационного фона р.Москвы в черте города характеризовалось как удовлетворительное, естественный радиационный фон не был превышен.

Загрязнение поверхностных вод может оказывать существенное негативное влияние на ихтиофауну. Река Москва до сих пор относится к водоемам рыбохозяйственного использования, хотя вода ее в черте города не отвечает нормативным требованиям. Городская ихтиофауна все еще разнообразна и насчитывает около 40 видов, наиболее многочисленными из которых являются плотва, лещ, окунь и пескарь. Рыбы, живущие в загрязненной воде р.Москвы и питающиеся организмами, обитающими в высокотоксичных иловых отложениях, накапливают в теле многие из тех веществ, которыми насыщена река в черте города. Наибольшей восприимчивостью рыбы отличаются к нефтепродуктам и пестицидам, наименьшей – к тяжелым металлам. В теле и внутренних органах рыб Москворечья содержание ДДТ превышает норму в 1,5 раз, а свинца в три раза, также обнаружен тиофос. Относительно благоприятная обстановка складывается только с радионуклидами, концентрация которых постепенно нормализуется. Изменения в накоплении токсинов за последние 20 лет соответствуют развитию промышленного производства и экономической обстановке в стране. С 1970 г. до конца 80-х годов отмечен рост загрязнения рыбы практически по всем показателям. Так, если в 1970–1980 гг. содержание нефтепродуктов в теле рыб верхнего участка р.Москвы не превышало нормы, то в начале 80-х оно было уже в 1,2 раза выше нормы, в конце 80-х – в 1,4 раза выше нормы, а в 1992г. – в 22 раза. По тяжелым металлам наблюдался резкий рост накопления от нормальных в 70-х годах до значений, превышающих норму по ртути в 3,5 раза, по мышьяку в 2,7 раза, свинцу в 3,6 раза к началу 90-х годов. В настоящее время намечается некоторое уменьшение роста этих накоплений, что по всей видимости связано со спадом производства и остановкой ряда предприятий, а также с вводом оборотных систем и очистных сооружений на крупных производствах. То же самое происходит и с пестицидами, максимальный пик их накопления приходился на конец 80-х – начало 90-х годов. Исследованиями установлено, что в самых грязных местах реки: устье р.Яузы, гидроузел Перерва, устье рек Нишенка, Курьяновские сливы и др., имеются крупные стада рыб, таких, как плотва, лещ, карась, окунь и пескарь, которые приспособились к жизни в условиях повышенного загрязнения воды и донных отложений. Эти популяции могут приспособиться к еще большему загрязнению и, следовательно, станут еще более опасными для здоровья и жизни человека.

В настоящее время экологическое состояние р.Москвы в черте города представляется достаточно критическим. Учитывая значительную изменчивость уровня и характера загрязненности вод на различных участках, очевидно, что для объективной оценки существующей ситуации, определения действительного уровня загрязненности вод, выявления основных тенденций изменения качества вод, установления фактических источников поступления загрязняющих веществ в водные среды, необходима разработка согласованной со всеми заинтересованными организациями программы исследований. И в первую очередь, следует обосновать и регламентировать распо-

ложение створов, состав проводимых исследований, перечень наблюдаемых компонентов, периодичность опробования. Проведение подобных исследований даст возможность проводить обоснованный выбор мероприятий по предотвращению, уменьшению или ликвидации техногенного влияния на загрязнение водных систем, а также провести наблюдения, анализ и оценку эффективности предпринимаемых мер.

8.5. Загрязнение подземных вод

Источниками загрязнения подземных вод в условиях города служит весь спектр объектов промышленного и хозяйственно-бытового назначения, а также инженерные, транспортные и технологические коммуникации, связывающие эти объекты.¹

Обширная литература по изучению этой проблемы показывает, что список компонентов, способных идентифицировать наличие загрязнения или процессов его формирования, достигает в настоящее время несколько тысяч.

«Неспецифичность» компонента очень важна, так как очень часто повышенная концентрация того или иного иона, даже с многократным повышением ПДК не может рассматриваться как факт наличия загрязнения. Подобная ситуация характерна для таких химических показателей как фтор, железо, общая жесткость, окисляемость.

8.5.1. Загрязнение грунтовых вод

Обводненные породы верхней толщи в естественном состоянии содержат пресные подземные воды, преимущественно гидрокарбонатно-кальциевого состава, с минерализацией 300–500 мг/см³. В настоящее время в городе наблюдается существенная изменчивость состава воды по площади особенно в первых от поверхности водоносных горизонтах, где он зависит от характера использования территории.

Как уже говорилось выше (см. раздел 3.2) грунтовые воды на территории г. Москвы имеют гидрокарбонатно-хлоридный и гидрокарбонатно-сульфатный состав. Селитебные районы и промзоны характеризуются последовательным повышением доли распространения вод хлоридных и сульфатных по сравнению с районами лесопарков.

В пределах промзон и селитебных районов распространены воды гидрокарбонатно-хлоридного состава, местами отмечены проявления довольно значительных количеств нитрит-, нитрат- и аммоний-ионов, которые могут определить самостоятельный тип вод. Так, в Сокольниках и Братцево обнаружены нитратно-хлоридные воды, в районе Ленинградского вокзала (Грохольский переулок) – нитратно-гидрокарбонатные, в Строгино – гидрокарбонатно-нитратные, в Орехово-Борисово – хлоридно-нитратные. На территориях лесопарков встречаются локальные проявления гидрокарбонатно-хлоридных и гидрокарбонатно-сульфатных вод наряду с нитратными их типами, что связано со стихийными свалками. На этом общем фоне наблюдаются аномалии, которые связаны с локальными источниками загрязнения.

Уровень минерализации грунтовых вод тем выше, чем длительнее период существования освоенных участков территории, а встречаемость экстремальных величин минерализации в расчете на 1 кв. км. площади прямо пропорциональна плотности застройки и связанной с нею плотности подземных коммуникаций. Наибольшими, на-

¹ Просенков В. И. Изменение температуры и минерализации подземных вод на территории Москвы // Разведка и охрана недр. 1974. № 12. С. 36–41.

пример, величинами минерализации грунтовых вод характеризуются промрайоны, заложенные еще в начале века и интенсивно развивавшиеся в 30–50-х годах. Рассмотрим в этом аспекте старые промрайоны, расположенные в зоне распространения гидрокарбонатно-сульфатных вод на востоке территории города (левобережье Язы), а также вдоль линии Химки-Ховрино-Курский вокзал, где плотность застройки очень часто составляет 30–60 % и более. Здесь встречаемость грунтовых вод с условной минерализацией более 1 г/л составляет в подавляющем большинстве случаев от 30 до 45 %, а в отдельных случаях – до 55–63 % (район наб Туополева, Авиамоторной ул., метро Электrozаводская). При этом процент встречаемости вод с минерализацией более 2 г/л на единицу площади составляет 10–15 %, а в отдельных случаях – 20–30 %. Экстремальные значения минерализации – до 10 г/л, а преимущественно – 3–5 г/л, как правило, воды сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые.

В пределах селитебных районов гидрокарбонатно-сульфатные воды, в целом менее минерализованы. Например, в районе ул Мневники – Карамышевская набережная доля встречаемости вод с минерализацией 0,3–1 г/л достигает 70–85%, причем воды с минерализацией более 2 г/л, как правило, не встречаются вовсе, а с минерализацией 1–2 г/л обнаруживаются в пределах 10 %.

В относительно новых промышленных районах (север и юг территории города) гидрокарбонатно-сульфатные воды характеризуются теми же диапазонами минерализации, что и старые. Однако доля встречаемости вод с повышенной минерализацией здесь меньше. Кроме того, отличие состоит еще и в том, что участки распространения последних, как правило, локализуются вблизи предприятий, в то время как в старых промышленных районах контуры таких участков имеют тенденцию к более широкому распространению по потоку грунтовых вод. Помимо этого, следует указать на то, что в пределах старых промрайонов и примыкающих к ним селитебных, воды более кислые с минимальными рН до 2,5, часто менее 6,5. Например, для района пересечения шоссе Энтузиастов и Кольцевой железной дороги встречаемость вод с рН менее 6,5 составляет 44%.

В новых же промышленных районах наряду с кислыми водами встречены воды, обладающие щелочной реакцией. Характерным примером в данном случае является район Хорошевского шоссе, а также район правобережья Сетунь вблизи Вереysкой улицы и район Матвееvского. Здесь встречаемость вод с величинами рН 7,5 достигает 48%, а воды с рН от 8 до 11 встречены в 9–17% случаев.

Минерализация грунтовых вод для некоторых селитебных районов довольно близка к уровню, наблюдаемому в промышленных районах, особенно в восточных районах города. В частности, в районе Новогиреево-Вешняки встречаемость вод с минерализацией более 1 г/л может составлять 30%, с минерализацией 0,3–1 г/л – 56%, а с минерализацией до 0,3 г/л – 14%. Воды с минерализацией более 2 г/л бывают как хлоридно-сульфатного, так и гидрокарбонатно-хлоридного типа.

Селитебные районы, расположенные в южной и западной частях города, в целом отличаются меньшей минерализацией грунтовых вод в том случае, если были освоены после 60-х годов.

В ходе проводимых гидрохимических исследований в границах города к 1990 г было обнаружено более 50 крупных и мелких аномалии химического состава (табл. 8.8.) Общая их площадь превысила 600 кв км. Самые крупные и контрастные из них – Краснопресненская, Бутырско-Бауманская, Перово-Волхонская, Измайловская и Медведково-Бабушкинская.

Таблица 8 8

**Перечень аномальных проявлений некоторых ингредиентов,
обнаруженных в ходе точечного опробования грунтовых вод 1975–1995 гг.**

Компонент	Концентрация мг/см ³	Место- нахождение	ПДК мг/см ³	Фон мг/см ³
Водород-ион (рН)	2–11	4-й Вятский проезд	6–9	5 5–8 5
Хлорид-ион	457	Сущевский вал	350	3–5
Фторид-ион	0 85	Лаврушинский пер	0 7–1 5	0 2–0 3
Сульфат-ион	750	Бутырская ул	500	2–10
Нитрат-ион	1745	Горохольский пер	45	5–10
Двуокись углерода	860	Погонный пр	–	0 5–2 5
Окисляемость перманганатная	120	Южнопортовая ул	5	0 5–7 5
Жесткость общая (мгэкв)	35	Рижский пр	7	2 5–9
Железо общее	24	Электродный пр	0 3	0 2–10
Марганец	3 82	Рязанский пр	0 1	0 001–0 05
Медь	2 21	Осташковская ул	1 0	0 01–0 1
Свинец	0 33	Южный порт	0 03	менее 0 003
Цинк	0 41	Нагорный пр	5	0 01–0 1
Сухой остаток	5000	Рижский пр	1000	300–500
Нефтепродукты	45	Капотненский пр	0 2	менее 0 02

Грунтовые воды территории г Москвы, помимо различия в минерализации содержания основных компонентов химического состава, отличаются и некоторыми ассоциациями ингредиентов, довольно тесно увязывающихся с типом хозяйственного освоения городской территории. Эти ассоциации можно определить как специфические типы загрязнения грунтовых вод, связанные с технологией различных производств.

Неорганический тип загрязнения формируется под влиянием предприятия металлообрабатывающей, металлургической, машиностроительной, полиграфической промышленности. Сюда же условно отнесены виды загрязнения, формирующиеся под влиянием строительной и химической промышленности, а также связанные с влиянием транспортных коммуникаций и станций техобслуживания автомобилей. Набор ингредиентов в пределах выделенных на карте типов загрязнения грунтовых вод одноименных подзон представлен в основном простыми и комплексными ионами металлов. Наиболее значительные количества металлов обнаружены в старых промышленных зонах, где получили значительное распространение воды с кислой реакцией. Обращают на себя внимание большие концентрации железа-III, достигающие до 300 мг/л, свидетельствующие об окислении стальных конструкций в присутствии больших количеств кислорода, а также микроорганизмов. Наибольшие концентрации свинца, как правило, наблюдаются вблизи транспортных коммуникаций с интенсивным движением, при этом отмечают повышенное содержание в грунтовых водах и хлора.

Органический тип загрязнения может формироваться под влиянием различных производств. Одна из разновидностей этого типа загрязнения связана с предприятиями пищевой и мясомолочной промышленности. Особенность этого загрязнения заключается в возможности обнаружения органических веществ, в структуре которых содержатся преимущественно циклические и гетероциклические углеводороды.

Другая разновидность органического типа загрязнения формируется под влиянием предприятий нефтехимической, лакокрасочной, резино-каучуковой промышленности, АЗС, химчисток, банно-прачечных комбинатов. Характерными загрязняющими веществами здесь являются аминосоединения, нитросоединения, сульфиды, сульфо- и сульфатосоединения, циано-соединения, галогено-соединения, арсины, фосфины, СПАВ и пр. Все эти органогенные соединения имеют одну особенность: в их структуре наиболее часто можно встретить ароматические углеводороды.

Третья разновидность органического типа загрязнения образуется на территориях кладбищ. Характерной чертой этого загрязнения является наличие органогенных радикалов, продуктов аэробного разрушения органических веществ. Наиболее часто здесь можно встретить нитраты, гидрокарбонаты (в чрезвычайно высоких концентрациях), фосфаты, свободную углекислоту и т.д.

Смешанный (селитренный) тип загрязнения формируется под влиянием жилых массивов, где можно встретить все рассмотренные ранее типы загрязнения, но в значительно меньших концентрациях.

Общегородской тип загрязнения связан с влиянием свалок и полей фильтрации общегородского назначения. Состав загрязнения весьма разнообразен, он характеризуется наличием простых и сложных ионов различных валентностей и концентрации, радикалов органических веществ тяжелых металлов.

Как видно, грунтовые воды являются практически незащищенными от загрязнения, хотя при этом часто используются населением для питья главным образом из родников. Так в родниках Котоменского наблюдались трех- и пятикратные (по сравнению с ПДК) повышения концентрации нитратов (150–250 мг/л), в родниках Матвеевского и Карамышево были выявлены частые повышения концентрации свинца (до 0,025 мг/л), в роднике «Лебедь» отмечались неоднократные повышения значений окисляемости (7,0–9,0 мг/л) и концентрации аммоний-иона (до 0,80 мг/л). В родниках Бибирево и Кузьминки службами Государственного санитарного эпидемиологического надзора были установлены наличие патогенных форм бактерии. Эти родники были ликвидированы, но в Кузьминках жители окрестных районов с постоянным упорством восстанавливают их. Аналогичную картину можно представить по всем родникам. Из вышеизложенного следует, вода во всех родниках дренирующих грунтовые горизонты, в границах города, повсеместно не соответствует нормам ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая» и категорически не рекомендуется к употреблению в качестве питья. Сказанное относится и для так называемых «святых» источников.

8.5.2. Загрязнение подземных вод

Загрязнение подземных вод более глубоких горизонтов непосредственно зависит от условий их связи с загрязненными грунтовыми водами. Например, максимальные величины минерализации для касимовского водоносного горизонта составляют 1–2,6 г/л, для мячковско-подольского горизонта – 1–2,1 г/л, для каширского водоносного горизонта – до 0,7 г/л, для протвинско-окского водоносного комплекса –

1–1,5 г/л и связаны с характером инженерно- хозяйственного освоения территории. Однако, эта связь проявляется не столь четко как для грунтовых вод и теснота ее в существенной степени зависит от условий взаимосвязи водоносных горизонтов каменноугольных отложений с грунтовыми водами и с рекой Москвой и ее притоками. Характерными в этом отношении участками для касимовского горизонта являются правый берег р. Москвы вдоль Кутузовского проспекта, и левый ее берег в районе Смоленской площади, долина р. Негинки, Замоскворечье, долина р. Яузы. Здесь же отмечены аномалии и в минерализации подземных вод мячковско-подольского водоносного горизонта.

Для каширского водоносного горизонта основную роль в формировании химического состава играет перетекание из соседних горизонтов, на что указывает присутствие в водах нитратов, аммиака и, в отдельных случаях, преобладание натрия в катионном составе вод.

Проявления относительно высокой минерализации подземных вод протвинско-окского водоносного комплекса также, как для касимовского и мячковско-подольского водоносных горизонтов, отмечаются, главным образом, в пределах зоны повышенных минерализаций грунтовых вод. Это дает основание связывать повышение минерализации с перетеканием сверху, аналогично тому, как это делалось выше для горизонтов верхнего и среднего карбона.

Определенную роль в ухудшении качества протвинско-окского водоносного комплекса играет подтягивание сульфатных вод из более глубоких водоносных горизонтов.

8.6. Геохимическая оценка качества среды обитания

Актуальность проблемы оценки геохимического риска обусловлена нарастанием негативных тенденций в изменении здоровья населения г. Москвы, связанных с резким ухудшением экологической ситуации в столице. Техногенное загрязнение окружающей природной среды столицы представляет реальную опасность для снижения резервов здоровья не только на индивидуальном, но и на популяционном уровне, способствуя развитию специфической экологически зависимой патологии. Значимость медико-экологических исследований очевидна, так конечным звеном любой миграции вредных веществ в компонентах окружающей среды является человек. Организм человека и геохимическая среда настолько взаимозависимы, что рассматривать отдельно проблему состояния здоровья населения от состояния среды обитания невозможно.

Для объективной оценки состояния окружающей среды г. Москвы необходим анализ всего комплекса эколого-геохимических показателей с учетом степени загрязнения всех ее компонент (воздушный бассейн, почвенный и снеговой покров, растительность, водные источники) с обязательным привлечением данных о влиянии техногенного загрязнения на здоровье населения. Причем, опробование всех депонирующих сред и оценка состояния здоровья населения должны быть согласованы между собой как по масштабу, так и по времени проводимых исследований.

В связи с тем, что данные такого рода для всего города отсутствуют, возможность оценки экологического риска рассмотрена на примере Юго-Восточного административного округа (ЮВАО), который был выбран в качестве объекта исследования ввиду необычайно сложной экологической обстановки (промзоны на территории округа занимают более 30 % площади), как один из наиболее «грязных» округов города. Терри-

торию ЮВАО с потным основанием можно рассматривать как уникальную модель для изучения разнообразных видов и форм воздействия техногенного загрязнения на состояние здоровья населения и, в целом, на окружающую среду города

Среди наиболее неблагоприятных факторов, влияющих на состояние природной среды, является загрязненный воздух, выбрасываемый в атмосферу предприятиями промышленности и автотранспортом. К настоящему времени накоплено множество факторов, свидетельствующих о существовании зависимости между степенью загрязнения атмосферного воздуха и состоянием здоровья населения. Особенно отчетливо это проявляется при эпизодически резких повышении уровня воздушного загрязнения с образованием токсичных туманов. От качественного состава выбросов и вида промышленности в определенной степени зависит структура заболеваемости населения. Так, например, действие сернистого газа и его производных на человека проявляется прежде всего, в поражении верхних дыхательных путей, а выбросы предприятия цветной металлургии негативно воздействуют на сердечно-сосудистую систему. В местах расположения предприятия химической и нефтехимической промышленности широко распространены аллергические заболевания. Если учесть, что примерно треть территории Юго-Восточного округа занята промышленными предприятиями различного профиля с широким спектром выбросов в атмосферу, то станет понятной важность изучения загрязнения атмосферного воздуха над ним. Так, например, выбросы некоторых загрязняющих веществ предприятиями округа в 1994–1995 гг. составили: бенз(а)пирена – 0,0026 т/год, двуокиси азота – 18904,1 т/год, фенола – 24,6 т/год, бензола – 257,3 т/год, сернистого ангидрида – 16363,9 т/год, толуола – 991,1 т/год, пыли – 2007,0 т/год, окислов углерода – 3907,8 т/год, аммиака – 46,5 т/год, бензина – 830,3 т/год. Даже из приведенных официальных данных следует, что выбросы промпредприятий по большинству компонент превышают санитарные нормативы.

С целью комплексной оценки степени загрязнения воздушного бассейна была проведена газовая съемка суммарного содержания органических соединений в приземном слое атмосферы территории округа. Кроме того, для оценки влияния выбросов промышленных предприятия и автотранспорта на состояние окружающей среды были обобщены многочисленные результаты лабораторных исследований атмосферного воздуха, проведенных Центром Госсанэпиднадзора. Эти данные совместно с результатами газовой съемки обрабатывались программой «ЭКОСКАН», разработанной в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ).

Карта загрязнения атмосферного воздуха ЮВАО приведена на рис. 8.9. Приблизительно две трети площади характеризуются достаточно сильным загрязнением. На карте четко выделяются три обширных области суммарного количества углеводородов с максимальными содержаниями, превышающими предельно допустимые концентрации (ПДК) в 10 раз и более – в Капотне, Текстильщиках и Выхино. Площади этих аномалий составляют 4–10 км². Наиболее крупная «капотнинская» аномалия площадью около 10 км², безусловно, связана с деятельностью Московского нефтеперерабатывающего завода (МНФЗ). Только за 1994 г. выброс МНФЗ в атмосферу составил: твердых веществ – 138 тонн, жидких и газообразных – 38700 тонн. По сравнению с 1993 г. увеличение выбросов составило 650 т/год и в дальнейшем по-видимому их количество будет возрастать.

Следующая аномалия соответствует, в основном, территории муниципального района Текстильщики. Здесь же, в количествах, превышающих ПДК, по данным Госсанэпиднадзора, содержатся окись углерода, пыль, формальдегид, двуокись азота,

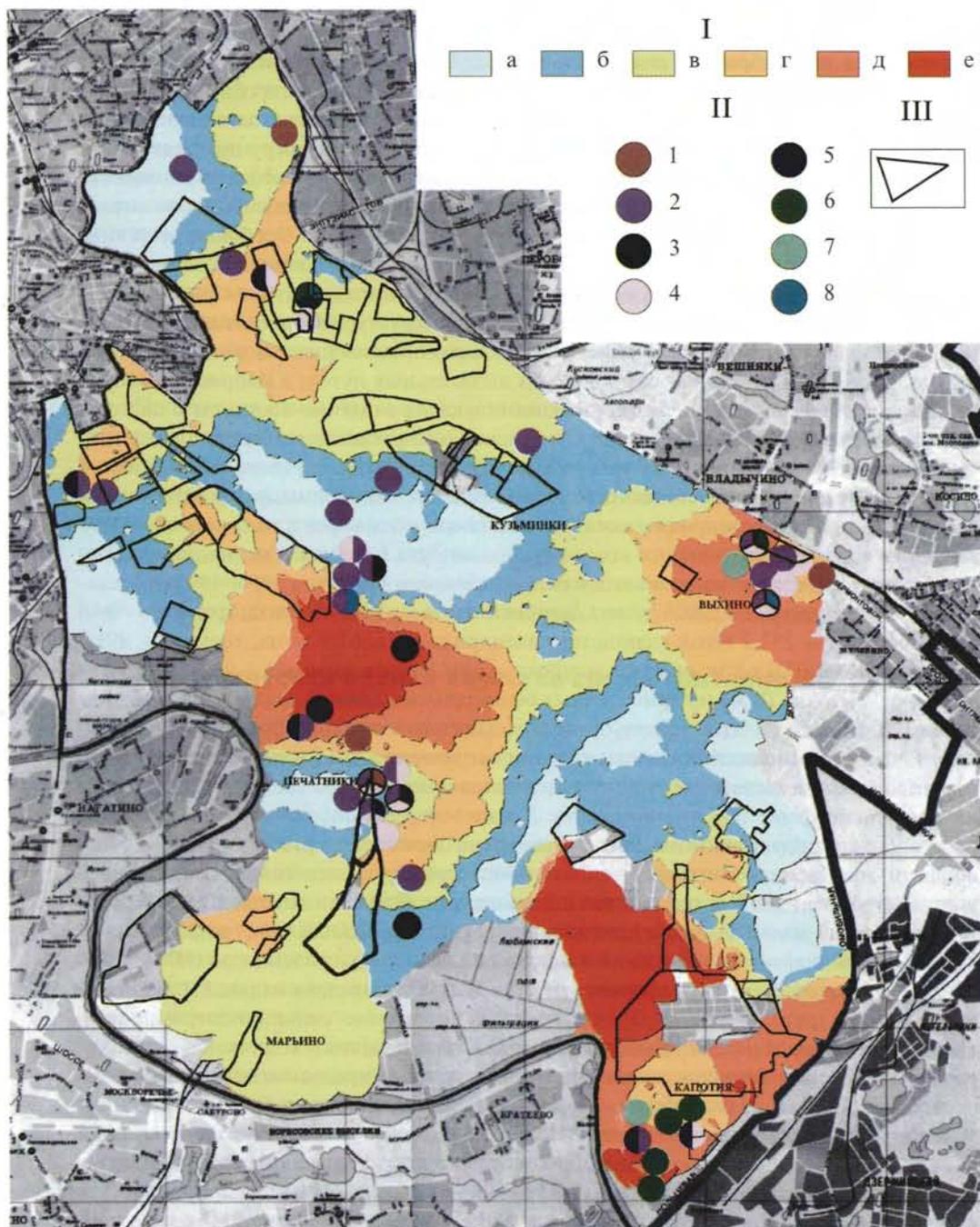


Рис 8.9 Карта загрязнения атмосферного воздуха Юго-Восточного округа I – интегральный показатель загрязнения органическими веществами а – менее ПДК б – ПДК в – от 2 до 3 ПДК г – от 3 до 5 ПДК д – от 5 до 10 ПДК е – более 10 ПДК II – превышение ПДК в 5 и более раз 1 – формальдегид 2 – диоксид азота 3 – ксилол 4 – окись углерода 5 – пыль 6 – фенол 7 – сумма углеводородов 8 – диоксид серы III – контуры основных промышленных предприятий

двуокись серы и азота. Например, на территории Дворца культуры Автомобильного завода им Ленинского комсомола, традиционном месте отдыха москвичей, превышены содержания двуокси азота, азота, двуокси серы

Третья область высоких концентраций паров углеводородов располагается в районе Выхино. Максимальные значения в 5–10 раз превышают ПДК, но площадь этой аномалии значительно меньше описанных выше. Наиболее интенсивные концентрации углеводородов окаймляют ремонтный завод и электродепо «Выхино» и распространяются к югу и западу от них. Многочисленные замеры, выполненные по Рязанскому проспекту, свидетельствуют о значительном превышении ПДК по сумме углеводородов: окиси углерода, двуокси азота, формальдегиду и фенолу.

К менее интенсивным (ПДК превышены в 2–3 раза, на некоторых участках до 5), но значительным по площади относятся аномалия в районе Марьино и обширная аномалия на севере округа. Это территории, где концентрация различных производств весьма велика. Последнее особенно относится к северной площади, где область аномалии охватывает не менее 15 крупных производств, не говоря уже о многочисленных мелких. Сюда входят такие производственные гиганты, как завод «Серп и Молот», Московский кабельный завод, завод автоматических линий, завод «Фрезер», вагоноремонтный завод им. Войтовича, Карачаровский мехзавод и многие другие. Суммарные выбросы этих предприятий в атмосферу должны быть огромны. Достаточно сказать, что валовые и сверхнормативные выбросы в атмосферу только по трем из них (завод «Серп и Молот», Карачаровский мехзавод, деревообрабатывающий комбинат №3) в 1994 г. составили 794,9 т, 1826,3 т и 441,4 т соответственно. Небольшая аномалия площадью приблизительно 1,5 кв. км, по интенсивности в 2–3 раза (до 5) превышающая ПДК, расположена на северо-западе округа в районе заводов Клейтук, Шинного, «Московский подшипник», Мясокомбината и т.д. Такая концентрация крупных производств влечет за собой тяжелые последствия для окружающей среды и здоровья людей даже при нормальном рабочем цикле. Только шинный завод ежегодно выбрасывает в атмосферу 583,2 тонны бензина, 100 тонн летучих органических веществ, 10 тонн технического углерода, 8 тонн каолина. Выбросы в атмосферу окиси углерода и других загрязняющих веществ за несколько дней во время пожара на шинном заводе в феврале 1996 г. сопоставимы с валовым суммарным ежегодным выбросом.

Эколого-геохимическое картирование почвенного покрова Юго-Восточного округа выполнено в масштабе 1:10 000. Кроме того, почвенные пробы физико-химическими и микробиологическими методами были протестированы на токсичность и деградацию. На эколого-геохимической карте техногенного загрязнения почв, представленной на рис. 8–10, отчетливо наблюдается неоднородность в распределении аномалий различной интенсивности и состава, что позволяет классифицировать территорию округа по типам и степени техногенного загрязнения, связанного с деятельностью производственных комплексов и транспортных артерий округа. Аномалии техногенной природы выделяются на карте, прежде всего, цветом, маркирующим тип загрязнения по ассоциациям элементов, причем каждому цвету поставлен в соответствие ранжированный ряд элементов, аномально загрязняющих почву данного контура. Изотипии «внутреннего рельефа» в ореоле каждого типа (цвета) отражают интенсивность превышения концентраций развитой ассоциации относительно многомерного фона. Условные обозначения к карте сведены в таблицу 8–9, в первом столбце которой приведены типы техногенных ассоциаций, во втором столбце — аномальные техногенные ассоциации, а в третьем и четвертом столбцах — значения интенсивности за-

грязнения и соответствующие им конкретные локальные аномалии данного типа встречающиеся в контуре обобщенного ореола. Цифры в легенде карты поставленные перед индексом элемента являются оценкой коэффициента концентрации (КК) и показывают во сколько раз в среднем по области аномальные концентрации данного элемента превышают фон. Голубым цветом на карте выделяются фоновые области не затронутые техногенным загрязнением, т.е. наиболее благоприятные в экологическом отношении. Необходимо сразу отметить, что фоновый тип, или лучше сказать «чисто благоприятный» занимает не более 22% всей территории ЮВАО. Переходные области (на карте они показаны желтым цветом) охватывают около 30% территории округа и характеризуются широким спектром элементов с невысокими (1,7–3,5) коэффициентами концентрации. Характерной особенностью этого типа загрязнения является его неустойчивость – с одной стороны почвы способны довольно быстро самовосстанавливаться после прекращения поступления токсичных элементов, а с другой – в случае продолжения поступления загрязняющих веществ перейти в устойчивое аномальное состояние. На отдельных участках почвы этого класса бывают токсичными и в целом экологически опасными.

Все выявленные аномалии по характеру загрязнения можно разделить на две группы. К первой группе относятся аномалии с пространственно согласованным поведением ассоциации элементов. Подобная коррелированность элементов означает, что либо эти ассоциации характерны для выбросов конкретных производств, либо они возникают при постоянной эмиссии и смешении в приземном слое атмосферы выбросов территориально сближенных производств и транспортных магистралей. К данной группе относится большинство выявленных типов загрязнения (1–7-ой типы). Вторая группа включает в себя аномалии с пространственно несогласованным поведением элементов, или моноэлементные аномалии, представляющие собой продукты нерегулярных выбросов, сливов или нерегулируемых свалок. Сюда относятся аномалии 8–11-го типов техногенных ассоциаций.

Характерной особенностью отличается 7-ой тип техногенного загрязнения – ведущие металлы в этом типе загрязнения – Ni, Cr, Cu, Co, Zn и Sn. Большинство аномалий этого типа (на карте они представлены ярко розовым цветом) трассируется вдоль железных дорог. Данный тип ассоциаций весьма устойчив и уверенно картирует все крупные железнодорожные артерии не только в Юго-Восточном, но и в остальных округах Москвы, а также в других крупных городах. Свой вклад в аномалии данного типа вносят и предприятия, связанные с обработкой металлов, но в этом случае к ним добавляются такие элементы как Pb, Zn, Ag, Cd и некоторые другие.

Аномалии, связанные с металлоемкими предприятиями и многочисленными свалками, образуют 1-й тип загрязнения с достаточно устойчивой ассоциацией Ag, Cd, Pb, Sn, Zn, Cr, Cu и Ni. Отличительной особенностью данной техногенной ассоциации является включение в нее в больших концентрациях кадмия – до 200 мг/кг. Данный тип техногенного загрязнения распространяется и на большие массивы жилых кварталов. Так, например, он «накрывает» практически весь район Марьино, что является следствием недостаточной рекультивации бывших свалок. Подобная картина характерна для районов московских новостроек, расположенных на территориях последних.

Значительные территории охватывает 6-ой тип (отображен светло синим цветом) с ассоциацией ведущих тяжелых металлов Pb, Sn, Zn, Cu, Ni, Cr, который может быть по праву назван «промышленным», т.к. его аномалии могут быть обнаружены практически вокруг всех крупных промышленных объектов.

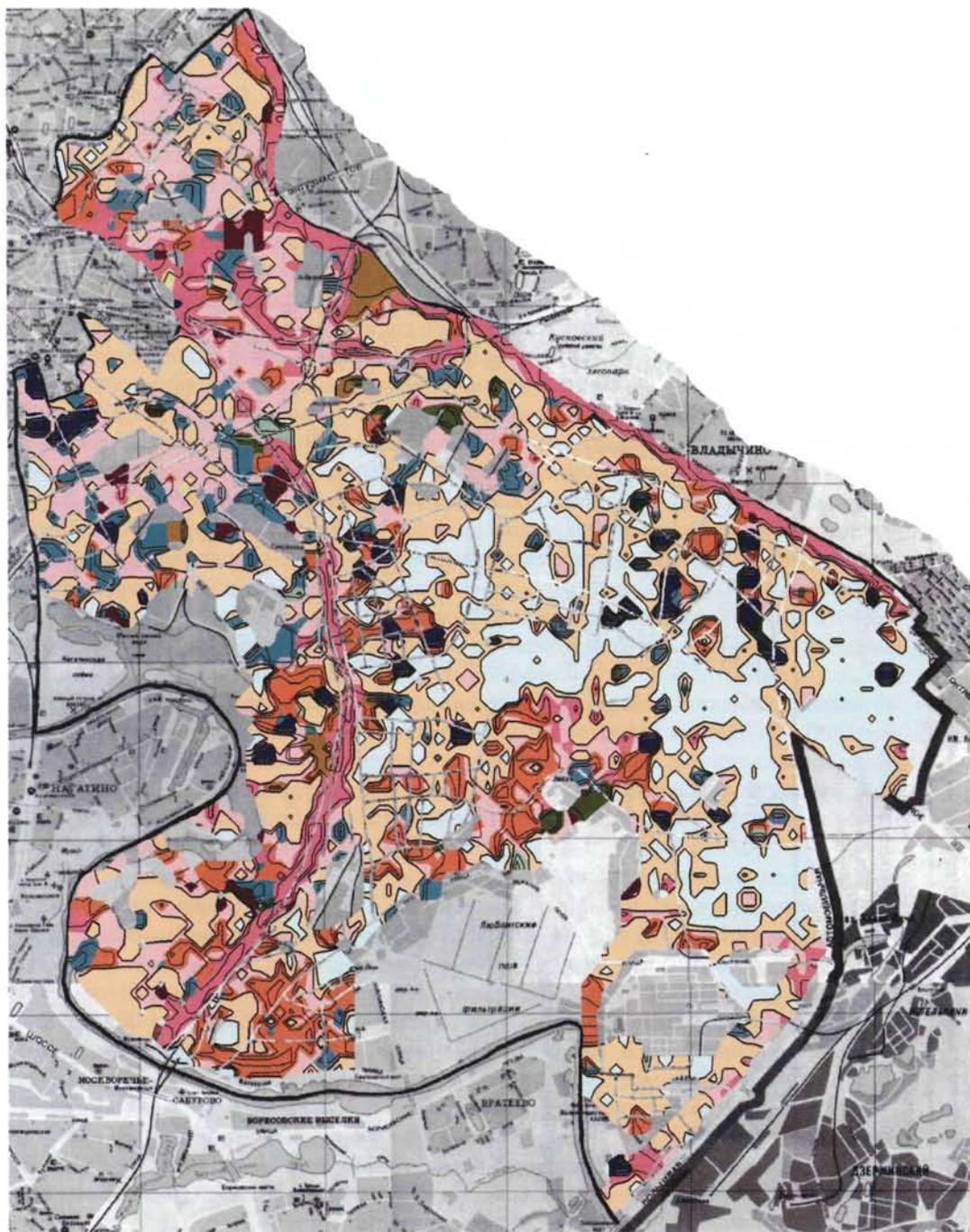


Рис 8 10 Карта техногенного загрязнения почв Юго Восточного округа Масштаб 1 50 000 (условные обозначения в таблице 8 9)

Таблица 8 9

Условные обозначения к карте техногенного загрязнения почв Юго-Восточного округа г. Москвы

Тип техногенного загрязнения	Аномальные техногенные ассоциации	Интенсивность техногенного загрязнения (в значениях функции SCAN)	Ассоциации локальных техногенных аномалий
1	Ag-Cd-Sn-Pb-Zn-Cr-Cu-Ni-Mn	8-20 20-100 > 100	4.4Ag-2.7Cd-2 6Ni-1.5Zn-1 5Pb-1.4Cu 7.0Ag-6.3Cd-3 4Sn-2.5Zn-2 4Ni-2.3Cr-2.2Cu-2 0Pb 38.0Ag-16.5Cd-13.0Pb-5.5Sn-5.4Cu-5 2Cr-4.0Zn-3.2Ni-3.2Bi
2	Cu-Zn-Pb-Sn-Ni-Cr-Cd	20-100 > 100	7.7Cu-3 6Ni-3.6Pb-3 6Zn-2.0Cr-2.0Cd 51 0Cu-7.4Zn-5 4Pb-5.3Sn-3.2Ni-3.2Cr-2.2Cd
3	Cr-Cu-Pb-Zn-Ni-W-Sn-Mn	20-100 > 100	9.7Cr-3 3Ni-1.8Sn-1.8Zn-1 7Mo 124.2Cr-88 3Cu-27.4Pb-27.2Zn-9 0Ni-6.5W-3 2Mo-2.5Co
4	Ni-Pb-Sn-Zn-Ag-Cu-Cr-Mn-V (Области сквозного загрязнения)	8-20 20-100	3.0Ni-2.8Pb-2 5Sn-2 2Cu-2.0Zn-2.0Ag 4 4Ag-4.4Cd-4 0Ni-3.7Sn-3 5Pb-3 3Zn-3.0Cu
5	W-Mo-Ni-Cr-Zn-Pb-Cu	20-100 > 100	9.0W-6.0Mo-3.8Ni-3.7Cd-2.6Cr-2.1Cu-2.0Zn-2.0Pb 16.0W-13.0Ni-8.4Mo-6.0Cr-4 0Zn-4.0Co-3.4Cu- 2.8Sn-2.4Pb-2.2Mn
6	Pb-Sn-Zn-Cu-Ni-Cr	8-20 20-100 > 100	3 5Pb-3.4Zn-3 1Sn-1.8Ni-1 6Ag-1.5Cu-1.5Mn-1.5Cr 7 0Pb-4.4Zn-4 0Sn-3.3Ni-2.1Cu-2.0Cr 21.4Pb-15.2Sn-14.7Zn-12.2Cu-3.0Ni-2.4W-2.4Ag-2.2Co
7	Ni-Cr-Co-Cu-Mn-Sn	8-20 20-100 > 100	5 7Ni-2.4Cu-2.1Pb-1.9Cr-1 8Sn-1.7Mn-1.2Ag 9.3Ni-2 6Cr-2.5Cu-2.3Pb-2 3Sn-2.3Co-2.0Mn 27.8Ni-10 7Cr-7.0Co-4 0Cu-2.4Mn-2.2W-2 1Sn
8	Pb-Bi-Sb-Zn-Ag-Cu	20-100 > 100	10.0Bi-4.0Zn-3 3Pb-2.8Ni-2.4Sn-2 3Cu 230.0Pb-22.0Sb-8.2Bi-3.7Sn-3.5Zn-3.0As-2.2Cu-2.2Ni
9	As-Sn-Pb-Ni	20-100 > 100	12.5As-2 4Pb-2.4Ni-2.2Zn-2.0Sn 103.0As-10.9Ni-2 6Cr-1.9Cu-1.6Mn-1.6Zn-1.5Pb
10	Hg-Ag-Sn-Pb-Ni	> 100	356.0Hg-3 0Zn-2.2Sn-2 0W-2.0Ag
11	Be-Pb-Ni-Co	8-20 20-100	8.0Be-2.3Pb-1.6Ni-1.5Ag 7 5Be-7.5Ni-4.6Sn-4 0Cu-3.5Pb-2.2Mn-2.0Zn-2.0Mo
	Переходные области Фоновые области	2 5-8.0 0-2.5	Переходные области Фон Граница административного округа

Очень схожи с предыдущим 2-ой тип (темно-фиолетовый цвет на карте) с ассоциацией Cu, Zn, Pb, Sn, Ni, Cd и 3-й тип (темно-зеленый цвет на карте) с ассоциацией Cr, Cu, Pb, Zn, Ni, W, Mn. Аномалии этих типов отмечаются у большинства свалок, промышленных производств и в прилегающих к ним жилых районах. Отличаются они по содержанию ведущих элементов: в аномалиях 2-го типа содержания меди достигают 5000 мг/кг, значения хрома соответствуют фоновым, а в аномалиях 3-го типа значения хрома превышают 4500 мг/кг, значения меди соответствуют 200–500 мг/кг.

Коричневые области соответствуют ассоциации W, Mo, Ni, Cr, Zn, Pb и Cu 5-го типа техногенного загрязнения и на карте отчетливо картируют заводы «Фрезер», ЖБИ, Карачаровский механический и некоторые другие. Площадь развития этой ассоциации сравнительно небольшая, но необходимо отметить, что почвы, пораженные загрязнением такого рода, являются сверхтоксичными.

Наиболее широко развиты на территории округа аномалии 4-го типа (розовый цвет на карте), представляющие собой как бы области сквозного загрязнения почв тяжелыми металлами и характеризующиеся в общем повышенным содержанием Ni, Pb, Sn, Zn, Cu и Ag. Как правило, коэффициенты концентраций этих металлов не слишком велики и присутствуют практически во всех других типах ассоциации. Этот факт может быть объяснен пространственной близостью разнопрофильных производств, образующих территориально-производственные комплексы или сходством используемых на них технологий, что обуславливает комбинированный эколого-геохимический эффект такого рода.

Практически все аномалии 10-го типа (темно-синий цвет на карте) являются моноэлементными, базирующимися на ртути, и только в некоторые из них к последней добавляются тяжелые металлы. Но и тогда коэффициенты концентрации ртути, как правило, на порядок превышают коэффициенты концентрации остальных элементов. Настоящая техногенная ассоциация «накрывает» новостройки в Жулебино, Печатниках, Выхино, многочисленные жилые кварталы и даже дворы детских садов и школ; аномалии данного типа встречаются даже в Кузьминском лесопарке. Ртуть токсична в любой своей форме, поэтому в этих районах крайне необходимо проведение срочных saniрующих мероприятий.

Не слишком обширные площади занимают высокоинтенсивные аномалии 9-го типа, представленные техногенной ассоциацией As, Pb, Zn, Sn, и Ni (ярко-зеленый цвет), пространственно связанные с территориями заводов ЖБИ, Московского нефтеперерабатывающего, полигона командного училища, железнодорожной веткой Люблино-Текстильщики, гаражными кооперативами, а также свалками (в первую очередь, у поля фильтрации). Достаточно часто аномалии этой ассоциации обнаруживаются во дворах жилых домов, школ и детских садов. В настоящее время в связи с возрастающим применением мышьяка в электронной промышленности угроза загрязнения территории этой токсичной ассоциацией становится реальной.

Сравнительно редко встречаются на территории округа высокотоксичные аномалии 8-го и 11-го типов 8-ой тип основан на ассоциации Bi, Sb, Pb, Sn, Zn (светло-фиолетовый цвет) и встречается у АЗЛК и завода Станкоагрегат. Ассоциация Be, Pb, Ni, Sn, Cu образует 11-й тип техногенного загрязнения почв ЮВАО (ярко-желтый цвет). Надо отметить, что бериллий встречается как сопутствующий элемент и в других типах загрязнения, но только в этом становится ведущим элементом, определяющим токсические свойства зараженных им почв.

Параллельно с эколого-геохимической съемкой территории ЮВАО проведена сопряженная радиометрическая съемка в масштабе 1:20 000. Результаты обработки

и картирования данных свидетельствуют, что на большей части площади округа радиационное излучение соответствует естественному фону. В целом, надо признать радиационную обстановку округа вполне удовлетворительной.

В связи с техногенным загрязнением среды отмечается рост заболеваний, обусловленных токсическим действием тяжелых металлов. В настоящее время выделен и систематизирован новый класс болезней человека — микроэлементозы. Их возникновение связано с недостаточностью или избытком поступления микроэлементов с вдыхаемым воздухом, продуктами питания и водой, а также дисбалансом элементов в организме. За последние годы отмечается рост техногенных микроэлементозов, обусловленных токсическим действием тяжелых металлов. Выяснение причинно-следственных связей в этиологии соседских форм микроэлементозов, широко распространенных среди людей, проживающих в промышленных регионах, имеет особо важное значение в плане разработки и реализации мероприятий по первичной их профилактике.

Для выявления экологически зависимых форм болезней проводятся медицинские исследования, которые позволяют аналитически проследить поведение токсичных элементов в цепи, ведущей от источника загрязнения до человеческого организма. При этом выявляемый спектр патологических нарушений здоровья, свойственных конкретной территории, характеризующейся специфическими эколого-геохимическими параметрами, может иметь диагностическое значение для формирования гипотез о возможных причинных факторах. Дальнейшее изучение каждого эколого-зависимого заболевания и корреляция его с очагами загрязнения среды на эколого-геохимических картах позволяет в первом приближении выделять экологически зависимые формы, а затем с помощью исследования биосубстратов (волосы, кровь, моча) устанавливать их строго.

Медицинский блок исследований, проведенный в процессе картирования, позволил выявить пространственные закономерности формирования ареалов отдельных форм заболеваний в очагах загрязнения специфическими ассоциациями металлополлютантов. Особо показательны результаты в отношении врожденных аномалий и пороков развития у детей, так как экзогенное воздействие токсикантов при этой патологии является несомненным фактором экологического риска. Полученные данные свидетельствуют о том, что врожденные пороки развития чаще всего проявляются уже в раннем возрасте у детей, проживающих на территории районов Лефортово, Южнопортовый, Кузьминки, Люблино и Марьино. Обращает на себя внимание зональное распределение врожденных пороков развития в Марьино — по мере приближения к Люблинскому литейно-механическому заводу плотность заболеваемости резко возрастает. Ведущими металлополлютантами, участвующими в загрязнении почв, здесь являются серебро, кадмий, медь, никель и мышьяк. Полученные в результате обобщения, анализа и классификации данные медико-экологических исследований выявили пространственные корреляции определенных нозологических форм болезней с качественными и количественными характеристиками загрязнения окружающей природной среды.

Изменение среды обитания, к сожалению, достигло такого уровня, когда человек сам является индикатором загрязнения среды. Оценка возможного негативного воздействия техногенной геохимической нагрузки на состояние здоровья населения проводилась путем изучения микроэлементного состава диагностических биосубстратов. Обобщение результатов аналитических исследований содержания микроэлементов в волосах детей, страдающих патологическими синдромами, позволило сделать предположение о наличии некоторых пространственных закономерностей в зависимости от эколого-геохимической ситуации. Так, при изучении микроэлементного со-

става волос детей с врожденными аномалиями и пороками развития, был выявлен дефицит таких жизненно необходимых металлов, как железо, кобальт и цинк, и избыток токсичных металлов — хрома и кадмия. Было обнаружено повышенное содержание Ni в волосах детей, проживающих вблизи предприятий цветной металлургии. Таким образом, *использование тестов накопления микроэлементов в биосредах дает возможность прогнозировать воздействие того или иного поллютанта на здоровье населения, проживающего в районе расположения источников загрязнения.*

Для оценки качества среды обитания на территории округа был осуществлен синтез всей полученной информации, характеризующей состояние различных компонент природной среды и здоровья населения. Анализу подверглись данные геохимической характеристики почв, состояния атмосферного воздуха, радиологической обстановки, микроэлементного состава травяного покрова, физико-химические и микробиологические исследования почвенных субстратов с привлечением медико-экологической информации. Результатом анализа вышеперечисленных сред может служить карта, представленная на рис. 8.11. Карта составлена по эвристическим алгоритмам системы «ЭКОСКАН» на основе пространственного варьирования количественных и качественных показателей состояния среды с учетом информации о заболеваемости детского населения эколого-зависимыми патологиями. Выделено пять градаций оценки экологического состояния: крайне тяжелое, тяжелое, умеренно неблагоприятное, условно неблагоприятное, условно благоприятное.

Крайне тяжелая экологическая обстановка, выявленная по комплексу объективных показателей, сложилась в жилых массивах Лефортово, Нижегородский, Печатники, Марьино, Люблино, частично в Текстильщиках и Кузьминках и др. На карте данные области отражены в виде отдельных локальных пятен и зон, занимающих примерно 20 % территории округа. Эти области находятся под влиянием таких предприятий, как заводы «Серп и молот», «Фрезер», Люблинский литеино-механический, Московский нефтеперерабатывающий, «Московский подшипник», Карачаровский, Южный порт и некоторых других. Марьино, Капотня, частично Люблино находятся в зоне влияния Люблинских полей фильтрации и Московского нефтеперерабатывающего завода. Зоны крайне тяжелой экологической обстановки характеризуются высокими показателями загрязнения воздуха, концентрации многих компонент превышают ПДК в 10 и более раз. Почвы этих территорий сверхтоксичны, деградированы, находятся в посткритическом состоянии и в сильной степени загрязнены широким спектром токсичных металлов, в первую очередь, таких как ртуть, кадмий, мышьяк, никель, свинец, хром, вольфрам, висмут, концентрации которых превышают фоновые значения в десятки и сотни раз, а для ртути — в тысячи раз. Растительность также в значительной степени деградирована. Отдельные области зоны характеризуются максимальным уровнем заболеваемости детского населения практически всеми экологически обусловленными формами патологии (инфекционные и паразитарные болезни, психические расстройства, болезни нервной системы и органов чувств, органов пищеварения, врожденные аномалии и пороки развития).

Тяжелая экологическая обстановка фиксируется примерно на 15% территории округа и пространственно окаймляет зоны крайне тяжелой обстановки. В этих зонах расположено большинство промышленных производств и энергетических установок, практически все железнодорожные магистрали могут быть отнесены к ним. Этим территориям присущи практически те же неблагоприятные техногенные факторы, что и зонам с крайне тяжелой экологической обстановкой, однако площади их меньше и уровни

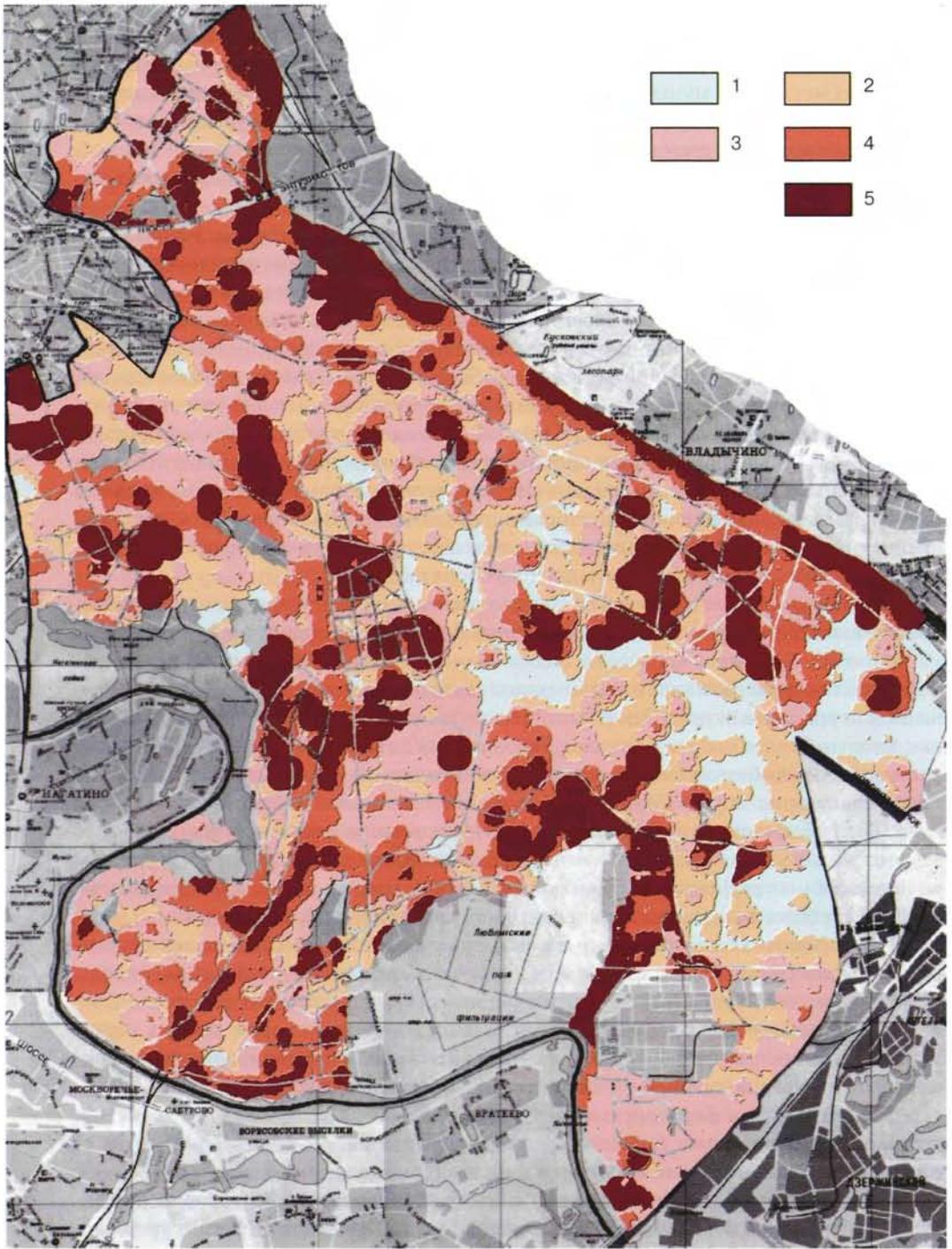


Рис 8 11 Карта оценки экологического состояния Юго-Восточного округа Масштаб 1 50 000
 1 – условно благоприятное 2 – условно неблагоприятное 3 – умеренно неблагоприятное 4 – тяжелое
 5 – крайне тяжелое

концентрации техногенных факторов порой слабее. На территориях с тяжелой экологической обстановкой расположены жилые массивы, примыкающие к АЗЛК, Московскому кабельному заводу, нефтебазам, заводу им. Войтовича, заводу «Клейтук», Мосприбору, заводам ЖБИ и др. Почвы в этих зонах, как правило, высокотоксичны и в сильной степени деградированы, а воздушный бассейн содержит повышенные концентрации окиси азота, аммиака, окиси углерода, кси тола и фенола. Для этих зон характерна повышенная заболеваемость детей отдельными эколого-зависимыми формами патологии.

Умеренно неблагоприятная экологическая обстановка охватывает практически 25 % территории ЮВАО. К ней могут быть отнесены целиком муниципальные районы Марьино, Капотня, практически все Лефортово, Люблино, Нижегородский, Печатники, большая часть Южнопортового и Текстильщиков. Почвы этих территории характеризуются средним уровнем деградации и достаточно высокой степенью токсичности. По загрязнению атмосферного воздуха органическими соединениями и почв тяжелыми металлами основная часть этих зон характеризуется средним уровнем накопления загрязнителей. Эти зоны охватывают практически все автомагистрали и транспортные узлы. Большая часть населения округа живет именно в данной экологической обстановке, вследствие чего в волосах детей наблюдаются повышенные содержания свинца, бериллия, цинка, стронция, никеля, кобальта.

Условно неблагоприятное экологическое состояние фиксируется примерно на 15% территории округа и пространственно сопряжено с умеренно неблагоприятными зонами. В основном, почвы этой территории умеренно токсичны и соответствуют областям переходного загрязнения, однако на отдельных участках они бывают токсичными. Загрязнение атмосферного воздуха этих зон незначительное, лишь в отдельных пунктах наблюдается превышение ПДК по интегральному показателю загрязнения органическими соединениями.

Условно благоприятная экологическая обстановка выявлена в основном в восточной части округа и соответствует лесопарковым зонам и иным зеленым насаждениям. Площадь ее не превышает 10–12 % от всей территории округа. Большая часть этих областей наиболее удалена от промышленных производств, загрязнение атмосферного воздуха, как правило, не превышает принятых нормативов, а почвы слабо деградированы и нетоксичны. Однако в волосах детей из этих районов все же обнаруживаются повышенные концентрации основных металлотоксикантов, что свидетельствует об общем неблагоприятии экологического состояния ЮВАО.

Благодаря проведенному комплексному блоку эколого-геохимических исследований на модели административно-территориальной единицы г. Москвы удалось выделить территории – «зоны геохимического риска», загрязненные специфическими ассоциациями металлополлютантов. Оценка территории по степени экологической опасности проводилась на основе медико-биологического анализа показателей заболеваемости и анализа содержания микроэлементов в биосубстратах детского населения. Синтез полученной информации дает объективную оценку «экологического риска» исследуемой территории города. Кроме того, проведение комплекса эколого-геохимических, медико-географических и эпидемиологических исследований в регионах может привести к созданию системы двух взаимосвязанных мониторингов – мониторинга окружающей среды и мониторинга состояния здоровья населения. Внедрение в практику работ с туж Санэпидемнадзора Москомприроды подобного системного мониторинга позволит создать базы по реабилитации окружающей природной среды, профилактики и коррекции эколого-зависимых заболеваний не только в пределах ЮВАО, но и на территории всего города.

8.7. Мероприятия по охране геологической среды

Мероприятия по охране геологической среды, прежде всего связаны с организацией рационального использования всех природных ресурсов территории. К ним следует относить не только ресурсы, непосредственно связанные с использованием недр – подземные воды, природные строительные материалы (песок, глина, щебень и др.), подземное пространство (как строительный ресурс), но также рекреационные и земельные ресурсы, поверхностные воды и др. С другой стороны, состояние геологической среды, в частности ее загрязнение, зависит от присутствия источников загрязнения в пограничных средах и возможности дальнейшей миграции загрязнителей. Поэтому отдельное, пообъектное рассмотрение природоохранных мероприятий не дает возможности систематизировать их для определения оптимального варианта управления состоянием окружающей среды с применением технических, организационных и инвестиционных средств. Учитывая различные уровни управления, а следовательно и различное сочетание средств управления, более целесообразно рассмотреть природоохранные мероприятия по следующим категориям:

1. Превентивные мероприятия – прогнозирование и планирование градостроительной и промышленной деятельности, с целью обеспечения охраны геологической среды и рационального использования недр.

2. Защитные мероприятия – обеспечение безопасности эксплуатации сооружений и коммуникации и соответствия потребляемых ресурсов (в том числе и подземных вод) нормам и кондициям.

3. Реабилитационные мероприятия – устранение источников загрязнения и ликвидация последствий опасных геологических процессов

В настоящее время в г.Москве перечисленные выше категории природоохранных мероприятий реализуются следующим образом.

8.7.1. Превентивные мероприятия

Превентивные мероприятия по охране геологической среды несмотря на их очевидную важность и актуальность внедряются крайне недостаточно. Инженерно-геологическое и гидрогеологическое прогнозирование, составляющие основу превентивных мероприятий, привлекаются в лучшем случае на стадии отвода земельного участка или уже разработанного проекта освоения территории. В этих случаях прогнозирование может быть направлено только на оценку изменений и рекомендации по устранению нежелательных последствий (сооружение дренажей, обустройство очистных сооружений, планировку ландшафта и др.), то есть реализацию мероприятий 2-й и 3-й категорий. В то же время осуществление превентивных мероприятий на самых ранних стадиях градостроительного проектирования (планирования) позволяет избежать неоправданных расходов на исправляющие и защитные мероприятия посредством выбора оптимального варианта расположения сооружений и режима использования территорий. Первым шагом в этом направлении можно считать исследования Института геоэкологии Российской академии наук по программе «Безопасность Москвы», на основании которых разработаны критерии градостроительных режимов с учетом строения и состояния геологической среды. Для внедрения результатов этих исследований необходимо узаконить методику долгосрочного прогнозирования состояния геологической среды

в практике градостроительной деятельности путем издания нормативных актов в рамках реализации Законов «О градостроительной деятельности» и «Об охране окружающей среды г.Москвы».

К превентивным мероприятиям в области охраны окружающей среды, затрагивающим и сферу охраны геологической среды, относятся различные оценки воздействия планируемых сооружений. Главным образом это осуществляется в рамках проведения государственной экологической экспертизы, действующей на основании Закона РФ «О государственной экологической экспертизе». Наиболее важным для реализации превентивных мероприятий является положение Закона об обязательном экспертировании всех действий, включая разработку нормативных актов, научных программ и долгосрочных проектов. Государственную экологическую экспертизу в г.Москве осуществляет Москомприрода, а в отношении объектов, федеральной значимости – Госкомэкология РФ.

Одним из важнейших условий успешной реализации превентивных мероприятий является эффективное нормативно-правовое регулирование данной проблемы. В г.Москве природоохранная деятельность регламентируется Законами РФ «Охрана окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов», «О недрах», уже упомянутым Законом «О государственной экологической экспертизе» и другими законами и подзаконными актами, включая ведомственные нормативные документы. К сожалению применение существующих правовых документов в настоящее время не дает ощутимого эффекта, что связано с несовершенством самих законов, отсутствием механизма их реализации и определенной спецификой столичного мегаполиса. В ближайшее время эти пробелы планируется в значительной мере исключить путем разработки Закона г.Москвы «Охрана окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов». С принятием этого Закона и подзаконных актов в развитие их будет создана нормативно-правовая база для совершенствования структур управления и осуществления мероприятий по контролю за состоянием природной среды и ее ресурсов.

8.7.2. Защитные мероприятия

Защитные мероприятия включают в себя научно-исследовательские работы, меры технического и организационного характера, образовательные программы и систему контроля за соблюдением природных, санитарно-гигиенических и технологических нормативов. В аспекте охраны геологической среды эти мероприятия реализуются через инженерно-геологические и гидрогеологические целевые прогнозы (расчеты устойчивости конкретных сооружений, их влияния на природно-техногенную обстановку, оценка условия водоотбора и др.), проектирование защитных сооружений (дренажей, защитных экранов, водозаборных сооружений и др.) и ведение мониторинга подземных вод и инженерно-геологических процессов. Выполнение этих мероприятий в г.Москве осуществляется через систему государственных органов, в функции которых входят лицензирование использования недр (ЦРГЦ Минресурсы России) и ведение мониторинга («Геоцентр-Москва»), а также в ходе выполнения конкретных заказов на проектирование государственными и негосударственными фирмами и учреждениями.

В категорию защитных мероприятий входят и меры, обеспечивающие защиту других компонент природной среды, оказывающих влияние на состояние недр. К ним относятся атмосферный воздух, почвы, поверхностные воды

Мероприятия по охране атмосферного воздуха основываются на внедрении газо-, пылеочистных установок (ГОУ) и модернизации технологии производств на стационарных источниках загрязнения, а также уменьшении выбросов от автотранспорта. Воздухоохранная деятельность в г.Москве, проводимая Москомприродой, МосЦГМС, МосГЦСЭН и др., осуществляется путем реализации технических, организационных, инвестиционных и контрольных мер. К их числу относятся:

– разработка и утверждение нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ) и временно согласованных выбросов (ВСВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух на основе инвентаризации источников загрязнения и получения в Москомприроде разрешения на выброс;

- проверка и наладка ГОУ;
- изменение режимов сжигания топлива и его состава на ТЭЦ города;
- совершенствование конструкций автомобилей и их эксплуатации;
- улучшение качества топлива;
- ведение мониторинга состояния воздушного бассейна.

Охрана почв в г.Москве включена в оценку экологического и санитарного состояния земельного фонда города. По данным Москомприроды, Москомзема и департамента инженерного обеспечения, основанным на проводимых научно-исследовательскими учреждениями геохимических работах, в общем экологическом территориальном балансе города площади земель, обладающих средовосстанавливающими и средовоспроизводящими функциями, составляют менее 20%. Но даже и в пределах этих территорий, за редким исключением, накапливаются техногенные загрязняющие вещества – тяжелые металлы, радиоактивные элементы, токсиканты органического и неорганического происхождения.

Мероприятия по защите почв прежде всего направлены на локализацию и ликвидацию источников их загрязнения: свалок, захламленных территорий, завоза загрязненного грунта в процессе строительства и благоустройства и др. Особое значение в этой группе мероприятий имеет контроль за соблюдением природоохранных и санитарно-гигиенических норм содержания территорий, который осуществляется рядом специально уполномоченных государственных органов: Москомприродой, МосНПО «Радон», ПО «Экотехпром», муниципальными службами.

Водоохранная деятельность в г.Москве по защите поверхностных вод от источника и загрязнения включает мероприятия по нормированию водопотребления (МОБВУ Роскомвод, МПО «Мосводоканал»), организации водоохранной работы на предприятиях и учреждениях города (Москомприрода, Правительство Москвы, ведомства), модернизации и внедрению новых очистных сооружений для очистки сточных вод ливневой и жилищно-коммунальной канализации (МПО «Мосводоканал», МПО «Мосводосток», муниципальные службы), контролю за сбросами загрязненных вод в городские реки и водоемы (Москомприрода, МОБВУ Роскомвод). Москомприрода осуществляет учет всех предприятий спецводопользователей и выдает разрешения на сброс стоков, исходя из необходимости соблюдения в черте города нормативов рыбохозяйственного водоема и динамики ввода очистных сооружений. К нарушителям применяются меры административного воздействия. В случае неразрешенного или аварийного выпуска загрязненных вод применяются административные и уголовные санкции

8.7.3. Реабилитационные мероприятия

Исправляющие мероприятия, реализующие конкретные целевые функции по устранению негативного воздействия на окружающую среду, требуют незапланированного расходования средств и усилий. Необходимость таких мероприятий обусловлена недостаточностью знаний о природных процессах и явлениях и существованием в городе объектов, которые создавались без учета воздействия на окружающую среду. В отношении последних приоритет отдается ликвидационным мероприятиям. В последние годы в Москве значительно сокращены литейные и гальванические производства, технически устаревшие и не конкурентно способные предприятия. Однако, часть предприятий, выпускающих жизненно важную для города продукцию, например, Московский нефтеперерабатывающий завод (МНПЗ), остаются источниками повышенной экологической опасности, территория которых и прилегающие районы значительно загрязнены нефтепродуктами. Подобное загрязнение отмечено и в других районах города на участках расположения старых наливных станций, местах разлива и аварийного сброса нефтепродуктов. Радикальные меры по устранению загрязнения в этих случаях связаны не только с рекультивацией поверхностного слоя грунтов, что реализовано в Москве на отдельных участках (МНПЗ, район Митино и др.), ремонтом и тампонированием скважин, но должны быть направлены также на очистку водоносного горизонта. Однако последнее из-за значительных затрат в настоящее время не практикуется, хотя и существуют отдельные проектные проработки в этом направлении.

Рекультивация поверхностных грунтов осуществляется в Москве и на участках ликвидированных производств и свалок. Эти работы проводят МосНПО «Радон», ПО «Экотехпром», муниципальные службы города, отдельные фирмы и учреждения. Заказчиками на такие работы выступают городские службы и арендаторы земельного фонда.

К числу исправляющих мероприятия относятся также: расчистка водных объектов города, промывка прудов и отстойников, сооружение дополнительных дренажей и барражей, ремонтные работы при эксплуатации зданий и коммуникаций, ландшафтно-строительные работы и др. Иногда необходимость в таких работах диктуется чрезвычайными ситуациями, угрожающими не только сохранности объектов, но и здоровью людей.

Из всего выше сказанного видно, что эффективность природоохранных мероприятий как в части выполнения ими средозащитных функций, так и в части оптимизации средств на их осуществление, прежде всего зависит от правильного планирования градостроительной политики и рационального использования природных ресурсов. Это возможно осуществить на основе организации системы управления состоянием окружающей среды (включая и недра), в которой выбор комплекса природоохранных мероприятий будет обеспечен природоохранным прогнозированием с учетом потребностей развития и ограниченности финансовых средств. При разработке такой системы особое внимание следует обратить на реализацию превентивных мероприятий, позволяющих значительно сократить расходование средств и обеспечить стабильное развитие.

Глава 9.

Мониторинг геологической среды

9.1. Геодинамический мониторинг

Современное состояние и динамика изменения геологической среды и происходящие в ней процессы (ее деформации, вещественно-структурные преобразования и т.д.) проявляются, как известно, целым рядом прямых и опосредованных индикаторов, которые и составляют основу методов геодинамического мониторинга. В их числе

- деформации и смещения земной поверхности или некоторых тел в подземном пространстве города (геологических слоев и массивов горных пород, подземных выработок, инженерных сооружений и т.д.)

- напряженное состояние массивов горных пород, его вариации и сопутствующие явления (горные удары, выбросы, пучение и обрушение стенок выработок и т.д.)

- пространственно-временные вариации трещиноватости среды и определенных ею проницаемости и потоков флюидов, газов и тепла, гидрогазогеохимических аномалий

- сейсмические явления и сейсмическая анизотропия среды

- пространственно-временные вариации характеристик геофизических полей (гравитационных, магнитных, электрических, акустических, температурных, радиационных)

В настоящее время в Москве наиболее проработанными являются геодезический мониторинг современных движений и деформаций земной коры и ее поверхности, сейсмический мониторинг и мониторинг оползневых склонов.

9.1.1. Геодезический мониторинг

Геодезические методы давно и успешно применяются на территории г. Москвы при проведении различного рода изыскательских, инженерно-геологических, горно-проходческих, строительных, контрольно-эксплуатационных и других работ. В результате сложилась весьма густая измерительная сеть, насчитывающая более 250 постоянных пунктов. В их числе плановая и высотные пункты Московской городской геодезической сети (МГГС) и пункты сети Московского метрополитена.

Их измерительные марки установлены как в специально заложенных стандартных грунтовых реперах (в том числе глубинных опирающихся на известняки карбона), так и в фундаментах стенах и на крышах здания. В большинстве своем они обеспечивали решение задач инженерно-строительного комплекса и не были рассчитаны на получение результатов с высокой точностью, необходимой для изучения геодинамических процессов в условиях платформы. Кроме того, разные ведомства и службы для своих нужд использовали различные исходные модели и системы вычисления, что делает полученные данные трудными для совместного использования в геодинамических исследованиях.

Тем не менее, как было отмечено в разделе 4.1, специальная выборка данных повторных нивелирований, выполненных за довольно продолжительный промежуток времени на ряде обычных пунктов МГГС (см. рис. 4.1) показала, что дифференцированные современные движения земной поверхности, имеющие скорее всего, структурно-тектоническую природу, проявились достаточно определенно. Это является обнадеживающим фактом, подтверждающим целесообразность постановки геодезического мониторинга современных движений и деформации земной коры на территории Москвы.

В 1995–1996 гг. по заказу Московского Правительства и под началом Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) начались работы по реконструкции Московской городской геодезической сети. Целью этих работ были ревизия и перевод городских геодезических сетей на единую систему отсчета и на передовую приборно-технологическую базу с использованием средств и методов спутниковой геодезии, а именно Global Positioning System (GPS), т.е. глобальной системы определения координат пунктов и/или объектов.

В рамках этих работ по инициативе Научно-исследовательского центра «Геодинамика» МИИГАиК и Института геоэкологии РАН и при участии ОИФЗ РАН в составе Московской городской геодезической сети была создана специализированная геодинамическая часть (рис. 9.1). Ее главной задачей является мониторинг современных движений и деформации геологической среды. В эту задачу входят:

- определение компонент деформации по изменениям измеренных элементов геодезических сетей
- выявление участков, проявляющих наибольшую активность в поле современных движений
- установление и разделение факторов, определяющих современные движения и деформации
- построение карт современных движений земной поверхности и динамики этих движений
- прогноз развития негативных явлений по данным о современных движениях.

Необходимость специализации этой части МГГС вызвана особыми требованиями по местоположению реперов, геометрии сети, технологии измерения и обработки их результатов, периодичности и режиму измерения по учету факторов, которые должны приниматься в расчет.

В соответствии с этими требованиями большинство измерительных реперов заложены преимущественно в естественных грунтах. Геометрия геодинамической сети исходит из активной (новейшей) геологической структуры, чтобы наилучшим образом фиксировать особенности смещения и деформаций как отдельных элементов этой структуры, так их совокупностей, а также в расчете на возможность вычленения причинно-разнородных как общих, так и локальных движений.

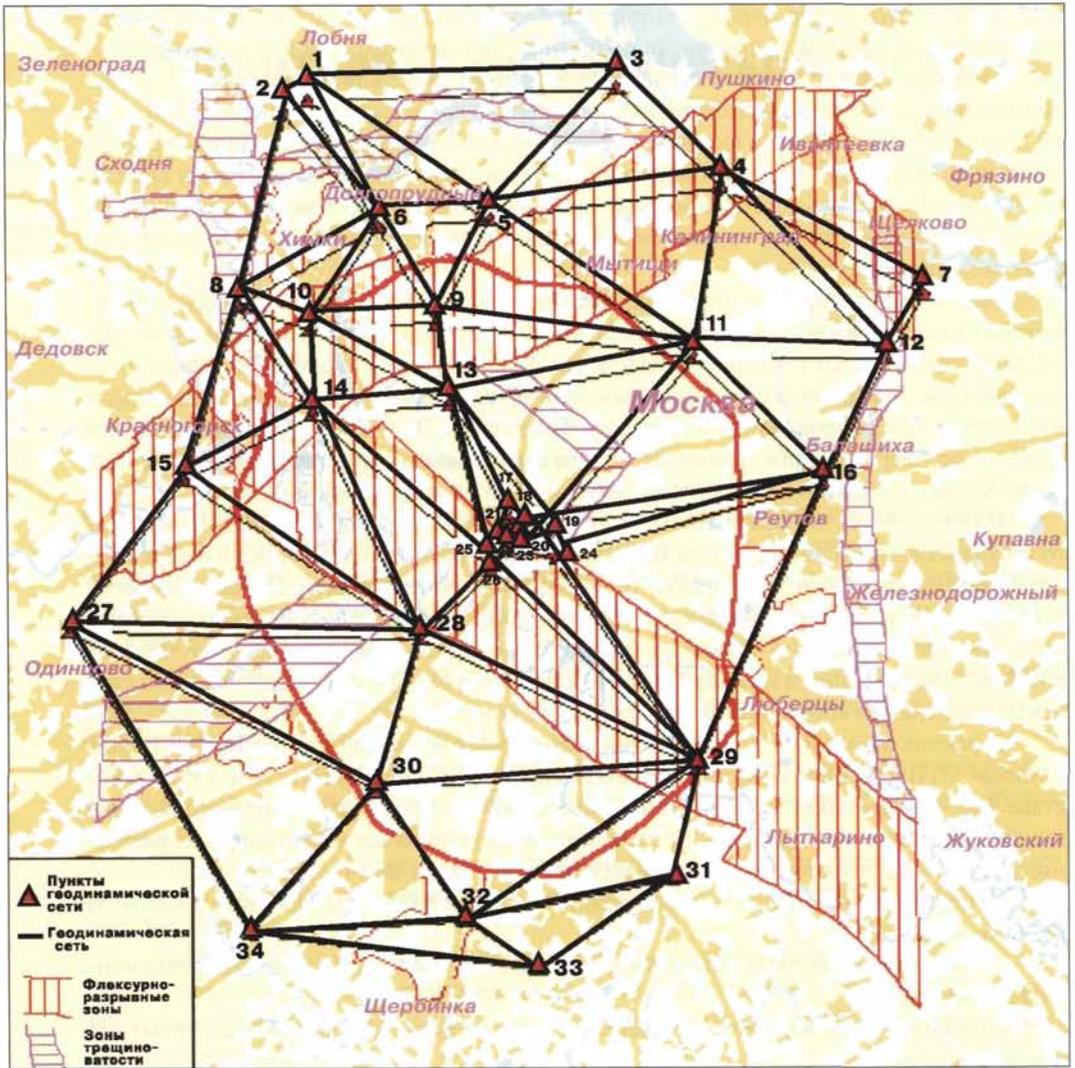


Рис 9 1 Схема геодинимической части Московской городской геодезической сети (условные обозначения в тексте)

Перечень измерительных пунктов геодинамической части
Московской городской геодезической сети

1 Носово	14 Тушино	25 Храм
2 Черная Грязь (Ф-32)	15. Захарково	Христа Спасителя
3 Юдино	16 Горянки	26 Стрелка
4 Тарасовка (25 8)	17 Трубный	27 Лайково
5 Вешки	18 Мархлевский	28 ГАИШ
6 Лихачево	19 МИИГАиК	29 Капотня (Нов)
7 Газохранилище	20 Центр-20	30 Теплый Стан-2
8 Дудино	21 ГСПИ	31 Апаринки
9 Бескудниково	22. Покровский собор	32 Бутово (1 кл)
10 Планерный (Нов)	23 Васильевский спуск	33 Пенино
11 Лесная Сторожка	24 Николаямская	34 Бутово (Ф-23)
12 Ледово	(Сейсмологический центр	35 Менделеево
13 ТСХА	ИГЭ РАН)	36 Звенигород

Геодезические реперы геодинамической сети размещены в пределах практически всех крупных тектонических блоков и линейных зон, показанных на структурно-геоморфологической (неотектонической) карте Москвы (см рис 2 18) Значительное сгущение пунктов наблюдений в самом центре города – на Трубной пл , ул Мархлевского, на Театральной пл (Центр-20), на Манежной пл (ГСПИ-16, ГСПИ – Ось Т1, ГСПИ-6), у Покровского собора и на Васильевском спуске, у Храма Христа Спасителя и на Стрелке, в МИИГАиКе и на Никольямской улице в Сейсмологическом центре ИГЭ РАН – связано с граничным (в смысле структуры) положением этого района и особенно высокой техногенной нагрузкой на его геологическую среду По существу, речь идет о малых геодэформметрических полигонах, количество которых в будущем, по-видимому, будет увеличиваться по мере возникновения новых задач

Пункты геодинамической сети в большинстве совмещены с уже существующими фундаментальными реперами МГГС Для того, чтобы обеспечить определенную связь разновременных сетей и иметь возможность, хотя бы в отдельных случаях, нарастить ряды повторных наблюдений, длительность которых столь необходима для выявления режима движения (их направленности, устойчивости и т д), их природы, а также для оптимизации периодичности и других особенностей дальнейших измерений

В сеть включены также три пары близко расположенных пунктов, для решения дополнительных научно-методических задач, которые могут иметь существенное прикладное значение Фундаментальные реперы пунктов Черная Грязь (Ф-32) и Бутово (Ф-23), расположенные соответственно на северной и южной окраинах сети, заложены на склонах, которые, по данным геолого-геоморфологической рекогносцировки, могут испытывать существенное гравитационное смещение (спотзание) Это будет контролироваться близрасположенными пунктами Носово и Бутово (1 кл), где оползневые явления исключены

Пункт Газохранилище находится в кровле подземного газохранилища и, по имеющимся данным, является неустойчивым, т к реагирует на наполненность хранилища газом Изучение закономерностей движения этой территории может осуществляться путем сравнения с положением близлежащего глубинного репера Ледово, который расположен на территории геофизической обсерватории Объединенного ин-

ститута физики Земли РАН и поведение которого, таким образом, может быть подкреплено иными, геофизическими характеристиками среды.

Технология и методы измерений и обработки данных наблюдении (продолжительность наблюдений на одной станции в текущей эпохе, синхронность наблюдении всех пунктов или их специально сгруппированных «кустов», повторяемость, в том числе по времени года, и другие аспекты) должны обеспечивать максимально возможную точность измерений, порядок которой составляет 10^{-7} . Учитывая, что геодезические измерения (особенно нивелирование) не всегда способны дать однозначный ответ о смещениях вследствие зависимости их результатов не только от смещений, но и от вариации гравитационного поля, необходимо гравиметрическое сопровождение этих измерений. Это же касается и учета атмосферных влияний.

С целью повышения надежности и точности измерений, а также для выявления широкомасштабных, расширенных, составляющих деформаций территории Москвы геодинамическая сеть опирается на несколько удаленных обсерваторий, в которых имеется более широкий комплекс космогеодезической и геофизической аппаратуры. Это пункты в Звенигороде и Менделееве (Научно-исследовательский институт метрологии ВНИФТРИ), входящие в Международную опорную сеть GPS, к которым в дальнейшем целесообразно добавить Обнинск и/или Троицк. В составе непосредственно городской геодинамической сети опорными являются пункты МИИГАиК и Ледово.

По состоянию на конец 1996 г. геодинамическая часть МГГС включала 34 пункта. В октябре 1996 г. был выполнен первый цикл измерений, и заложена исходная (нулевая) эпоха.

В дальнейшем предполагается естественное развитие этой сети, некоторая ее трансформация с усложнением задач (по мере их появления и конкретизации), структуры сети, режимов наблюдений и т.д. Успех геодинамических исследований обеспечивается за счет соблюдения режима и повторяемости измерений, а также сохранности и поддержки измерительных сетей. Кроме того, необходимо осуществлять тесное их сопряжение с измерениями на сейсмометрических сетях, а также с геофизическими (гравиметрическими, магнитометрическими, деформометрическими и наклономерными) измерениями на геофизических обсерваториях. Но это – уже проблема организации комплексного геодинамического мониторинга в будущем.

9.1.2. Сейсмический мониторинг

Сейсмический мониторинг является составной частью геофизического мониторинга, он обеспечивает получение характеристик сейсмических колебаний от различных источников естественного и техногенного происхождения и позволяет оценить воздействие этих колебаний на объекты и сооружения города. Создание автоматизированных локальных наблюдательно-прогностических (охранных) сетей больших городов и особо ответственных объектов является одной из главных задач федеральной целевой программы «Развитие Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений» (1995–2000 гг.)

Эффективность локальных охранных сетей обуславливается их высокой чувствительностью к сейсмодеформационным процессам в земной коре, высокоточным определением координат эпицентров и глубин очагов землетрясений, возможностью картирования потенциальных очагов активизации и объемного (сейсмотомографического) моделирования геологической среды по скоростным и энергетическим харак-

теристикам сейсмических волн. Обеспечивая получение важной фактической информации о поведении полей тектонических напряжений и слабых землетрясении, локальная сейсмосьет становится незаменимым инструментом при прогнозе очагов деформаций в земной коре, которые могут приводить к более сильным землетрясениям

Особое конструкторское бюро (ОКБ) ОИФЗ РАН в инициативном порядке создало на территории Москвы экспериментальную сейсмическую сеть, которая с 1989 г. ведет постоянные сейсмические наблюдения. Указанная сеть создавалась в качестве опытной для обработки и проверки конструктивных, технологических и эксплуатационных характеристик создаваемой в ОКБ сейсмической и геофизической аппаратуры и выполнения отдельных заказных экспериментальных измерений сейсмического фона.

За время существования сети в ОКБ накоплен определенный организационный, технический и методический опыт создания подобных сейсмических систем различного назначения, собран представительный архив сейсмических данных, зарегистрированных в пунктах наблюдения сети. В результате проведенных наблюдений выявлен ряд техногенных сейсмических источников повышенной интенсивности, получены динамические и статистические характеристики сейсмического фона в различных районах г.Москвы, разработано методическое, техническое и программное обеспечение.

Основными задачами сейсмических наблюдений, как составной части геофизического мониторинга, являются

- постоянная оценка параметров сейсмического режима в зоне наблюдений, с целью определения динамики природных и техногенных процессов и прогноза опасных сейсмических явлений в зоне контроля;

- выявление участков, наиболее активно реагирующих на техногенные воздействия;

- установление факторов и источников, приводящих к росту сейсмической активности, и выработка критериев безопасности техногенной деятельности в контролируемой зоне.

Достижение конечной цели осуществляется поэтапно, путем создания базовой системы сейсмического контроля и ее последующего эволюционного развития с учетом опыта эксплуатации, накопленных данных наблюдений. На первом этапе в качестве базовой системы сейсмического мониторинга Москвы использована существующая сейсмическая сеть ОКБ ОИФЗ РАН. При этом решаются следующие основные задачи

- непрерывная регистрация сейсмических сигналов и микросейсмического фона;
- обнаружение сейсмических источников в зоне контроля и оценка их параметров;

- регистрация времени в очаге;

- местоположения,

- мощности (энергетического класса);

- ведение базы данных о сейсмических источниках, регистрируемых в зоне контроля;

- оценка характеристик микросейсмического фона;

- ведение архива данных регистрации сейсмических сигналов и микросейсмического фона.

Сейсмическая сеть ОКБ ОИФЗ РАН г.Москвы состоит из 8 постоянно действующих пунктов наблюдения (ПН), которые могут при необходимости дополняться временными пунктами, и центра сбора и обработки данных (ЦСОД)

Постоянно действующие ПН сети расположены в следующих местах г.Москвы:

Пункты наблюдения	Адрес
1	Крымский вал, 8
2	Пыжевский пер.,3 (сейсмостанция «Москва»)
3	Манежная пл (Геологический музей, РАН)
4	Ленинский пр-т, 38/6 (ОКБ ОИФЗ РАН)
5	Николаямская ул.,51 (Сейсмологический центр ИГЭРАН)
6	Ленинский пр-т (новое здание Президиума РАН)
7	Литовский б-р, 4 (гостиница «Узкое»)
8	Хорошевское шоссе (Хладокомбинат)

ЦСОД сети размещен на территории ОКБ ОИФЗ РАН. Схема размещения пунктов наблюдения сети по Москве представлена на рис. 9.2.

Все ПН сети обеспечивают прием и регистрацию сейсмических сигналов по трем ортогональным компонентам. Большая часть из этих пунктов оснащена сейсморегистрирующими комплексами на базе сейсмоприемников ТС-1 и СМ-3 КВ и типового цифрового регистратора в составе аналого-цифрового преобразователя L-205, ЭВМ IBM PC/AT (286), кварцевых часов АКВ. В ПН на Николаямской с таким регистратором работают сейсмоприемники ССМ-Э, а ПН в новом здании Президиума РАН оснащен сейсмической станцией АССЦ.

Сейсмоприемники в большинстве ПН установлены на полу подвалов зданий. Регистрация сейсмических сигналов осуществляется на магнитные диски и магнитную ленту в старт-стопном режиме (по обнаружению сигналов). Микросейсмический фон регистрируется в таймерном режиме (на заданных временных интервалах).

Данные регистрации со всех ПН сети собираются с периодичностью один раз в неделю и направляются в ЦСОД, где они обрабатываются и архивируются. Центр обеспечивает:

- сбор и контроль цифровой сейсмической информации, поступающей из пунктов наблюдения сети;
- подготовку этой информации для последующей обработки;
- обработку информации для оценки характеристик сейсмических сигналов и фона, а также параметров сейсмических источников;
- архивацию поступающих из ПН данных регистрации;
- ведение базы данных обработки сейсмической информации;
- формирование и выпуск бюллетеней сейсмической обстановки и донесений в компетентные органы по согласованной с ними форме.

В настоящее время сбор сейсмической информации, зарегистрированной в ПН сети, производится путем их объезда специалистом ЦСОД, переписи ее с винчестеров регистрирующих ПЭВМ на магнитные диски (МД) (либо съема магнитной ленты (МЛ) с накопителя станции АССЦ в ПН № 6). Информация на МД копируется в форме готовой для ее немедленной обработки на ПЭВМ в ЦСОДе. Информация с МЛ считывается и формируется для дальнейшей обработки с помощью комплекса «рабочее место геофизика», включающего магнитофон СМ 5.300 и сопряженную с ним ПЭВМ.

Обработка сейсмической информации в ЦСОДе осуществляется в автономном интерактивном режиме с помощью двухмашинного вычислительно-обрабатывающе-

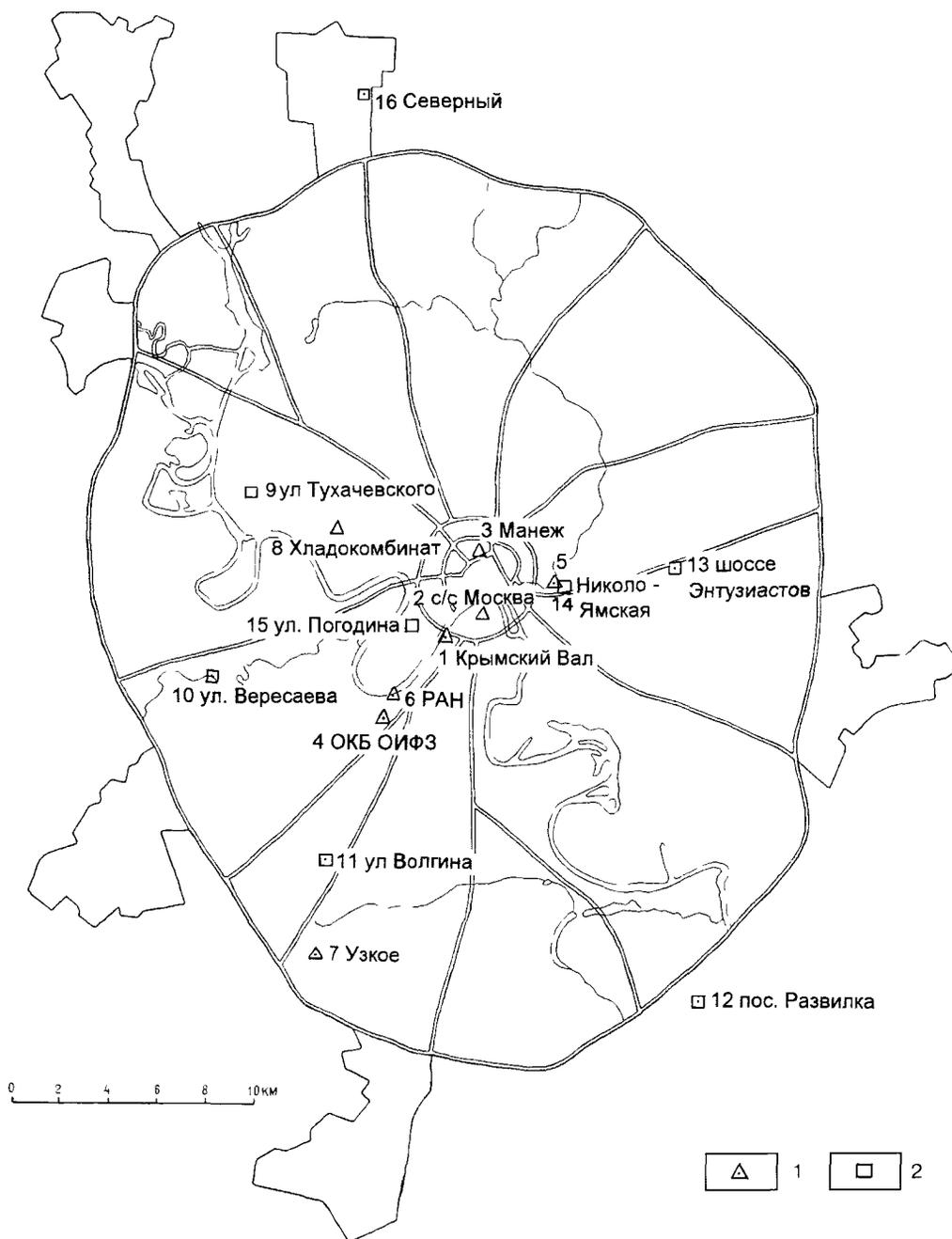


Рис 9 2 Схема расположения пунктов сейсмических наблюдений на территории г Москвы
 1 – пункты наблюдения сейсмической сети ОКБ ОИФЗ РАН
 2 – пункты наблюдения сейсмической сети ЦРГГИ «Геон»

го комплекса (ВОК), сформированного на базе ПЭВМ IBM PC/AT с необходимой периферией (монитор, дисководы для МД 3,5", 5,2" для магнитооптического диска, принтером) В дальнейшем предполагается перейти на передачу информации из ПН в ЦСОД используя телефонные каналы связи

В системе сейсмического мониторинга предусматривается передача пользователям информации о сейсмической ситуации в городе в следующих видах

а) срочное донесение о чрезвычайной ситуации (регистрация землетрясения, взрыва или другого источника в контролируемой зоне выше заданного порога мощности) Донесение должно содержать информацию о времени, местоположении, мощности и оцениваемом характере источника (взрыв, землетрясение и т.д.) Оно должно быть согласовано с пользователем по форме и содержанию, порядку и оперативности его подачи (по телефону, факсу, нарочным с ограничением по времени)

б) донесение по запросу пользователя Содержание, форма, порядок и оперативность подачи донесения могут указываться в запросе и они согласованы предварительно

в) извещение о сейсмической ситуации в городе за определенный временной интервал (например, за месяц) может формироваться в виде бюллетеня Форма и содержание бюллетеня, а также периодичность его выпуска и порядок доставки пользователю согласуются заранее

Еще одна сеть мониторинга сейсмодетекционных процессов на территории Москвы создана Центром региональных геофизических и геоэкологических исследований (Центр «Геон») Ее разработчиками являются Л.Н. Солодилов, С.У. Кухмазов, Н.Н. Ясютевич, Ю.Ф. Коновалов, В.Л. Эсик, О.Г. Попова, Г.В. Карандасов, Ю.А. Чернышев, И.Н. Кадурин (Центр «Геон») и Н.Н. Семейкин (НИИ Приборостроения, г. Жуковский)

Эта сеть включает также восемь пунктов наблюдения, один из которых (ПН № 14 на Николоямской улице) пространственно совмещен с ПН № 5 сейсмической сети ОИФЗ (см. рис. 9.2)

Пункты наблюдения	Адрес
9	ул. Тухачевского
10	ул. Вересаева
11	ул. Волгина
12	пос. Развилка
13	шоссе Энтузиастов
14	ул. Николоямская
15	ул. Погодина
16	пос. Северный

Сеть состоит из 8 цифровых станций «Альфа-Геон», разработанных Центром «Геон» совместно с НИИ Приборостроения (г. Жуковский) Станции укомплектованы трехкомпонентными сейсмоприемниками СК-1П, имеющими собственную частоту 1 Гц

С выхода сейсмоприемника сигнал поступает на вход усилителей блока регистратора сейсмических сигналов (РСС) Блок РСС, помимо усилителей, включает в себя также аналого-цифровой преобразователь, генератор опорной частоты, источники питания, вычислитель, формирователь контрольного сигнала Вместе с сейсмоприемниками, источниками питания, терминалом, долговременным запоминающим устройством он составляет регистрирующий блок

Регистрация сейсмических сигналов может производиться по обнаружению сейсмического события в заранее заданный промежуток времени или в непрерывном режиме записи. РСС «Альфа-Геон» в составе московской локальной сети работает в режиме условной записи, т.е. обнаружения сейсмических событий.

События выделялись с помощью программы «Альфа» по записям нескольких станций. В результате работы программы «Альфа» для каждого события составляется файл записей Z, X, Y компонент по всем станциям обнаружения. Далее этот файл обрабатывается с помощью программы «Detrace», которая позволяет проводить просмотр файлов, частотную фильтрацию, расчет спектров и т.д. В результате обработки по этой программе интерпретатор определяет природу рассматриваемого явления: далекое землетрясение, региональное, местное землетрясение, взрыв, либо коррелируемая помеха.

На развернутой сети РСС «Альфа-Геон» сейсмодеформационный мониторинг реализуется путем регистрации и обработки проходящих волн от далеких землетрясений и формирования временных (по-месячных) файлов по группам из 20–25 сейсмических событий. В дальнейшем по мере улучшения соотношения «сигнал-помеха», исходя из опыта работы Центра «Геон» на полигоне в Кавказских Минеральных Водах, временной интервал опроса может быть уменьшен до 10 дней.

Проводимые сейсмические наблюдения носят пока экспериментальный опытно-методический характер с задачей определения технических условий регистрации местных и далеких землетрясений в условиях городских помех и создания сейсмологической базы данных с целью последующего развития локальной сейсмической сети до оптимального состава.

Сеть автономных сейсмических станций Центра «Геон» на территории Москвы работает с августа 1996 г. За 9 месяцев эксплуатации сети было зарегистрировано более 100 далеких землетрясений, которые используются для уточнения объемной модели строения земной коры московского блока и реализации геодинамического мониторинга. Первые результаты эксплуатации сейсмической сети Центра «Геон» позволяют сделать выводы и предложения по развитию сети.

1. Грунты Москвы характеризуются повышенным уровнем фона микросейсмических помех, имеющих в основном искусственное происхождение. Доминирующие частоты колебаний находятся в диапазоне от 2,5 Гц до 5,0 Гц и выше, что совпадает с преобладающими частотами в спектре сейсмических колебаний от местного землетрясения малой магнитуды. Это повышает пороговый уровень потенциально регистрируемых цифровой аппаратурой местных землетрясений примерно на 1 единицу магнитуды. Для снижения фона технических помех сейсмоприемники должны быть заглублены либо в специальные скважины, либо в существующую систему коммуникаций.

2. Сеть сейсмических станций в Москве должна состоять из 8–12 регистраторов «Альфа-Геон», укомплектованных сейсмоприемниками с частотным диапазоном, расширенным в сторону более длинных периодов. Для выделения местных сейсмических событий необходимо использовать разные частотные полосы, т.к. спектральный состав местных событий в Москве практически неизвестен.

3. В дальнейшем целесообразно расположить 3–5 сейсмических станции в пределах Садового кольца при среднем расстоянии между станциями 2,0–2,5 км и 5–7 станции расположить между Садовым кольцом и МКАД при среднем расстоянии между пунктами наблюдения 11–13 км. Такая система наблюдений обеспечит более эффективный контроль центральной части города.

4. Для оптимизации локальной сети сейсмодеформационных наблюдений необходимо проведение глубинных сейсмотомографических исследований с использованием временных многоприборных площадных расстановок сейсмостанций, что позволит уточнить положение элементов тектонической структуры и её неоднородностей.

9.1.3. Мониторинг оползней

На территории Москвы фактическое ведение мониторинга оползневого процесса осуществляется с 50-х годов — момента создания Министерством геологии СССР Московской оползневой партии (ныне Отдел мониторинга экзогенных геологических процессов МНПЦ «Геоцентр-Москва» Министерства природных ресурсов).

Целью мониторинга оползней является информационное обеспечение организаций, принимающих управленческие решения, сведениями о характере и активности оползневого процесса на территории города и возможности его негативного воздействия на конкретные хозяйственные объекты и ценные территории.

Задачи мониторинга состоят в выявлении пораженности территории оползневыми процессами, изучении их природы, закономерностей возникновения, развития во времени, распространения по площади и прогнозировании их дальнейшего развития.

Мониторинг осуществляется на двух уровнях: региональном и локальном. На региональном уровне им охвачена вся потенциально оползневая часть территории Москвы — долины малых рек и овражно-балочная сеть. Слежение и контроль за развитием оползней ведется посредством периодических обследований оползневых участков. В ходе наблюдений выявляются все оползнепроявления, которые фиксируются на среднемасштабной карте. Описываются визуально определяемые условия формирования оползней, характер оползнепроявлений (размеры, состояние сместившегося материала, длина его пути, давность смещения и т.д.), а также факторы, вызвавшие возникновение или активизацию процесса. Обследования проводятся с середины 70-х годов с периодичностью 5 и более лет.

Осуществление регионального мониторинга позволило оценить пораженность территории Москвы оползнями, выявить наиболее опасные участки, оценить возможные масштабы проявления процессов. Карта пораженности Москвы оползнями различных типов в середине 80-х годов была передана городским властям, чтобы служить основанием для принятия решений о необходимых противооползневых мероприятиях на участках, пораженных оползнями, и о возможности освоения участков, потенциально оползнеопасных.

На локальном уровне мониторинг осуществляется главным образом на участках развитых глубоких оползней в долинах р.Москвы и её притоков с использованием широкого спектра методов:

- высокоточных геодезических измерений величин и скоростей оползнепроявлений по системе грунтовых реперов, установленных в виде створов от бровки склона до его основания в различных частях оползневых участков;
- упрощенных инструментальных наблюдений по системе марок и штырей за изменением размеров стенок срыва оползней, размеров оползневых трещин, перемещением быстросмещающихся частей оползневых тел;
- инструментальных наблюдений за деформациями в глубине массива по глубинным реперам различных конструкций (тросовым, трубчатым, электрическим и др.);

– геофизических методов (ВЭЗ, эманационной съёмки, замеров естественного импульсного электромагнитного поля Земли и др.) для выявления структуры оползневых тел и напряженно-деформированного состояния склонов;

– буровых работ для изучения геологического строения и гидрогеологических условий склонов;

– лабораторных исследований свойств пород, участвующих в оползневом процессе, пространственно-временной изменчивости их свойств, в том числе склонности к снижению прочности во времени;

– физического моделирования процесса;

– эхолотирования русла реки Москвы напротив оползневых склонов в комплексе с замерами скоростей и направления речного потока для оценки интенсивности эрозионной деятельности реки;

– наблюдениями за режимом подземных вод.

Исследования увязываются с данными Госкомгидромета о климатических условиях территории.

Локальный мониторинг начал осуществляться с конца 50-х годов сначала только на участках Воробьевы горы, Фили-Кунцево, Коломенское, поэтому по этим объектам имеется наиболее длительный ряд наблюдений. При этом следует отметить, что наблюдения велись как до выполнения на участках противооползневых мероприятий, т.е. в условиях естественного развития, так и после. На остальных 12 участках (склонах, сформированных глубокими оползнями, но осложненных также поверхностными и мелкими оползнями) наблюдения ведутся с середины 70-х годов.

Результаты наблюдений позволили оценить активность оползней на каждом участке, получить количественные характеристики подвижек. Накопленные временные ряды оползнепроявлений и оползнеобразующих факторов дали возможность выявить ряд закономерностей развития процесса во времени и использовать их для составления прогнозов. Подробно результаты этих работ изложены в разделе 4.5 настоящей монографии. В последние годы обработка материалов наблюдений и прогнозирование динамики оползней ведутся с применением компьютерных технологий.

Полученные результаты наблюдений с рекомендациями требующихся противооползневых мер ежегодно направляются в форме информационных заключений Мэру города, в экологическую комиссию Городской думы, а также руководителям предприятий и ведомств, вблизи объектов которых развиваются оползни, способные нанести ущерб. Полученные материалы использовались также при разработке мероприятий по стабилизации оползней на участках Фили-Кунцево, Коломенское, Хорошево-2, Н.Мневники. По данным мониторинга в середине 70-х годов были приняты решения по берегоукрепительным и противооползневым мероприятиям на всех участках долины р.Москвы в пределах города, пораженных глубокими оползнями.

Участие геологической службы, осуществляющей мониторинг оползневых процессов в Москве, в принятии управленческих решений по борьбе с ними, выражается, кроме того, в форме рассмотрения проектов освоения склоновых и присклоновых участков, а также в виде ответов на запросы строительных и проектирующих организаций о наличии оползней или возможности их возникновения на участках, подлежащих освоению. За 40 лет было рассмотрено свыше 1500 таких запросов, поступивших почти от 400 организаций.

9.2. Геохимический мониторинг

Геохимический мониторинг (мониторинг загрязнения природных сред) — это многоцелевая информационно-диагностическая система, основными задачами которой являются:

- наблюдение и контроль за уровнем техногенного изменения состава исследуемых природных сред (атмосферного воздуха, поверхностных вод и донных отложений, снегового, почвенно-растительного покровов, подземных вод),
- анализ информации с целью предупреждения возможных критических ситуаций, создающих угрозу здоровью людей и другим живым организмам, выявления фактических источников поступления загрязняющих веществ в окружающую среду:
- прогноз изменения состава природных сред под влиянием техногенеза;
- научное обоснование рекомендации по предотвращению, уменьшению или ликвидации техногенного влияния на природные среды;
- наблюдение, анализ и оценка эффективности мероприятий по защите окружающей среды.

В г. Москве функции регионального центра по наблюдению и контролю за состоянием и уровнем загрязнения природной среды выполняет Московский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (МосЦГМС). Однако сложившаяся к настоящему времени система мониторинга в городе значительно шире и включает в себя многие программы и исследования, осуществляемые различными ведомственными службами и научно-исследовательскими организациями¹

Геохимический мониторинг городской среды Москвы включает следующие подсистемы. «Атмосферный воздух», «Снеговой покров и почвы», «Поверхностные воды и донные отложения», «Радиационная обстановка», «Растительность и животный мир».

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха. Систематические наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории Москвы осуществляются с 1965 г. по программе, утвержденной Госкомгидрометом. МосЦГМС проводит определение концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе на стационарных постах наблюдения. 4 размещены в жилых массивах, 5 — в жилых массивах, находящихся под влиянием промзон, 4 — в непосредственной близости от автомагистралей, 2 — в промзонах, 1 — в центре города, 2 — в зеленой зоне. На 8 стационарных постах наблюдения осуществляются более 15 лет. Пробы атмосферного воздуха отбираются 2–4 раза в сутки с последующим анализом содержания загрязняющих веществ (пыль, сернистый ангидрит, оксид углерода, двуоксид азота) в химической лаборатории. На 5 постах параллельно действуют автоматические станции контроля загрязнения атмосферы, определяющие в автоматическом режиме содержание в воздухе оксида и двуоксида азота и оксида углерода с передачей информации каждый час в центр сбора и обработки.

С 1986 г. для обследования уровня загрязнения воздуха непосредственно под факелами предприятий, а также по сигналам жителей и организаций, круглосуточно осуществляются оперативные выезды передвижных автолабораторий. В настоящее

¹ Сведения о существующей системе мониторинга городской среды приводятся по Государственному докладу о состоянии окружающей природной среды Москвы в 1992 году (М 1993) и данным Московского природоохранного центра по ведению мониторинга в г. Москве за 1996 г.

время действуют 5 передвижных лаборатории, которые оснащены аппаратурой, позволяющей измерять в атмосферном воздухе содержание сернистого газа, сероводорода, хлора и озона. По мере необходимости на стационарных постах и автолабораториями производится отбор проб для определения содержания ряда специфических ингредиентов.

Контроль за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу осуществляется с 1989 г. госинспекцией по охране атмосферного воздуха Москомприроды. Инспекционные проверки выбросов промышленных предприятий проводятся два раза в год. По результатам проверок составляются соответствующие акты.

В Институте физики атмосферы (ИФА РАН) более 10 лет ведется контроль общего содержания оксида углерода в толще атмосферы над центром города. С 1990 г. регулярно измеряются концентрации сажевого аэрозоля и некоторых газовых загрязнителей (озон, оксиды азота, оксид углерода). В трех пунктах (Б.Ордынка – ИФА РАН, Воробьевы горы – МГУ, Звенигород) проводится систематическое зондирование, с помощью акустического дозатора метеорологических характеристик, определяющих накопление и распространение загрязняющих примесей в воздушном бассейне города.

С 1985 г. в ГНПП «Аэрогеология» на основании материалов аэрокосмических съемок периодически оценивается пространственное распределение запыленности приземных слоев атмосферы с определением в атмосферном воздухе концентрации сернистого газа, оксида углерода, аммиака, озона, аэрозолей и оксидов азота на трассах длиной от 0,2 до 5 км.

Выявление основных загрязнителей, влияющих на здоровье населения, проводится Московским городским центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора (МГЦ ГСЭН) три раза в неделю путем подфакельных маршрутных наблюдений.

Мониторинг загрязнения атмосферных осадков, снегового покрова и почв. Систематические наблюдения за загрязнением дождевых атмосферных осадков и снега ведутся МосЦГМС в 3 пунктах (ВДНХ, Балчуг, Шарицыно). В осадках определяется содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и нитритов, тяжелых металлов, рН. 30-летний ряд наблюдений за содержанием в атмосферных осадках макрокомпонентов получен метеообсерваторией МГУ (Воробьевы горы).

Геохимические съемки снегового покрова для всей территории города проведены Московской опытно-методической экспедицией Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (МОМГЭ ИМГРЭ) дважды в 1978 и 1987 гг. в масштабе 1:100 000. Для более, чем 20 районов города в последнее десятилетие подобные исследования выполнены в масштабах 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000. С 1978 г. ежегодно осуществляются наблюдения за загрязнением снегового покрова на 14 стационарных площадках, расположенных в разных районах города, в условиях различных техногенных нагрузок. Крупномасштабные геохимические съемки загрязнения снегового покрова, почв, растительности, атмосферных осадков и поверхностных вод проводятся периодически сотрудниками почвенного и географического факультетов МГУ для выявления характера миграции и баланса металлов загрязнителей в городских экосистемах.

Площадное изучение техногенного загрязнения почв металлами было начато в середине 70-х годов специалистами МОМГЭ ИМГРЭ. К настоящему времени проведено детальное картографирование ряда участков города, выполнено несколько циклов почвенной съемки многих районов по сети 1 км × 1 км.

В 1983–1992 гг организациями Геотехвимс, ИМГРЭ и «Геоцентр «Москва» выполнено геохимическое картирование загрязнения снегового покрова и почв Московской области, в том числе территории гМоскву в масштабах 1 500 000, 1 100 000, а также отдельных районов гМосквы в масштабе 1 10 000 ГНПП «Аэрогеология» с 1983 г картирует загрязнение снегового покрова пылью на основе аэрокосмосъемок. Специальный контроль снегосвалок, а также загрязнения почв нефтепродуктами и металлами осуществляет Москомприрода по жалобам организаций и жителей города. В МосЦГМС ежегодно анализируется 100 проб почвы в общедоступных местах для определения 10 химических и 3-х бактериологических и паразитологических показателей, а также 2–3 раза в год в 60 контрольных точках проводятся радиологические исследования снега и почв.

Инспекционные обследования почв жилых районов и зон рекреации систематически осуществляются МГЦ ГСЭН с целью определения влияния загрязнения почв на здоровье населения и проведения профилактических мероприятий.

Мониторинг загрязнения поверхностных вод и донных отложений. Контроль за гидрохимическим режимом и уровнем загрязнения водных ресурсов Московского региона выполняет МосЦГМС. Программа включает наблюдения за гидрологическим и гидрохимическим режимом, за загрязнением, за гидробиологическими показателями. В Москве наблюдения за загрязнением поверхностных вод осуществляются на 5 стационарных постах. Кроме того, оперативная служба проводит обследования на притоках р Москвы и на водоемах города по сигналам жителей города и организации.

МГЦ ГСЭН контролирует загрязнение поверхностных вод на 4-х створах р Москвы в зонах рекреации: Щукино, Гребной канал, Южный порт, Коломенское. Контроль за качеством воды открытых водоемов, в том числе в зонах рекреации, ведется санитарной службой в 12 пунктах 2 раза в месяц с мая по сентябрь для определения 26 органолептических и химических и 4 бактериологических показателей.

Московско-окское бассейновое водохозяйственное управление (МОБВУ) с 1985 г систематически наблюдает за загрязнением р Москвы и ее крупных притоков на 11 створах.

Москомприрода периодически инспектирует состав сточных вод промышленных предприятий, станции аэрации, состояние водоохранных зон.

Кроме того, качество воды в Москва-реке изучается при оперативных комплексных наблюдениях за загрязнением почв, снега, поверхностных вод, донных отложений, атмосферных осадков и растительности в МОМГЭ ИМГРЭ, а также на почвенном факультете МГУ.

МосводоканалНИИпроект в 1966–1988 гг проводил исследования гидрохимического режима Москвы реки в черте города на 7 створах наблюдений. С 1987 г исследования загрязнения донных отложений р Москвы от истоков до устья, систем Москворецкого, Волжского, Окского и Клязьминского источников водоснабжения, а также пяти притоков р Москвы и 82 водоемов на территории гМосквы выполнялись МОМГЭ ИМГРЭ. На факультете почвоведения МГУ, в Геоэкоцентре, в МосводоканалНИИпроекте систематически изучается загрязнение донных отложений на различных водных объектах для определения концентраций металлов, органических веществ, нефтепродуктов, пестицидов.

Мониторинг радиационной обстановки. Наблюдения за радиационной обстановкой в основном проводятся МосНПО «Радон». Режимная сеть включает 25 пунктов, оснащенных непрерывно действующими измерителями радиационного фона.

и 150 пунктов периодического мобильного контроля. В состав контролируемых параметров входят: мощность экспозиционной дозы (мкР/час), интегральная годовая доза (мГР/год), объемная альфа- и бета-активность воздуха, радионуклидный состав воздуха и атмосферных осадков, плотность выпадения радиоактивных аэрозолей и радиоактивных осадков в период снеготаяния, радионуклидный состав жидкой и твердой фаз снега, суммарная альфа- и бета-активность воды, суммарная альфа- и бета-активность и радионуклидный состав донных отложений, грунтов, ила, растительности. На основании полученных данных составляются радиационно-экологические карты в масштабе 1:300 000 и 1:200 000.

Главное управление медико-биологических и экстремальных проблем Министерства здравоохранения Российской Федерации выполняет ежемесячно и ежеквартально радиационный контроль на 4-х стационарных постах и 30 пунктах оперативного наблюдения в районах расположения потенциальных источников загрязнения окружающей среды радиоактивными компонентами (Институт атомной энергии им.И.В.Курчатова, Московский инженерно-физический институт, НИИ энерготехники и др.) за количеством радиоактивных газоаэрозольных выбросов в атмосферу, суммарной альфа- и бета- активностью атмосферного воздуха, продуктами деления, содержанием бериллия, свинца и других веществ, содержанием радиоактивных веществ в почвах, растительности, снежном покрове, донных отложениях, промышленных, ливневых и хозяйственных сточных водах

МГЦ ГСЭН проводятся наблюдения на 12 постах за гамма-фоном, на 4-х – за радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха, в 60 контрольных точках – за радиоактивным загрязнением почвы, растительности, воды открытых водоемов, хозяйственно-питьевых вод, продуктов питания, сточных вод радиологических объектов и станций аэрации.

С 1989 г. МосЦГМС изучает плотность радиоактивных выпадений из атмосферы (по суммарной бета-активности на 4-х метеостанциях: Балчуг, ВДНХ, ЦВС, Царицыно) Постоянный контроль за радиационной обстановкой и вероятными дозами облучения населения проводится в Институте биофизики Министерства здравоохранения РФ Изучение радиационной обстановки на всей общедоступной территории города с выявлением участков и источников радиоактивного загрязнения осуществляется в ГПП «Геоэкоцентр». По результатам гамма-съемки составлена карта гамма-поля территории г.Москвы в масштабе 1:10000

Москомприродой систематически инспектируется радиологическое воздействие на объекты природной среды промышленных и научных объектов, работающих с радиоактивными веществами.

Состояние растительности и животного мира. Систематический контроль за состоянием растительности и животного мира не проводится В основном, оценка состояния зеленых насаждений в городе осуществляется путем инвентаризации и паспортизации. ПО «Мослесопарк» выполняет маршрутные обследования и инвентаризацию лесопарков, городских лесов, бульваров, скверов, парков для оценки и прогноза состояния фонда зеленых насаждений. ВНИИЦ «Лесоресурс» с периодичностью 5–10 лет проводит маршрутные исследования зеленых насаждений и лесонасаждений. Инвентаризацией и паспортизацией всех зеленых насаждений, не входящих в послевоенный фонд, занимается Городское бюро технической инвентаризации.

Региональные обследования состояния растительности проводятся в ГНПП «Аэрогеология» по материалам аэрокосмических съемок. Содержания в растительно-

сти тяжелых металлов определялись в МОМГЭ ИМГРЭ на географическом и почвенном факультетах МГУ. Влияние загрязнения поверхностных вод на ихтиофауну изучалось Экологическим фондом развития городской среды в 1993–1994 гг.

Информация о состоянии городской среды обобщается в виде ежегодников и ежемесячников метеорологического режима государственных водных кадастров гидрологического и гидрохимического режима, ежегодников качества поверхностных вод, ежегодных обзоров состояния загрязнения атмосферы. По материалам оперативных обследований составляются еженедельные справки и ежедневный прогноз уровня загрязнения атмосферного воздуха. Данные о состоянии поверхностных вод (на постах МосЦГМС, МОБВУ, МГЦ, ГСЭН, Москомприроды), о загрязнении почв (наблюдения МГЦ, ГСЭН), атмосферного воздуха (наблюдения Москомприроды) заносятся в банк данных. Обобщенная информация о загрязнении окружающей природной среды г. Москвы приводится в ежегодно выпускаемых государственных докладах. Однако материалы о состоянии природных сред, получаемые отдельными организациями при выполнении научно-исследовательских работ, нередко находятся только в фондах данных организации.

В целом, несмотря на многочисленные исследования загрязнения природных сред, проводимые на территории г. Москвы, следует констатировать, что сложившаяся к настоящему времени система наблюдений за экологической ситуацией в городе не совершенна и плохо скоординирована. В 1992 г. было принято Постановление Москвы «О мерах по созданию экомониторинга г. Москвы», однако работы по модернизации выполняются в основном только для подсистем «атмосферный воздух» и «поверхностные воды». Наиболее обоснованной и успешно действующей является система мониторинга воздушного бассейна города. Однако очевидно, что для решения основных задач экологического мониторинга необходима не модернизация отдельных подсистем, а создание единой системы мониторинга окружающей среды. Взаимосвязь загрязнения различных компонентов окружающей среды обуславливают необходимость комплексного мониторинга геохимически сопряженных сред: миграционных (воздух, поверхностные воды, подземные воды) и депонирующих (почвы, снег, донные отложения, породы), так как изучение отдельных компонентов окружающей среды затрудняет возможность учета всех взаимовлияющих техногенных воздействий при разработке природоохранных мероприятий. Проведение мониторинга требует предварительной разработки и согласования регламента, определяющего размещение сети наблюдательных пунктов и ключевых участков, периодичность, объем, состав и методы наблюдений, перечень наблюдаемых компонентов и показатели и т.п. Получаемая информация должна поступать в единый банк данных и быть доступной для организации, занимающихся решением вопросов, связанных с экологической безопасностью города.

9.3. Гидрогеологический мониторинг

Первый каталог буровых скважин на воду для территории Москвы был составлен Г.А. Траутшотльдом на рубеже XIX и XX веков и в дальнейшем в начале нынешнего века уточнен В.Д. Соколовым.

Оценка экологического состояния реки Москвы в составе природного комплекса в составе эколого-градостроительного плана г. Москвы. Экологический фонд развития городской среды ЭКОГОРОД. М., 1996. Проблемы экологии Москвы. М.: Гидрометеониздат, 1997 г.

Соколов В.Д. Гидрогеология реки очерк Московской губернии. М.: Моск. губерн. зем. во. 1913. 178 с.

В это же время была осуществлена первая наиболее полная за прошлый век систематизация информации о распространении и составе подземных вод Московской губернии (Никитин С.Н., Иванов А.П., Петунников А.Н.) положившая совокупно с каталогизацией буровых скважин начало государственному учету добычи подземных вод в регионе а также контролю за их качеством.

К исходу первой четверти нынешнего века в связи с ростом водоотбора подземных вод возникла необходимость создания специальной сети наблюдательных скважин назначением которой являлось отслеживание взаимовлияния действующих водозаборов а также изучение изменений уровенной поверхности грунтовых вод. Такая сеть наблюдений начала создаваться с 30-х годов и эксплуатируется до настоящего времени. Таким образом с этого времени стала постоянно накапливаться и анализироваться информация не только об изменениях отбора и состава подземных вод но и об изменениях положения уровенной поверхности эксплуатируемых и залегающих над ними водоносных горизонтов.

Создание наблюдательной сети оказалось своевременным поскольку позволило отследить наиболее существенные за всю историю добычи подземных вод изменения гидрогеологической обстановки произошедшие в регионе в период с конца 40-х до середины 80-х годов. Эти изменения были связаны с беспрецедентно высоким ростом водоотбора подземных вод продолжавшимся вплоть до 1985 г.

Сеть наблюдений за подземными водами предназначена для слежения за их уровнем температурным и химическим режимом а также для адаптации геофизических и миграционных моделей.

В 80-х годах наблюдательная сеть скважин на территории Московского региона была усилена этажными наблюдательными квестами позволяющими в одном месте отслеживать изменения уровенной поверхности одновременно в эксплуатируемых водоносных горизонтах и первом от поверхности горизонте грунтовых вод. Наряду с этим к середине 80-х годов для Московского региона была создана уникальная автоматизированная информационная система постоянно действующих моделей (АИСПДМ) позволяющая оценивать гидрогеологическую обстановку в пределах Московского региона включая г.Москву (на территории площадью 47 тыс км²).

Эта система ежегодно воспроизводит работу и взаимовлияние всех состоящих на государственном учете водозаборных скважин расположенных в регионе (их число на 1994 г составляет 10154 из них 779 расположены в г.Москве) а также оценивает влияние эксплуатации подземных вод на сток рек. Одновременно изменения гидрогеологической обстановки контролируются наблюдательной сетью состоящей в настоящее время из 1158 действующих скважин 330 из которых находятся на территории г.Москвы.

Сеть наблюдательных пунктов в г.Москве на конец 1995 г состояла из 369 наблюдательных скважин как государственной сети наблюдений так и объектных сетей наблюдений обслуживаемых отделом государственного мониторинга подземных вод (ОГМПВ) и гидрогеологической режимной партией (ГРП) на хозяйственных началах по

Никитин С.Н. Климатические отложения Подмосковного края и артезианские воды под Москвой. Тр. Геол. комитета. 1890. Т. V. № 5. 144 с.

Иванов А.П. Новые глубинные артезианские скважины в гор. Москве. Год. отч. Моск. общества испытателей природы за 1894/95 гг.

Петунников А.Н. Состав и свойства Московских вод. М. 1879. 31 с.

Зеегофер Ю.О., Ключевин А.Н., Пшкковский И.С., Рошаль А.А. Постоянно действующие модели гидролитосферы территории городских агломераций. М. Наука. 1991. 198 с.

Масштаб 1 250 000

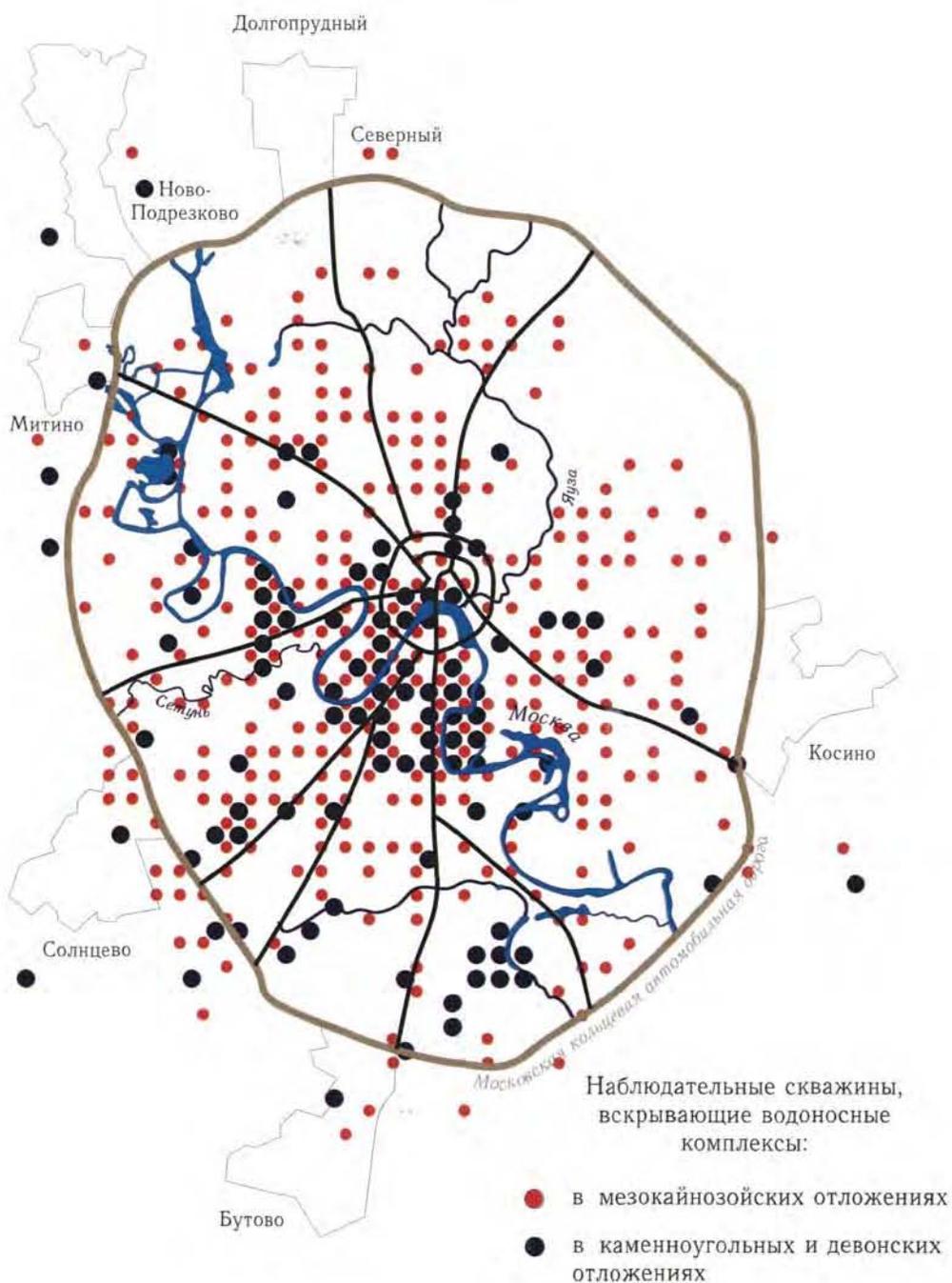


Рис 9.3 Схема размещения наблюдательных скважин мониторинга подземных вод Масштаб 1 250 000

заказу проектных организации г.Москвы (рис. 9.3) Динамика изменения количества наблюдательных скважин и структуры сети за период 1990, 1995 гг дана в таблице 9.1

Таблица 9.1

Динамика изменения наблюдательной гидрогеологической сети

Годы	Скважины государственной сети		Скважины объектной сети		Общее количество	
	Мезокай- нозойский	Каменно- угольный	Мезокай- нозойский	Каменно- угольный	Мезокай- нозойский	Каменно- угольный
1990	297	82	–	–	297	82
1995	274	75	9	11	283	86

Как видно из таблицы 9.1 количество наблюдательных скважин государственной сети за пятилетие сократилось на 23 ед. по верхним – четвертичным и мезозойским горизонтам, а также на 7 ед. – по горизонтам каменноугольных отложений, из которых ведется отбор подземных вод. За этот же период возникли объектные сети на некоторых участках территории города. В 1994 г. велись наблюдения у Третьяковской галереи (прекращены вследствие отсутствия средств у дирекции галереи), в районе ул. Тверской, 13 (прекращены по завершению строительства), в районе Манежной площади. В 1995 году количество наблюдательных скважин объектной сети в районе Манежной площади было увеличено с 6 до 20. Несмотря на компенсацию потерь государственной сети за счет появления объектных сетей, общее количество наблюдательных пунктов за пятилетие сократилось на 10 ед.

Сеть наблюдений за подземными водами предназначена для слежения за их уровнем, температурным и химическим режимом, а также для адаптации геофильтрационных и миграционных моделей. Наблюдения не автоматизированы и ведутся переносными измерительными средствами в рамках периодического маршрутного обследования территории города.

Кроме осуществления наблюдений по скважинам в рамках работ по ведению Государственного водного кадастра (ГВК), которые являются составной частью работ по ведению мониторинга геологической среды в целом, осуществляется учет отбора подземных вод на территории города по эксплуатационным скважинам, пробуренным на три водоносных горизонта пресных вод, а также по глубоким горизонтам, из которых добываются минеральные воды и рассолы. Ведется также учет водоотлива из дренажных сооружений (главным образом, метрополитена).

На территории города в пределах МКАД и на присоединенных к нему территориях, службой мониторинга геологической среды (ГМГС) учтено на конец 1995 г. 779 водозаборных скважин, пробуренных на горизонты пресных подземных вод. По округам города они распределены следующим образом:

ВОСТОЧНЫЙ	86 скв
ЗАПАДНЫЙ	80 скв
СЕВЕРНЫЙ	62 скв
СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ	87 скв
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ	80 скв

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ	147 скв.
ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ	84 скв.
ЮГО-ЗАПАДНЫЙ	66 скв.
ЮЖНЫЙ	87 скв.
ВСЕГО	779 скв.

Общее количество учетных скважин, вместе с затампонированными, превышает 1000 шт. За 1995 г. был зафиксирован тампонаж 17 скважин, в том числе, в Юго-Восточном округе – 8, в Восточном – 2, в Западном – 1, в Центральном – 6. Наряду с учетом водоотбора осуществляется перманентный контроль за состоянием водозаборных узлов. Из них в 1995 году было обследовано 130.

По итогам измерений в скважинах наблюдательной сети (они проводятся раз в 6 дней) и учета водоотбора существуют автоматизированные базы данных, реализованные в специализированной системе MONITORING, разработанной СП «Гео-софт-Истлинк», а также в системе «PARADOX».

В обычном режиме работы гидрогеологическая обстановка в городе уточняется с использованием геофильтрационных моделей, реализованных в программных системах GWFS (Ground Water Flow Simulation) и MTS (Mass Transport Simulation), разработанных СП «Гео-софт-Истлинк».

Все перечисленные системы взаимосвязаны, введены в производственную эксплуатацию с 1987 года и функционируют на технической базе ПЭВМ. В целом имеющиеся в ОГМПВ и ГПП средства ведения и обработки гидрогеологической информации по территории г.Москвы и Московской области являются уникальными для России.

9.4. Постоянно действующая модель гидrolитосферы города

Как уже отмечалось, изменение уровней подземных вод является причиной развития ряда негативных геологических процессов на территории города. Это обстоятельство привело к необходимости осуществления комплексного прогнозирования влияния техногенной деятельности на изменение гидрогеологических условий. Такое прогнозирование осуществляется с применением системы математических моделей территории города различного уровня. Поскольку такие модели разрабатываются для конкретной агломерации, то важнейшей составляющей исследований является информационная поддержка модели, которая превращает их в модели непрерывного прогнозирования (continuous simulation) или, в так называемую постоянно-действующую модель. Такая компьютерная система для г.Москвы была создана в «Геоцентре-Москва» на базе специально разработанных в СП «Геолинк» программных средств.

9.4.1. Информационное обеспечение

Информационное обеспечение системы основано на поддержании баз данных, содержащих картографическую и фактографическую информацию.

Картографическая база (ГИС) представлена сериями карт, содержащих информацию о самом городе, рельефе, речной сети, функциональном использовании территорий и др. На специальных картах представлена информация, характеризующая геологическое строение и гидрогеологические условия на территории самого города и его пригородов. Поскольку зона возмущения, связанная с водоотбором подземных вод,

охватывает пространство в радиусе почти 100 км, то и картографический материал представляет всю эту территорию. Эти карты построены в различных масштабах от 1:500 000 до 1:25 000 и характеризуют как собственно территорию г.Москвы, так и ее окрестностей. Эти карты хранятся в памяти ЭВМ и могут быть проанализированы с использованием ГИС-технологии и распечатаны. Кстати, большинство картографических иллюстраций этой монографии, характеризующих гидрогеологические условия, выполнены с карт, хранящихся в базе данных с использованием компьютерных технологий.

Фактографическая база содержит сведения о физико-механических свойствах пород, качестве подземных вод, результатов наблюдений за уровнем подземных вод по различным водоносным горизонтам, данные о работе скважин, откачивающих подземные воды, а также результаты геодезических наблюдений за перемещением массивов пород и поверхности земли

9.4.2. Блок прогнозов

Этот блок представляет собой программную систему, реализующую математические модели, которые обеспечивают решение разнообразных задач, связанных с оценкой влияния хозяйственной деятельности на недра земли. Прежде всего это – геофильтрационные модели, позволяющие прогнозировать изменение напоров воды в водоносных горизонтах, залегающих под городом. Эти изменения, как уже говорилось выше, связаны с отбором воды скважинами, водоотливом из дренажных систем подземных сооружений и метро, засыпкой оврагов и речек, изменением условий питания подземных вод.

В связи с тем, что неодинаковые факторы определяют различное по своим масштабам воздействие, система модели представлена разными уровнями детальности.

Региональная модель охватывает всю территорию Московской области площадью около 40 тыс км² и соответствует детальности карт масштаба 1:500 000. Эта модель позволяет прогнозировать влияние водоотбора подземных вод как в самой Москве, так и в городах и населенных пунктах Московской области, поскольку их водозаборы находятся во взаимовлиянии. Прогнозы, выполненные на этой модели, дают материал для управления отбором подземных вод с учетом целого ряда критериев, включающих помимо чисто технических еще и природоохранные ограничения.

Модель локального уровня охватывает территорию площадью около 2000 км², включая сам город Москву и прилегающие к ней окрестности. Детальность этой модели соответствует картам масштаба 1:100000. Модель применяется для прогноза гидродинамического режима при локальных возмущениях водоносного горизонта, например при проходе линии метрополитена с использованием глубокого водопонижения, при оценке влияния изменения отбора подземных вод из скважин. Такое моделирование позволяет правильно выбрать вариант трассы метро и заранее предусмотреть защитные мероприятия. С другой стороны, прогноз подъема уровня при прекращении водоотбора из скважин дает возможность предусмотреть возможность затопления тоннелей метро и, соответственно, разработать правила управления режимом откачки подземных вод.

Детальная модель охватывает собственно территорию города и строится на базе карт масштаба 1:25 000. Эта модель используется для гидрогеодинамических прогнозов в связи со строительной и инженерной деятельностью на территории г.Москвы. На ее базе решаются задачи при застройке новых микрорайонов, создании прудов и отстойников очистных сооружений, освоении подземного пространства.

С увеличением детальности моделей повышается возможность учета разнообразия особенностей процессов взаимодействия города и земных недр.

На каждом уровне детальности могут решаться следующие задачи:

а) моделирование геофильтрации в многослойных водонапорных системах; б) моделирование подземного и поверхностного стока в речных бассейнах; в) моделирование загрязнения подземных вод; г) моделирование миграции в зоне аэрации.

Моделирование геофильтрации в многослойных водонапорных системах предусматривает решение ряда задач: напорная геофильтрация, напорно-безнапорная геофильтрация как при постоянной водопроницаемости водоносных горизонтов, так и при линейной зависимости водопроницаемости от мощности горизонта. В зависимости от поставленной задачи интенсивность инфильтрационного питания может быть принята либо постоянной, либо меняться в зависимости от глубины залегания свободной поверхности грунтовых вод. Задачи могут решаться как для установившегося, так и для не установившегося режимов фильтрации. При этом учитываются такие особенности, как осушение пласта и переход от упругого режима сработки уровней к гравитационному.

Задачи решаются методом конечных разностей, при котором все моделируемое пространство разбивается равномерной сеткой на (как правило) квадратные блоки, размер которых зависит от детальности модели. Так модель регионального уровня имеет сетку с размерами блока $4 \text{ км} \times 4 \text{ км}$, для локальных моделей используется сетка с блоками $1 \text{ км} \times 1 \text{ км}$. А детальные модели собственно для г.Москвы используют сетку с размерами ячейки $250 \text{ м} \times 250 \text{ м}$. Для отдельных объектов разрабатываются модели объектного уровня с детальностью сетки, зависящей от характера решаемой задачи, вплоть до размеров блока в 5 м. Для обеспечения моделей необходимой информацией, картографическая информация преобразуется в матричную (блоковую) и хранится в специальных базах данных. После преобразования информации каждому блоку моделей разного уровня присваивается определенное значение, необходимое для моделирования параметра. Результаты моделирования, получаемые в матричном виде, для окончательного анализа могут быть снова представлены в виде карт.

Разработанные в СП «Геософт-Истлинк» программные средства для решения указанных задач позволяют рассматривать одновременно практически все основные горизонты в зоне пресных вод, а их около 10. При этом детальность моделирования в плане зависит только от технических возможностей ЭВМ.

С помощью этих моделей для территории Москвы и Московской области была воспроизведена история влияния водоотбора на напоры и подземный сток. Как уже говорилось выше, такая задача называется обратной, поскольку с ее помощью можно уточнить фильтрационные характеристики водоносных горизонтов и основные составляющие их баланса. Результаты решения обратной задачи во многом определили и уточнили основные закономерности, касающиеся взаимодействия водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водами, их питание, а также распределение фильтрационных свойств в плане. Более того использование этой модели позволило восстановить естественные условия геофильтрации во всей системе водоносных горизонтов, а также решить целый комплекс прогнозных задач, о которых частично говорилось выше.

Моделирование подземного и поверхностного стока в речном бассейне предназначено для воспроизведения таких природных процессов, как поверхностный сток, образующийся при выпадении осадков и снеготаянии, просачивание воды в почву и инфильтрационное питание подземных вод, фильтрацию в водоносном горизонте и разгрузку подземных вод в реку. Таким образом, при воспроизведении на такой модели

длительного периода с использованием наблюдений по метеостанциям за осадками и температурой воздуха, можно получить характеристики многолетнего режима поверхностного и подземного стока, уровней подземных вод и всех составляющих водного баланса речного водосбора. Поскольку указанные выше природные процессы зависят от ландшафтных условий, учитываемых при моделировании, условий накопления и таяния снега, задержания осадков растительностью, особенностей почвенного покрова, имеющего различную проницаемость и емкость, глубины залегания уровня подземных вод, модель позволяет прогнозировать изменения в режиме и количестве поверхностного и подземного стока при трансформации этих условий. Например, можно прогнозировать последствия вырубки парка или части лесного массива, асфальтировки и застройки водосбора или его части, влияния систем водоотбора и водопонижения. Основу информационного обеспечения модели составляют матричные карты, содержащие информацию о типе ландшафта и параметрах, необходимых для моделирования. Такая модель может использоваться, в частности, при анализе экологических последствий застройки новых территорий, расположенных в пределах водосборных площадей малых рек Подмосквья.

Моделирование загрязнения подземных вод основано на решении задач миграции растворенных веществ в подземных водах. Программные средства, реализующие решение этих задач позволяют прогнозировать распространение загрязнения от его источника по потоку подземных вод с учетом его физико-химических превращений (сорбции, деструкции и химических реакций). При рассмотрении нестационарной задачи можно оценить время миграции загрязняющих веществ и, в частности, угрозу загрязнения воды, отбираемой водозаборным сооружением, а также оценивать и обосновывать зоны санитарной охраны водозаборов и рек.

Специальные программные средства разработаны для моделирования миграции, так называемых, свободных нефтепродуктов, не растворенных в подземных водах. Такой вид загрязнения характерен для территорий нефтеперерабатывающих предприятий, хранилищ нефтепродуктов и бензозаправочных станций. В результате утечек на поверхности грунтовых вод образуются линзы более легких нефтепродуктов, которые мигрируют в направлении естественного потока. Разработанные модели позволяют прогнозировать распространение нефтепродуктов в пространстве и обосновывать систему их извлечения с помощью скважин и дрен.

Моделирование миграции в зоне аэрации объединяет специфический круг задач, связанных с изучением режимов влажности и тепла в зоне аэрации, а также прогнозом миграции растворенных веществ через зону аэрации и загрязнение подземных вод. Использование этих моделей позволило оценить значимость ряда техногенных факторов (складирование снега, повышение теплового фона недр, поливы зеленых насаждений и др.) на формирование инфильтрационного питания подземных вод в городских условиях, о чем говорилось выше в разделе 3.3. Решение задач с помощью этих моделей позволяет также оценить естественную защищенность подземных вод от загрязнения.

Таким образом, система непрерывного моделирования недр города является эффективным средством при принятии решений, связанных с градостроительной деятельностью как при разработке Генеральных планов всего города, так и на уровне проектов отдельных его районов и сооружений. Прогнозирование с использованием подобной компьютерной информационной системы позволяет избежать неблагоприятных последствий при освоении территории города, выбрать наиболее оптимальный вариант при проектировании и свести к минимуму риск катастрофических явлений.

Глава 10.

Геологическая среда и будущее города

10.1. Основные направления градостроительного развития г. Москвы

Стратегическая цель градостроительного развития Московского региона – создание гуманной к человеку экологически безопасной среды, обеспечивающей высокое качество жизни нынешнего и будущего поколения людей. Это предполагает сохранение и восстановление исторического и природного наследия, устойчивое и поступательное развитие экономики, укрепление роли Москвы и столичного региона в качестве ведущего национального и международного культурного, делового и политического центра.

Градостроительная организация уникального и столь мощного региона основывается на приоритетном развитии именно столичных функций города, таких как управление, финансы, культура, коммуникации и высокие технологии. Наряду с этим необходимо стимулировать повышение стандарта социального обеспечения и качества жизни, образования, здравоохранения, обслуживания и досуга для проживающего в столице населения.

Москве и ее региону необходимо сохранение архитектурно-пространственного и ландшафтного своеобразия. Проведение экологически ориентированной региональной политики должно обеспечить охрану здоровья населения, устойчивость природного комплекса и повысить качество среды обитания. Региональная инфраструктура должна соответствовать требованиям экологической безопасности, ресурсосбережения и охраны природы. Необходимо достижение нового качества и надежности транспорта, связи, инженерных коммуникаций. Реорганизация строительного комплекса позволит увеличить объемы строительства при радикальном изменении структуры строительных работ, в условиях сложившейся застройки, реконструкции и модернизации существующего фонда.

Для реализации этих стратегических направлений градостроительного развития Москвы и региона необходимы последовательные мероприятия: эффективное экономико-правовое регулирование, сочетающее в себе механизмы государственного управления, местного самоуправления и рыночной конкуренции.

Градостроительная организация Москвы основывается на принципе прекращения территориального роста города за пределы существующих границ. Некоторое увеличение застроенных территорий должно происходить за счет освоения внутренних резервов.

Административно-территориальное деление Москвы учитывает исторические, географические, градостроительные, инженерно-транспортные и социально-экономические особенности. Вокруг Центрального административного округа (ЦАО) вобравшей историческую часть города сформировано 8 административных округов. Север

ный (САО) Северо-Восточный (СВАО) Восточный (ВАО) Юго-Восточный (ЮВАО) Южный (ЮАО) Юго-Западный (ЮЗАО) Западный (ЗАО) Северо-Западный (СЗАО) Десятым округом является г. Зеленоград. Административные округа делятся на районы и территории особого статуса.

Длительно формировавшаяся территория Москвы обладает существенной неоднородностью. Неравномерно распределено население: наибольшие плотности сохраняются в Центральном, Северном, Северо-Восточном и Южном административных округах. В структуру города входят территории различного функционального использования: жилые кварталы и микрорайоны (28%) территории природного комплекса (23%) производственного назначения (18%) – в том числе 6% – с высокой долей озеленения, общественные центры (6%) – а также территории смешанного полифункционального характера – 25% – в том числе общественно-жилого назначения – 3%.

10.1.1. Полифункциональные зоны

Обновление, реорганизация и комплексное благоустройство городских территорий предполагает их более интенсивное использование. В два раза увеличиваются полифункциональные зоны, сосредотачивающие жилые, общественно-деловые, научные и административно-производственные, рекреационные и другие функции. На 10 тыс. га сокращаются спланированные монофункциональные территории – районы «спальные» промзоны.

Градостроительное развитие Москвы направлено на повышение эффективности использования городской территории в отличие от современного состояния, когда использование ее территории максимально эффективно лишь на 10%: высокое – на 23%, среднее – на 30%, низкое – на 25% и минимальное – 12%. Максимальная эффективность застроенных территорий характерна для Западного (1430 га), Юго-Восточного (1113 га), Южного (766 га) и Северо-Восточного (698 га) административных округов. В Центральном (486 га), Северо-Западном (366 га), Северном (280 га) и Восточном (109 га) имеет место незначительная эффективность использования их территорий.

Кольцо срединного пояса – вплотную примыкающее к историческому центру – станет основной зоной преобразования градостроительной структуры Москвы, сохранит приоритетность в размещении наибольшего количества мест приложения труда за счет создания крупных коммерческих структур, акционерных обществ, сокращения и перепрофилирования ряда производственных объектов, в первую очередь – негативно влияющих на окружающую среду. Срединный пояс, где расположено наибольшее количество домов пятиэтажной застройки, ранних модификации, после их сноса и реконструкции должен стать основной зоной трансформации, внутренним резервом для увеличения объемов жилищного строительства, резервирования участков под развитие коммунальных служб города.

В периферийной зоне Москвы должно завершиться формирование производственных и жилых территорий с максимальным их уплотнением, созданием общественных центров, крупных деловых и культурных комплексов.

Исторический центр Москвы в границах Камер-Коттежского вала подлежит регенерации и обновлению. Это означает не только сохранение памятников и исторических зданий, но и воссоздание своеобразия архитектурно-пространственной среды при реконструкции и реставрации кварталов исторической застройки. Из 3000 московских памятников истории и культуры находящихся на государственной охране, более 2000 (65%) расположено в исторически сложившемся центральном ядре столицы. Более 9500 зданий формируют историко-градостроительную среду центра, в том числе 63 ансамбля садово-

паркового искусства площадью до 5300 га. Осуществлено воссоздание утраченных зданий, в том числе таких крупномасштабных построек как Казанский собор, Воскресенские ворота, Храм Христа Спасителя.

Планируется постепенное насыщение исторического центра уникальными объектами культуры, досуга, торговли, представительской и деловой сферы, фирменного обслуживания.

Предстоит экологическое оздоровление центра, его озеленение, оптимизация транспортного обслуживания, организация бестранспортных пешеходных зон и зон ограничения движения транспорта. Оптимизация системы транспортного обслуживания реализуется за счет сокращения транзитных потоков автомобилей, составляющих сейчас 60%, и создания системы подземных автостоянок.

В отличие от практики предыдущих десятилетий планируется увеличение жилого фонда исторического центра и его населения. Сохранение и развитие жилищного фонда в пределах Садового кольца будет достигнуто проведением следующих мероприятий: комплексного капитального ремонта домов старой постройки в объеме 2,5 млн.м³, осуществления нового жилищного строительства (500–700 тыс. м³), возврата в жилищный фонд зданий, ранее переданных под учреждения (до 300 тыс.м³)

Разгрузка исторического центра от несвойственных функций, в первую очередь, промышленно-производственных, вывод непрофильных предприятий общей площадью до 1,5 млн. м³ и сокращение на 20–25% численности рабочих мест за счет перевода их в новые многофункциональные комплексы, проектируемые по периферии центральной части города, увеличит историко-градостроительную значимость центра Москвы и улучшит его экологическое состояние.

10.1.2. Жилые зоны

В настоящее время жилые территории города занимают 20,0 тыс.га и насчитывают 171,4 млн м³. В среднем на одного жителя Москвы приходится 19,8 м³ жилой площади. Однако, на первое января 1996 года 190 тысяч семей (около 600 000 чел.) стоят в очереди на получение жилья, 5% жилого фонда находится в неудовлетворительном, а 1% – ветхом состоянии.

Первоочередная градостроительная задача – это реконструкция жилых районов массовой индустриальной застройки 60–70 годов (пятиэтажек). Доля пятиэтажной застройки в целом по Москве составляет 12%. В наибольшем количестве (более 16%) она находится в Северном, Восточном, Юго-Западном и Северо-Западном административных округах.

Совершенствование жилищного строительства включает также увеличение объемов строительства зданий смешанной и малой этажности, комплексное социально-культурное обустройство жилых территорий, в т.ч. периферийных районов, что придает новое качество жилой среде. Реализация этих положений возможна при опережающем росте мощностей ремонтно-реконструктивной базы, стабилизации инвестиционного процесса, увеличения доли потребителя в финансировании строительства, наличия проектов разнообразной стоимости и качества.

10.1.3. Производственные зоны

Производственные зоны, занимают 15,3 тыс.га или 16% территории Москвы. Это наименее эффективно используемые, беспорядочно застроенные, экологически опасные территории города. Доля промзон в общем загрязнении окружающей среды города составляет около 40%.

Общая экономическая ситуация, сложившаяся за последние годы в городах, изменила отраслевую структуру. Уже сегодня в управлении, коммерческой деятельности, культурно-бытовом и коммунальном обслуживании занято 33,7% населения города, это больше чем в промышленности и строительстве (32,6%), науке и научном обслуживании — (12,2%). Ранее бытовавшая ориентация на промышленно-производственные отрасли народно-хозяйственного столичного комплекса отразилась на характере использования и особенностях формирования производственных зон Москвы.

До 1990 г. в Москве осуществлялось значительное промышленно-производственное строительство. В настоящее время происходит сокращение численности занятых в производственных отраслях и рост занятости населения в финансово-управленческом секторе экономики: в 5,6 раза увеличилась занятость работающих в сфере «малого бизнеса», идет интенсивное развитие международных, деловых и коммерческих предприятий. Москва превращается в финансовый центр России. Происходящие структурные изменения в экономике города требуют корректировки градостроительной политики в реорганизации производственных территорий, которые представляют собой значительный потенциальный ресурс для жилого, общественно-делового и новых видов производственного строительства, а также рекреации и реабилитации природного комплекса.

Предусматривается частичное сокращение производственных территорий за счет ликвидации ресурсоемких и экологически опасных объектов, развитие и внедрение общественно-деловых функций и наукоемких производств, интенсификация промышленно-производственного использования с возможным высвобождением участков под другие виды строительства. Территории, пригодные для жилищного строительства из состава производственных зон, составляют не менее 500 га.

10.1.4. Общегородские центры

Система общегородских центров включает наиболее градостроительно значимые ансамбли и территории Москвы. Московский центр включает функции общественного, политического и культурного центра всего государства, центра социальной инфраструктуры.

Система столичного центра кроме исторического ядра, предполагает формирование новых градостроительных комплексов, аккумулирующих деловые, коммерческие, административные, культурные и досуговые функции на периферии центральной зоны: площади Белорусского вокзала, вдоль Северного зеленого бульварного луча, на площадях Рогожской, Крестьянской и Калужской застав.

Формирование общегородских центров в условиях действия реальных экономических отношений требует стимулирования их развития в срединной и периферийной зонах города, в первую очередь. Рязанско-Люблинском и Варшавско-Коломенском секторов системы центров, а также реорганизацию в центральной части города.

Приоритетные направления развития общегородской системы центров предусматривают сохранение в историческом ядре историко-градостроительной среды и развитие системы общественных пространств, туристических маршрутов и общедоступных объектов культуры. Это особенно важно в связи с тем, что повышение инвестиционной привлекательности создает предпосылки не только для комплексной реконструкции, но и грозит превратить центр в район недоступный рядовым гражданам по уровню стоимости услуг и жилого фонда. В срединном поясе города, потенциальные возможности которого еще слабо реализованы, предусматривается создание крупных зон перспективного развития с формированием градостроительных ансамблей вдоль основных городских магистралей. В периферийных районах города планируется развитие сети локальных многофункциональных

центров крупных жилых массивов и формирование специализированных центров культурно-информационного и рекреационно-спортивного характера

10.1.5. Зоны природного комплекса

Под формирование системы территории природного комплекса отводится около 19,5 тыс. га городских территории. Доля территории природного комплекса в различных округах изменяется в значительных пределах. Так, в Восточном и Юго-Западном административных округах площади природного комплекса составляют около 25%, в Западном, Северо-Западном и Северо-Восточном округах от 25 до 15%, в Центральном, Северном, Южном и Юго-Восточном административных округах менее 15%.

Предусматривается восстановление утраченных фрагментов природного комплекса: начато строительство Марьиного парка, планируются парки на пр. Нищенке, Халитовке. Благоустраиваются и приводятся в порядок территории, занятые в настоящее время свалками – Марьино, Орехово-Борисово, Бутово. К приоритетным территориям для проведения комплексных мероприятий по восстановлению территории природного комплекса относится долина р. Сетунь с природным парком «Сетунь», долины пр. Чермянки, Горюхи, намечаемого заказника «Алешкинский лес».

10.1.6. Транспортная инфраструктура

Развитие транспортной инфраструктуры на предстоящий период должно обеспечить преодоление сложившегося за последние десятилетия отставания транспортной системы города, обеспечение возрастающих объемов перевозок пассажиров, обеспечение безопасности и необходимого комфорта движения и сокращение средних затрат времени на поездки.

В области пассажирского транспорта предусматривается развитие сети скоростного внеуличного транспорта – завершение формирования сети радиально-кольцевых линий метрополитена. Существующая сейчас сеть метрополитена включает 6 диаметральных, 3 радиальных и кольцевую линии – всего 255,7 км.

Намечается создание системы новых хордовых экспрессных линий, идущих по периферии центральной зоны в направлениях районов Митино, Бутово, Ново-Подрезково, Жулебино, Солнцево.

В железнодорожных перевозках предусматривается снижение транзитных грузовых потоков через центральную часть железнодорожного узла, завершение развития большого окружного кольца. Большое внимание будет уделено проблеме эффективного использования около 3000 га территории города, занятых сейчас инфраструктурой железнодорожного транспорта. Этот вопрос приобретает особую актуальность в связи со спадом (до 40–45%) грузооборота Московского узла. В настоящее время разработана концепция по изменению функционального использования Малого кольца Московской железной дороги (МЖД) по созданию нового вида скоростного пассажирского экологически чистого транспорта от аэропорта Шереметьева в Москву, по реконструкции грузовых причалов Северного речного порта.

Протяженность уличной магистральной сети достигнет 1235 км. Дефицит протяженности магистральной уличной сети составляет в настоящее время сейчас 250–300 км. Общая протяженность наземного пассажирского транспорта должна составить более 2,5 тыс. км. Обозначившийся спад пассажирских перевозок не снижает требования развития сети наземного пассажирского транспорта, особенно для новых отдаленных районов. Обостряется необходимость приоритетного развития троллейбусных линий.

10.1.7. Инженерная инфраструктура

Приоритетными задачами развития и реконструкции инженерной инфраструктуры города являются максимальный учет экологических требований, сокращение непроизводительных потерь в оборудовании и инженерных сетях, увеличение доли систем оборотного водоснабжения, высвобождение городских территорий и сокращение технических зон. Имевшиеся ранее резервные мощности инженерной инфраструктуры города в настоящее время практически исчерпаны.

В системе водоснабжения Москвы поверхностные воды рек Москвы и Вотги остаются основным источником. Для поддержания качества этих вод требуется жесточайший контроль за сбросом стоков в зонах санитарной охраны. Существующая мощность водопроводных станций составляет 6910 тыс. м³/сут при среднесуточной подаче воды всеми системами 6960 тыс. м³/сут. Продолжается ежегодный рост водопотребления Москвы, дефицит воды в городе проявляется не только в северных и восточных, но и в южных и юго-восточных районах столицы.

Приоритетным направлением в развитии водоснабжения является увеличение ресурсной обеспеченности и повышение надежности всей системы. Планируется использование резервного защищенного подземного источника, увеличение водоотдачи Вотжской системы за счет реконструкции Вышневолоцкой гидросистемы и канала им. Москвы, улучшение качества поверхностных водосточников и совершенствование технологии очистки питьевой воды. Намечено осуществить строительство Северной системы водоснабжения на базе подземных вод Клинско-Дмитровского водоснабжения, а также южной системы на базе Приокского бассейна. Одной из основных проблем является реконструкция водопроводных сетей протяженностью до 9000 км.

Московская система канализации включает четыре станции аэрации. Объединение Курьяновских станций Люберецкую и Новолуберецкую, Зеленоградскую и Люблинскую станций. Существующее водоотведение составляет 6103 тыс. м³/сут, протяженность канализационной сети составляет около 60 тыс. км, из них 700 км нуждаются в замене. В условиях новой эколого-градостроительной политики и дефицита свободных территорий приоритетным стал переход на частичную децентрализацию системы за счет строительства станций малой мощности в периферийных районах города и ближнем пригороде. Намечается строительство нового Южного узла.

Система поверхностного водоотвода потивомоечных, дождевых и талых вод, включающая очистку этих стоков до уровня нормативных требований, достигла 5110 км и включает до 60 очистных сооружений, которые обеспечивают очистку 54% сточных вод.

К 2000 г. расчетная протяженность водостоков должна составить 6500 км, для очистки поверхностных вод намечено построить до 40 локальных очистных сооружений, степень очистки которых должна соответствовать ПДК сброса в рыбохозяйственные водоемы.

10.1.8. Теплоэнергоснабжение

Анализ развития Московской энергосистемы показывает, что запас мощности и существующих источников теплоэнергоснабжения исчерпан. Теплоэнергоснабжение города осуществляется на 95% от 15 ТЭЦ и 28 районных котельных, наряду с ними работают 25 квартально-тепловых станции и множество промышленных и отопительных котельных. Современная система теплоэнергоснабжения Москвы не может развиваться традиционным путем за счет строительства только крупных тепловых станций. Существующее тепловое потребление составляет 36850 Гкал/час, планируется 46000 Гкал/час. Перерасход

теплоты при ее транспортировке и потреблении оценивается в 30–35%. Передача тепла потребителям осуществляется по более чем 3000 км магистральных тепловых сетей. Необходима децентрализация теплоснабжения на базе современных экологически чистых источников тепла на газовом топливе.

Московские ТЭЦ и опорные электростанции полностью обеспечивают потребности города в электроэнергии. Электропотребление Москвы составляет почти 34,0 млрд кВтч, в том числе почти 16,0 млрд кВтч – в жилищно-коммунальном секторе. Перспективным направлением представляется использование газотурбинных ТЭЦ малой мощности и других децентрализованных источников энергии нового поколения.

В Москве обеспечиваются газом 3,7 тыс. промышленных и коммунально-бытовых потребителей и более 2,0 млн квартир. Доля газа в топливном балансе города составила около 92%. Необходимо реконструировать 192 км магистральных газопроводов высокого давления вдоль МКАД, из которых построено и строится 71 км, что позволит значительно сократить техническую зону. В Москве эксплуатируется около 600 км городских газопроводов, выработавших свой ресурс. В ближайшие годы потребуются проложить 400 км новых газопроводов и переложить около 3000 км изношенных газопроводов. Потребление Москвы природного газа возрастет к 2010 г. до 38–40 млрд м³ в год.

10.2. Установление режимов регулирования застройки в условиях геологического и геохимического рисков

Изложенное выше градостроительное развитие города, включающее новое строительство, реконструкцию объектов и целых планировочных образований, транспортных магистралей, инженерной инфраструктуры, озеленение и создание рекреационных зон осуществляется в городе в различных геологических условиях и при наличии геологического и геохимического рисков. Существование геологического риска в городе связано с опасными геологическими процессами, развивающимися в результате воздействия города на геологическую среду. Опасные процессы оказывают негативное воздействие на техносферу города и на безопасное проживание людей.

Развитие мегаполиса сопровождается также ухудшением экологической обстановки в городе. Это находит выражение в накоплении вредных загрязняющих веществ, прежде всего, тяжелых металлов в депонирующих средах: почвенном покрове, донных осадках, снеге. Все это создает геохимический риск территории, который характеризует состояние окружающей среды города и экологическую безопасность его жителей.

Геологические и геохимические условия играют исключительную роль при формировании городской среды. Они являются важнейшими градорегулирующими факторами при создании благоприятных и безопасных условий проживания людей и должны учитываться во всех архитектурно-планировочных решениях на предпроектной, проектно-планировочной и детальной стадиях проектирования.

Ниже будет рассмотрено районирование территории Москвы по геологическому и геохимическому рискам и перечислены мероприятия, которые необходимо выполнять при решении градостроительных задач в условиях существования рисков, с целью полного предотвращения или снижения их негативных последствий.

10.2.1. Учет геологического риска при решении градостроительных задач

Геологический риск оценивается возможными социальными и экономическими потерями в городе в результате развития неблагоприятных геологических процессов и выража-

ется в снижении устойчивости городской инфраструктуры и безопасности проживания людей. Под устойчивостью при этом понимается стабильность функционирования и долговечность жилой и промышленной застройки, транспортных магистралей, инженерных сетей, зеленых насаждений и других объектов городской среды. Развитие города без учета геологического риска может привести к преждевременному выходу из эксплуатации зданий, сооружений, инженерных сетей, сделать малоэффективными усилия по сохранению исторических памятников, рекреационных зон и т.д. В ряде случаев это может ухудшить комфортность проживания людей и создать угрозу жизни.

Для снижения риска на разных стадиях проектно-планировочных работ должен осуществляться анализ не только социально-экономических, архитектурно-планировочных, композиционно-художественных, коммерческих и других факторов, но и состояния геологической среды. Это достигается путем реализации двух требований: а) осуществления градорегулирования с учетом состояния геологической среды, б) выполнение мероприятий, направленных на снижение интенсивности развития опасных геологических процессов и повышение стабильности геологической среды.

Для учета указанных требований необходимо иметь четкое представление о развитии в городе различных видов опасных процессов, интенсивности и месте их проявления, причинно-следственных связях и других закономерностях их распространения. На рис. 10.1 представлена карта геологического риска г. Москвы, на которой в той или иной степени нашло отражение перечисленные выше сведения. Карта составлена на основании учета 3-х важнейших опасных геологических процессов, развивающихся на территории города: карстово-суффозионных, подтопления и образования оползней. Другие опасные процессы, а именно: повышенная сжимаемость техногенных грунтов и коррозионная активность имеют, как правило, локальное распространение и поэтому не нашли отражения на карте столь мелкого масштаба (1:250 000).

В соответствии с принятой легендой вся территория г. Москвы подразделяется по степени геологического риска на пять категорий: чрезвычайно опасная, весьма опасная, опасная, малоопасная и неопасная. Выделение категории основывается на подразделении всех процессов по степени опасности и распространенности отдельных или ассоциации нескольких процессов на территории города. По степени опасности все развивающиеся на территории Москвы процессы можно разделить на три группы: наиболее опасные, опасные и потенциально-опасные. К наиболее опасным относятся процессы, приводящие к карстово-суффозионным провалам, мульдам оседания и глубоким оползням. К опасным следует отнести подтопление и мелкие оползневые подвижки, а к потенциально-опасным – процессы, которые еще не проявились или не полностью проявились, но для их развития имеются благоприятные геологические условия на территории города. Любые техногенные воздействия на таких участках без учета состояния и свойств геологической среды могут привести к активизации этих процессов и резкому возрастанию геологического риска.

К первой чрезвычайно-опасной категории, занимающей около 2,3% городской территории, были отнесены участки территории города, где имеет место образование карстово-суффозионных провалов или глубоких оползней. К ним относятся Хорошевский участок, а также десять участков крупных склонов долины р. Москвы, пораженных глубокими оползнями (см. рис. 10.1). Эти участки целесообразно использовать под устройство рекреационных зон, парков, зеленых зон и не рекомендуются для каких-либо новых застроек, а уже имеющиеся на них объекты и инженерные системы должны находиться под постоянным наблюдением. Ограничения по вовлечению участков чрезвычайно опасной категории в градостроительное освоение связано с существованием реального риска не только для строительных объектов, но и самих людей. Это объясняется тем, что оба про-

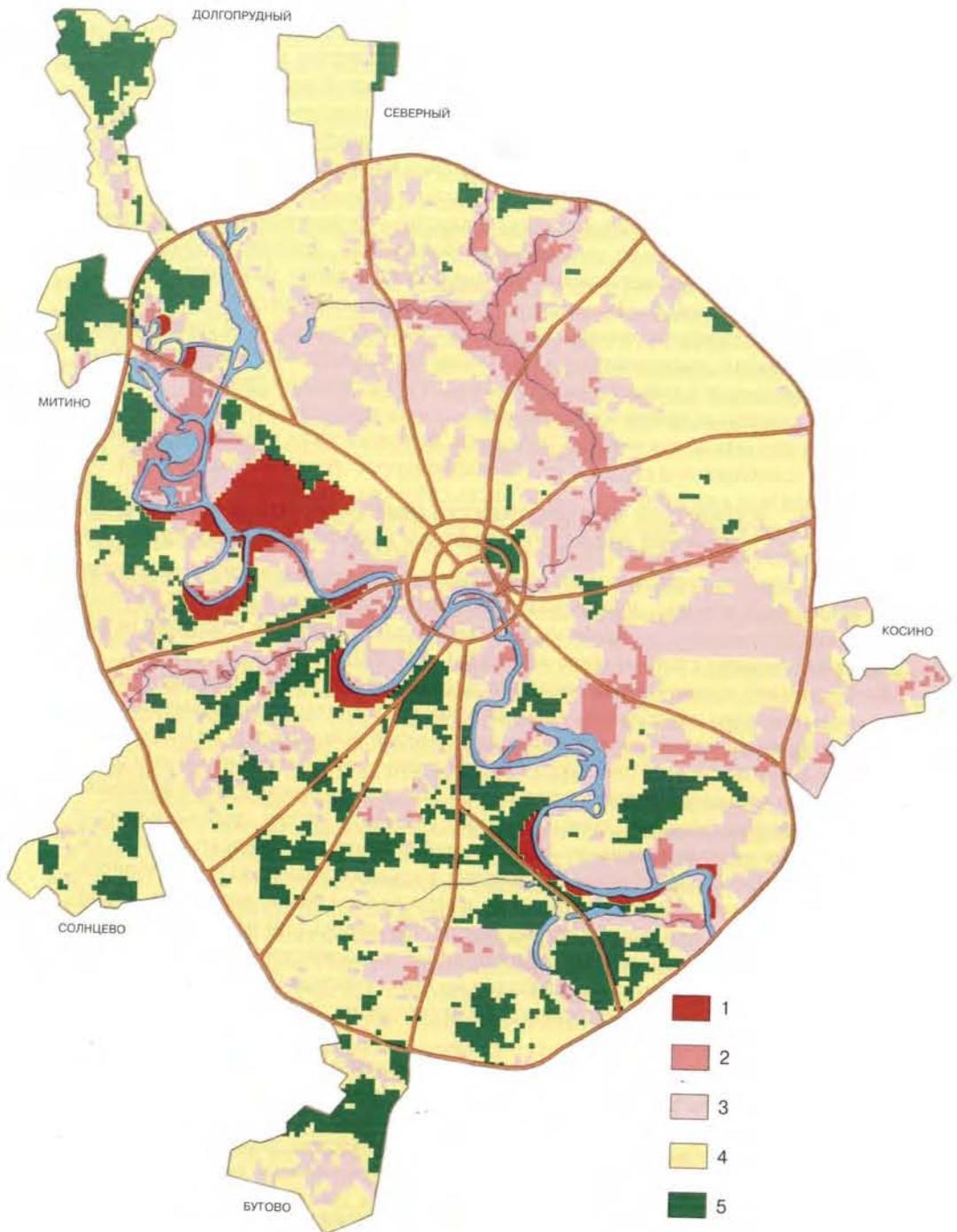


Рис 10 1 Карта геологического риска территории г Москвы (авторы В И Осипов В М Кутепов О К Миронов 1997) Категории геологического риска 1 – чрезвычайно опасная 2 – весьма опасная 3 – опасная 4 – мало опасная 5 – неопасная

цесса (карстово-суффозионный и оползневой) на заключительной стадии своего развития носят характер стихийного бедствия вследствие высокой интенсивности, что приводит к созданию чрезвычайной ситуации зачастую с тяжелыми последствиями

Для достижения реального повышения устойчивости участков чрезвычайно опасной категории и снижения их геологического риска необходимы большие дополнительные затраты на инженерную подготовку территории, превентивные мероприятия и мониторинг, которые могут быть оправданы только в исключительных случаях. Даже выполнение всех требований не дает полной гарантии безопасности этих участков и не исключает дальнейшего развития опасных процессов.

В свете сказанного, важное значение имеет обеспечение безопасности уже существующих на этих участках объектов, в том числе и жилой застройки. Если учесть, что в их пределах располагается ряд крупных предприятий, выполняющих функции жизнеобеспечения города как, например, ТЭЦ-16 и предприятия, аварии на которых могут привести к значительным экологическим последствиям (хладокомбинат № 7 использующий в производственном цикле аммиак), то становится ясным важность решения этой задачи.

Для того, чтобы контролировать ситуацию на рассматриваемых участках, необходимо выполнять по крайней мере три вида мероприятий (см. табл. 10.1, легенду к карте на рис. 10.1). Первый вид — строгая регламентация хозяйственной деятельности. Применительно к Хорошевскому участку это выражается в установлении регламента водоотбора и водопонижения водоносных горизонтов карбонатных толщ, исключающего интенсификацию карстово-суффозионного процесса. Исходя из этих же соображений, здесь не рекомендуется создание поверхностных водоемов, допускать повышение уровня грунтовых вод, интенсивных динамических воздействий на массивы грунтов и т.д.

На участках крупных оползней регламентирующими мероприятиями должны являться запрещение подрезки склонов, проведение работ по углублению русла р. Москвы, создание дополнительной пригрузки оползневых масс пород.

Второй вид мероприятий — это выполнение различных инженерных защитных работ, направленных на повышение стабильности чрезвычайно опасных участков. Для Хорошевского участка это могут быть работы по инъектированию песчано-цементных смесей в закарстованные толщи, находящиеся в основании жилых зданий и промышленных объектов. Для оползневых участков — это создание системы защитных сооружений в виде подпорных стенок на глубоком свайном основании, дренажных канав, галерей, водоотводящих устройств, проведение планировочных работ по профилированию склона, создание контрбанкетов, фитомелиорация склона.

К третьей группе мероприятий на этих участках относится создание системы комплексного мониторинга, позволяющего вести систематические наблюдения самих участков и объектов, находящихся на них. Наиболее эффективным средством контроля развития как карстово-суффозионного, так и оползневого процесса является экзодинамический мониторинг, заключающийся в проведении наблюдений за вертикальными и плановыми изменениями положениями поверхности грунта. Не меньшее значение имеет гидроэкологический мониторинг — наблюдение за уровнями подземных вод, их составом и динамикой. Помимо этого необходимо ведение тщательных наблюдений за зданиями, сооружениями и подземными коммуникациями, позволяющих судить о деформациях их оснований. Осуществление комплексного мониторинга дает возможность контролировать развитие опасных геологических процессов и тем самым вовремя предупреждать и реагировать на возможные критические ситуации.

Ко второй категории — весьма опасной, относятся участки территории Москвы, в пределах которых существует реальный риск от совместного действия подтопления и мелких оползневых подвижек, кроме того риск может увеличиваться за счет потенци-

Таблица 10 1

Легенда к карте геологического риска и мероприятия по его снижению

Категория геологического риска	Условные обозначения на рис 10 1	Процессы, обуславливающие геологический риск	Рекомендации по использованию территории	Мероприятия по снижению геологического риска		
				Регламентные	Инженерные (защитные)	Мониторинговые
				1	2	3
Чрезвычайно опасная	1	Карстово-суффозионные провалы и мутьды оседания земной поверхности, глубокие оползни	Не рекомендуются для новых застроек, имеющиеся объекты должны находиться под постоянным наблюдением	Соблюдение принятых норм водоотбора подземных вод, снижение обводненности четвертичных отложений, предотвращение динамических воздействий, дополнительной пригрузки, подрезки склонов, углубления русла р Москвы на участках развития оползней	Инъектирование песчано-цементных смесей в закастованные толщи, строительство подпорных стенок на глубоком свайном основании, устройство дренажных и водоотводящих систем, галерей, профилирование склонов, создание контрбанкетов, фитомелиорация	Комплексный мониторинг за геологической средой и сооружениями наблюдение за вертикальными и плановыми изменениями поверхности грунта, уровнями подземных вод, состоянием зданий, сооружений, подземных коммуникаций
Весьма опасная	2	Сочетания 1 – потенциальных карстово-суффозионных провалов и мелких оползней, 2 – потенциальных карстово-суффозионных провалов и подтопления, 3 – мелких оползней и подтопления	Допустимо промышленное и гражданское строительство (за исключением наиболее ответственных сооружений) при выполнении мероприятий по снижению геологического риска	Соблюдение норм водоотбора подземных вод, неприемлемы подрезка склонов, засыпка русел малых рек и оврагов, создание дополнительных источников обводнения четвертичных отложений	Строительство дренажных систем, устройств для отведения поверхностных и ливневых вод, гидроизоляция заглубленных частей зданий, создание сопутствующих дренажей инженерных сетей, восстановление засыпанных естественных дрен (русел малых рек и оврагов), фитомелиорация, поддержание в соответствующем состоянии водонесущих коммуникаций	Наблюдение за уровнями подземных вод, верховодок, систематическая проверка состояния инженерных сетей и подвальных помещений, наблюдение за подвижкой оползней и опусканием (оседанием) территории

Продолжение табл 10 1

1	2	3	4	5	6	7
Опасная	3	Подтопление Сочетание потенциальных карстово-суффозионных провалов и потенциально-го подтопления Сочетание мелких оползней и потенциального подтопления	Допустимо промышленное и гражданское строительство при выполнении мероприятий по снижению геологического риска	Соблюдение норм водоотбора подземных вод, исключение дополнительного обводнения территории, подпора грунтовых вод или нарушение подземного стока, неприемлемы засыпка естественных дрен (долин малых рек и оврагов), подрезка и чрезмерная пригрузка склонов	Создание локальных дренажных сетей, водоотвод поверхностных и ливневых вод, фитомелиорация, поддержание в соответствующем техническом состоянии водонесущих коммуникаций	Наблюдение за уровнями подземных вод и верховодок состоянием зданий и сооружений подвижностью оползневых участков, опусканием (оседанием) территории
Мало-опасная	4	Потенциальные карстово-суффозионные провалы Мелкие оползни Потенциальное подтопление	Возможно градостроительное использование без ограничений при выполнении мероприятий по снижению геологического риска	Соблюдение норм водоотбора подземных вод, предотвращение дополнительного обводнения четвертичных отложений, подрезки склонов, ликвидации естественных дрен (русел малых рек и оврагов)	Создание отводящих систем поверхностных и ливневых вод, фитомелиорация, строительство локальных дренажных сетей, поддержание в соответствующем техническом состоянии инженерных коммуникаций	Наблюдение за уровнем подземных вод и верховодок, опусканием (оседанием) территории
Не-опасная	5	Отсутствуют	Возможно градостроительное использование без ограничений	Предотвращение чрезмерного увлажнения территории, подрезки склонов, ликвидации естественных дрен	Создание отводящих систем поверхностных и ливневых вод, поддержание в необходимом техническом состоянии водонесущих коммуникаций	Контрольные наблюдения за состоянием уровней подземных вод

ально-опасных карстово суффозионных процессов. Общая площадь этих участков на территории города составляет около 2,3% (см рис 10 1)

Территория города, относящаяся к весьма опасной категории по геологическому риску, может быть использована под градостроительное развитие, но на ней не рекомендуется размещать наиболее ответственные жизнеобеспечивающие объекты. Кроме того, строительство на этих участках должно вестись с обязательным выполнением мероприятия по снижению геологического риска. Среди регламентных требований предъявляемых к таким участкам, должно быть строгое соблюдение принятых норм водозаборов подземных вод, чтобы не увеличивать разницу в градиентах напоров грунтовых и более глубоких горизонтов подземных вод, не должна проводиться подрезка склонов а также создаваться дополнительные источники обводнения тощ пород.

Исключительно большое значение при градостроительном использовании этих участков должно придаваться инженерным (защитным) мероприятиям. Реализация таких мероприятий в полном объеме существенно повышает стоимость строительства однако их эффективное выполнение может повысить устойчивость сооружения и сделать более безопасным проживание людей, что как показывает практика, в значительной мере оправдывает проведенные затраты. К числу важнейших защитных мероприятия относятся создание различных дренажных систем сбор и отведение поверхностных и ливневых вод, гидроизоляция заглубленных частей здания и сооружений, создание сопутствующих дренажей инженерных сетей восстановление (там, где это возможно) ранее засыпанных долин малых рек, планировка и закрепление (с применением фитомелиорации) участков склонов, пораженных мелкими оползнями. Большое значение имеет также ремонт и поддержание в соответствующем техническом состоянии подземных водонесущих коммуникаций, являющихся как известно, одним из основных факторов развития подтопления на таких участках.

Функционирование защитных сооружений необходимо контролировать с помощью хорошо организованной системы мониторинга. Без такой системы наблюдении трудно оценивать эффективность выполненных мероприятий и финансовых затрат на их создание. Система мониторинга на подтопленных участках должна включать наблюдение за уровнями грунтовых вод и верховодок предусматривать периодическую проверку состояния инженерных сетей, подвальных помещений здания и сооружений. На оползневых склонах помимо всего должны осуществляться систематические наблюдения (нивелирование, реперные наблюдения) за подвижкой оползневых масс. Наиболее сложным является мониторинг потенциально-опасных участков развития карстово-суффозионных процессов. Он основывается на наблюдениях за положением уровней водоносных горизонтов за вертикальным опусканием (оседанием) поверхности грунта состоянием глинистых тощ, разделяющих водоносные горизонты, и водонасыщенных дисперсных грунтов, залегающих над закарстованными участками.

К третьей категории – опасной относятся участки территории города, где имеет место либо подтопление, либо сочетание нескольких потенциально-опасных процессов, либо одного потенциально-опасного и одного опасного (мелкие оползни). К опасным по геологическому риску относится значительная часть территории города. Общая площадь этих участков составляет около 26% (см рис 10 1)

Территории, относящиеся к опасным могут быть использованы для градостроительного развития без каких-либо жестких ограничений но с обязательным выполнением мероприятия по снижению геологического риска. При ведении градостроительных работ на этих участках важное значение приобретают регламентные требования от соблюдения которых геологический риск участков может быть снижен или наоборот существенно повышен. Обязательными требованиями являются регламентирование во-

дозаборов подземных вод; исключение условия для избыточного обводнения территории, подпора грунтовых вод или нарушения подземного стока (поднятие уровня воды в открытых водоемах, барражные эффекты, засыпка долин малых рек и оврагов), подрезка, увеличение крутизны или чрезмерная пригрузка склонов

На опасных участках не требуется выполнение инженерных мероприятий в таких больших объемах, как в пределах весьма опасных. Однако, если нет уверенности в том, что регламентные требования будут выполняться в полной мере и давать необходимый эффект, нужно предусматривать инженерную защиту. Так же как и в предыдущем случае, она должна включать создание дренажных систем, водоотвод поверхностных и ливневых вод, фитомелиорацию, поддержание в хорошем техническом состоянии водонесущих коммуникации

Система мониторинга, которая должна создаваться на участках, относящихся к опасной категории, позволяет получать оперативную информацию о положении уровней подземных вод, состоянии зданий, сооружений и подземных коммуникаций, подвижности оползневых участков, опускании (оседании) поверхности грунта. На основе анализа получаемой информации можно будет судить об эффективности мероприятий по снижению геологического риска

Четвертая (малоопасная) категория участков по геологическому риску включает в себя территории, относящиеся к потенциально-опасным по развитию карстово-суффозионных процессов и подтопления, а также участки, где образуются мелкие оползни. К этой категории относится около 54% площади, занимаемой Москвой (см рис 10 1)

Малоопасные участки территории Москвы могут использоваться для градостроительного освоения без каких-либо ограничений, но с соблюдением требований к проведению мероприятий по снижению геологического риска. Прежде всего следует строго придерживаться установленных регламентов по объему водозаборов подземных вод, с целью недопущения активизации карстово-суффозионного процесса и подтопления. Важным является также предотвращение дополнительного обводнения грунтовых толщ, подрезки склонов, ликвидации естественных дрен (русел малых рек и оврагов)

Объемы инженерных мероприятий на таких участках являются достаточно ограниченными. Они включают создание сборных и отводящих систем поверхностных и ливневых вод, стабилизацию оползневых участков (планировка, отведение поверхностных вод и фитомелиорация), поддержание в хорошем техническом состоянии водонесущих коммуникаций, заблаговременное создание на отдельных участках (там, где по прогнозам регламентные требования не выполнимы или могут быть малоэффективными) дренажных систем. Последнее обстоятельство является очень важным с точки зрения градостроительного использования этой территории в будущем, ибо эти системы будут сооружаться на участках, испытывающих только периодическое подтопление или совсем неподтопленных. А значит их строительство может осуществляться в более благоприятных условиях без необходимых водопонижений

Мониторинг участков малоопасной категории должен отвечать примерно тем же требованиям, что и на участках опасной категории с той только разницей, что густота системы наблюдений здесь может быть намного ниже, чем в предыдущем случае.

Участки, на которых по геологическим условиям развитие опасных геологических процессов маловероятно, относятся к последней (пятой) неопасной категории. К их числу относятся хорошо дренируемые участки, в геологическом разрезе которых имеются глинистые горизонты, надежно разделяющие безнапорные и напорные водоносные горизонты. Общая площадь таких участков на территории Москвы составляет около 15,4 % (см.рис 10 1). Строительная деятельность на них не имеет каких-либо ограничений, и могут они быть использованы для возведения наиболее ответственных сооружений.

При градостроительном освоении неопасные участки требуют соблюдения минимальных регламентирующих и защитных мероприятий. К первым следует отнести исключение чрезмерного переувлажнения территории за счет поверхностных вод с целью предотвращения образования верховодок, неумеренной подрезки склонов, ликвидации естественных дрен. Среди инженерных мероприятий сохраняется необходимость сооружения устройств для сбора и отвода поверхностных и ливневых вод, фитомелиорация склонов, поддержание в необходимом техническом состоянии всех водонесущих коммуникации.

Система мониторинга этих участков должна включать разряженную сеть наблюдательных пунктов за состоянием уровней и напоров подземных вод.

10.2.2. Учет геохимического риска при решении градостроительных задач

На территории г.Москвы сосредоточено максимальное по количеству, интенсивности и разнообразию проявления число источников поступления в окружающую среду широкого комплекса химических веществ, что приводит к существенному загрязнению атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвенно-растительного и снегово-покровов и созданию во многих районах города экологически неблагоприятной ситуации. Для уменьшения или предотвращения дальнейшего загрязнения природных сред, обеспечения защиты населения от неблагоприятных экологических последствий, рационального использования территории города при проектировании и проведении градостроительных работ в столице необходим учет геохимической опасности и риска территорий. Районирование территории города по геохимическому риску позволяет на различных участках оценить масштаб загрязнения природных сред, которое приводит к ухудшению здоровья населения или создает опасность для жизнедеятельности человека.

При оценке геохимической опасности и риска учитывается как непосредственное влияние загрязнения сред на здоровье человека, так и косвенное влияние техногенных изменений их химического состава на жизнедеятельность населения города. Непосредственно влияние на заболеваемость населения оказывает загрязнение атмосферного воздуха, почв и вод. К косвенному относится, например, повышение агрессивного воздействия подземных вод на фундаменты и заглубленные конструкции на подтопленных территориях, обуславливающее разрушение зданий и вывод из строя жизнеобеспечивающих коммуникаций.

Мероприятия, направленные на уменьшение риска воздействия опасных процессов на население, должны проводиться как с позиции уменьшения степени опасности воздействия (рекультивация территорий, контроль за выбросами предприятия, ликвидация экологически вредных промышленных предприятий), так и увеличения защищенности человека (постоянный медицинский контроль, прививки, профилактические мероприятия и т.п.)

Тесная взаимосвязь загрязнения различных компонентов окружающей среды обуславливают необходимость комплексного картирования геохимически сопряженных сред (миграционных – воздух, поверхностные воды, подземные воды, и депонирующих – почвы, снег, донные отложения, породы). Однако, в ряде случаев, исходя из целевой направленности, картирование геохимического риска может быть проведено и для отдельных сред. Особое значение имеет оценка опасности загрязнения почвенного покрова. Во-первых, загрязнение почвенного покрова представляет опасность при непосредственном воздействии на здоровье населения путем попадания в организм вместе с воздухом загрязненной почвенной пыли. Из имеющихся в литературе данных известна явная корреляция заболеваемости населения с аномалиями химических элемен-

тов техногенной природы в почвах Во-вторых, загрязнение почв позволяет оценить уровень загрязненности атмосферного воздуха, поскольку загрязнение почвенного покрова происходит в основном через атмосферную эмиссию Поэтому одним из возможных подходов к оценке техногенной нагрузки на территории города является эколого-геохимическое картирование загрязнения почвенного покрова И, в третьих, почвы являются источником поступления химических веществ с поверхности в подземные воды и при условии слабой защищенности могут загрязнять как грунтовые воды, так и воды нижележащих эксплуатируемых водоносных горизонтов

На рис 10 2 представлена карта геохимического риска г Москвы, составленная на основании учета двух процессов загрязнения почвенного покрова и загрязнения грунтовых вод

В основу карты геохимического риска было положено районирование территории по категориям риска, которые выделялись по сочетанию уровней загрязнения почв и грунтовых вод Уровень загрязнения грунтовых вод условно определялся исходя из загрязнения почвенного покрова и защищенности грунтовых вод При составлении карты геохимического риска использовались карта загрязнения почвенного покрова (Э К Буренков, Л Н Гинзбург, О В Менчинская, 1996) (рис 8 10) и карта защищенности грунтовых вод (Ю В Ковалевский, 1996) Учитывая мелкий масштаб карты геохимического риска, была проведена генерализация градации выделения уровней загрязнения почв и степени защищенности грунтовых вод Специфика карты заключается в отражении существующей опасности данных процессов при сложившейся техногенной нагрузке В результате генерализации было выделено три уровня загрязнения почвенного покрова в зависимости от величины значений функции SCAN (см гл 8 3) низкий 0 5–5 5, средний – 5 5–40, высокий >40, и три степени защищенности грунтовых вод, оцениваемой по времени фильтрации загрязняющих веществ через породы зоны аэрации низкая <1000 сут, средняя – 1000–10 000 сут, высокая >10 000 сут

В соответствии с легендой вся территория города подразделяется по категориям геохимического риска на территории с высоким, средним и низким риском (табл 10 2)

Исходя из принятой градации к первой категории – с высоким геохимическим риском – были отнесены территории города, характеризующиеся высоким уровнем загрязнения почв и высоким и средним уровнями загрязнения грунтовых вод Такие территории расположены в основном в центральной части города в пределах Московской окружной железной дороги

Учитывая критическую экологическую ситуацию, вызванную большой плотностью разнопрофильных производств и автомагистралей с интенсивным движением, очевидно, что в пределах данных участков не рекомендуется строительство новых жилых, а тем более экологически вредных промышленных объектов Однако, в связи с неизбежностью градостроительных работ в центральной части столицы особое внимание следует обратить на проведение мероприятий, направленных на предотвращение или уменьшение дальнейшего загрязнения окружающей среды

Кардинальной природоохранной мерой по снижению геохимического риска является ликвидация последствий процесса загрязнения почв (их рекультивация путем очистки или замены) Подобные мероприятия связаны с высокими затратами и трудно осуществимы на территории центральной части города с высокой плотностью застройки Тем не менее, принимая во внимание постоянную реконструкцию центра, в определенной мере замена загрязненных почв может быть проведена на отдельных строительных площадках

Следует рекомендовать проведение мероприятий по ликвидации источников загрязнения или уменьшению их влияния 1 – вывод экологически вредных промышлен-



Рис 10 2 Карта геохимического риска территории г Москвы (авторы В И Осипов И В Галицкая, 1997) Категории геохимического риска 1 – высокий, 2 – средний, 3 – низкий

ленных предприятия, а в случае невозможности вывода – реконструкция предприятия за счет введения новых технологии или совершенствования локальных очистных сооружений, соблюдение строгого контроля за выбросами и сбросами вредных веществ, 2 – сокращение выбросов от автотранспорта (внедрение специальных видов топлива и электротранспорта), озеленение территории, прилегающих к магистралям, посадка пыле-, газоустойчивых зеленых насаждений, 3 – ликвидация несанкционированных свалок

Разработка природоохранных мероприятий, обоснованный выбор и эффективность которых определяются качеством и полнотой информации, характеризующей как природную среду, так и техногенную нагрузку на территории города, должна основываться на результатах комплексного мониторинга состояния окружающей среды и здоровья населения. Мониторинг на территориях с высоким геохимическим риском следует проводить по сгущенной сети наблюдательных пунктов. Перечень контролируемых компонентов должен быть максимально широким, чтобы выявить весь спектр загрязняющих веществ. Периодичность наблюдений (особенно за загрязнением таких динамичных сред, как атмосферный воздух и речные воды) должна обеспечивать контроль за быстро изменяющимся составом загрязняющих компонентов и уровнем загрязнения. На особо опасных участках следует проводить автоматизированный контроль за качеством данных сред.

Ко второй категории – со средним геохимическим риском, относятся участки со средним уровнем загрязнения почв и средним и низким уровнем загрязнения грунтовых вод. Такие участки занимают большую часть территории города.

Территории города со средним геохимическим риском можно с определенными ограничениями использовать под гражданское строительство, а также под строительство промышленных предприятий при условии строгого нормирования сбросов и выбросов и проведении природоохранных мероприятий.

Основными рекомендациями по предотвращению увеличения геохимического риска на данных территориях являются: 1) обеспечение контроля организованных и неорганизованных выбросов и стоков промышленных предприятий, а в крайнем случае – перепрофитирование или ликвидация вредных производств, 2) снижение выбросов автотранспорта, 3) ликвидация несанкционированных свалок.

Требования к проведению комплексного мониторинга на этих территориях в целом аналогичны требованиям, предъявляемым к проведению мониторинга в предыдущем случае, но наблюдения целесообразно проводить по более разреженной сети и с меньшей периодичностью.

К третьей категории – с низким геохимическим риском, относятся участки с низким уровнем загрязнения почв и низким уровнем загрязнения грунтовых вод. Расположены такие участки отдельными пятнами в основном по окраинам города.

Данные территории города могут быть использованы под гражданское строительство, в основном, спальных районов. В виде исключения допустимо строительство экологически безопасных промышленных объектов при соблюдении природоохранных мер.

Для предотвращения увеличения геохимической опасности на данных участках следует проводить комплексный мониторинг по разреженной сети с определением приоритетных загрязнителей. Особое внимание следует обратить на участки с низкой степенью защищенности грунтовых вод, где целесообразно сгущение наблюдательной сети. В случае установления увеличения уровня загрязнения природных сред, необходимо проведение мероприятий, направленных на ликвидацию или уменьшение поступления загрязняющих веществ.

Таблица 10 2

Легенда к карте геохимического риска и мероприятия по его снижению

Категория геохимического риска	Условные обозначения на рис 10 2	Процессы, обуславливающие геохимический риск	Рекомендации по использованию территории	Мероприятия по снижению геохимического риска
Высокий	1	Высокий уровень загрязнения почв при высоком и среднем уровнях загрязнения грунтовых вод	Не рекомендуется строительство новых жилых и экологически вредных промышленных объектов В исключительных случаях допустимо гражданское строительство при реабилитации застраиваемых территорий Строительство промышленных объектов допустимо только при строгом контроле за выбросами и сбросами и выполнении природоохранных мероприятий	Рекультивация почв путем их очистки или замены Вывод экологически вредных промышленных предприятий Реконструкция промышленных предприятий Контроль за выбросами и сбросами предприятий Сокращение выбросов автотранспорта Ликвидация свалок промышленных и бытовых отходов Комплексный мониторинг по сгущенной сети наблюдений
Средний	2	Средний уровень загрязнения почв при среднем и низком уровнях загрязнения грунтовых вод	Допустимо гражданское строительство, а также строительство промышленных предприятий при условии строгого нормирования сбросов и выбросов и проведения природоохранных мероприятий	Контроль за выбросами и сбросами предприятий Вывод экологически вредных промышленных предприятий Реконструкция промышленных предприятий Сокращение выбросов автотранспорта Ликвидация несанкционированных свалок Комплексный мониторинг по более разреженной сети с меньшей периодичностью
Низкий	3	Низкий уровень загрязнения почв и низкий уровень загрязнения грунтовых вод	Рекомендуется сохранение лесопарковых зон Допустимо гражданское строительство (в основном спальных районов) В виде исключения допустимо строительство экологически безопасных промышленных объектов при соблюдении всех требований к природоохранным мероприятиям	Комплексный мониторинг по разреженной сети с определением приоритетных загрязнителей Особый контроль за участками с низкой защищенностью грунтовых вод

Мелкий масштаб карты геохимического риска позволит показать основные принципы районирования территории города по геохимическому риску и в обобщенном виде выделить территории с различным уровнем риска. Очевидно, что при чрезвычайной изменчивости загрязнения городской среды, обусловленной действием многочисленных источников загрязнения, для принятия решения при проведении градостроительных работ, необходимо более детальное районирование территории на основе результатов комплекса крупномасштабных исследований (в масштабе не менее 10 000)

10.3. Управление геологической средой и безопасность города

Интенсивный рост города в последние десятилетия, усиление его воздействия на геологическую среду, чрезмерное изъятие природных ресурсов на территории города увеличивают уязвимость людей и городской техносферы воздействиям опасных геологических процессов. Однако нельзя считать, что общество находится в состоянии безысходности и полной обреченности перед лицом этих опасностей. обстоятельное изучение условия развития природных и природно-техногенных процессов, тесное взаимодействие архитекторов, инженеров-проектировщиков, геологов, экологов и строителей дают возможность находить решение многих вопросов по рациональному использованию и обеспечению устойчивости городской территории.

Хотя устойчивость территории города во многом определяется особенностью ее геологического строения, а грядущие в ней изменения и опасные явления не всегда надежно прогнозируются, современные знания и технические средства позволяют значительно снизить геологические и геохимические риски. Прежде всего это относится к природно-техногенным процессам, которые связаны с деятельностью человека и поэтому легче контролируются и прогнозируются, чем события природного характера.

Для реализации этой идеи необходимо переходить на опережающую стратегию безопасности развития города, ориентированную на градостроительное планирование с учетом природных рисков, управление развитием неблагоприятных процессов в геологической среде, принятие взвешенных решений по повышению устойчивости территории города на основе системы предупреждения и прогнозирования. Иными словами речь идет о стратегии природной безопасности города и рационального использования его территории.

Основы такой политики были обсуждены и приняты на Всемирной конференции по природным катастрофам, которая состоялась в мае 1994 г. в г. Иокогаме (Япония). Конференция выработала «Иокогамскую стратегию», основные положения которой применимы к условиям Москвы. В основе этой стратегии лежит принцип прогнозирования и предотвращения опасных природных процессов, а не ликвидация их последствий. Как записано в декларации конференции «необходимо содействовать развитию глобальной культуры предотвращения». Ликвидация последствий развития опасных природных и природно-техногенных процессов рассматривается как безальтернативное, вынужденное мероприятие, не решающее проблему в целом и позволяющее добиваться временных результатов исключительно высокой ценой. Международный опыт показывает, что затраты на реализацию стратегии предупреждения до 15 раз меньше по сравнению с потерями, связанными с развитием опасных процессов.

Исходя из изложенной концепции, важными элементами градостроительного развития, обеспечивающими оптимальное использование городской территории, безопас-

ность жителей и городской инфраструктуры, являются проведение инженерно-геологического районирования, мониторинг и прогнозирование опасных явлений, превентивные мероприятия, принятие своевременных управляющих решений, страховое регулирование риском.

Инженерно-геологическое районирование. Одним из важнейших мероприятий по уменьшению риска природных и природно-техногенных катастроф является инженерно-геологическое районирование территории города, проводимое по комплексу геологических факторов рельеф, состав и свойства пород, гидрогеологические условия, развитие геодинамических процессов и др. На картах инженерно-геологического районирования территория города подразделяется на участки по степени их пригодности для хозяйственного освоения и устойчивости к воздействию опасных природных и природно-техногенных явлений. Такое ранжирование территории позволяет принимать правильные архитектурно-планировочные решения и вести ее освоение с оптимальным инвестированием при соблюдении требований безопасности.

В зависимости от масштаба и назначения, содержание и детальность карт инженерно-геологического районирования может быть различной. Карты масштаба от 1:10 000 до 1:50 000 используются в основном для районной планировки и разработки генплана города. Более крупномасштабные карты являются основой для детальной планировки.

Основной задачей составления обзорных карт масштаба 1:100 000 и 1:50 000 является общая оценка геологических условий города и проведение на этой основе районирования всей территории. Важным итогом районирования должно быть выделение наиболее сложных и опасных участков города, на которых необходимо проведение более детальных исследований. Такая методика картирования, принятая в геологической науке, позволяет целенаправленно и наиболее экономичным способом вести детальные работы.

Уже сейчас, например, очевидна необходимость выполнения крупномасштабного картирования закарстованности территории Центрального округа, где начинается широкое освоение подземного пространства. Большинство проектируемых и строящихся здесь подземных и заглубленных объектов размещается в толще известняков, пораженных карстом. Картина закарстованности известняков очень пестрая и связана с наличием нескольких переуглубленных продолин реки Москвы. Без знания общих закономерностей распространения карста при подземном строительстве в этом районе можно столкнуться с самыми неожиданными ситуациями.

Составление крупномасштабных инженерно-геологических карт — исключительно трудоемкая и дорогостоящая работа. Но на смену традиционным способам выполнения этих исследований сейчас приходят новые компьютерные технологии, позволяющие составлять карты по мере необходимости с минимальными затратами времени и средств. Для этого требуется собрать все геологические данные, накопившиеся по городу, и обработать их в точном соответствии с системными требованиями. Речь идет о составлении геоинформационной системы (ГИС) геологической среды города. Такая система должна включать многослойную информацию о геологических условиях города, «уложенную» в разветвленную систему банков данных, необходимый инструментарий для оперативного «вызова» требуемых данных для любой точки города и их обработки для получения в конечном итоге требуемых инженерно-геологических карт, сводных таблиц состава, состояния и свойств пород, геологических разрезов, трехмерных макетов и т.д.

Разработка геоинформационной системы геологической среды позволит решить не только проблему оперативного крупномасштабного картирования любой территории города, но и сократить объемы геолого-разведочных работ под строительство. Кроме то-

го с помощью ГИС можно более эффективно вести работы по мониторингу, разработать постоянно действующую модель геологической среды, на основе которой осуществлять прогноз развития природных и природно-техногенных геологических опасностей на территории города

Превентивные мероприятия. В ходе инженерно-геологического районирования часто выясняется, что даже наиболее благоприятные для освоения участки не являются достаточно устойчивыми и защищенными от опасных природных явлений. Кроме того, иногда возникает необходимость осваивать заведомо неблагоприятные территории (из-за отсутствия альтернативных вариантов), например, подтопленные участки, склоны оврагов, территории с закарстованными толщами и т.д. В этом случае одним из важнейших элементов превентивных мероприятий, выполняемых до начала строительства объектов, является создание защитных сооружений и инженерная подготовка территорий. Эти мероприятия включают строительство дренажных и водоотводящих сооружений, подпорных стенок, проведение специальных работ по инженерной подготовке территорий таких как отсыпка грунта и повышение уровня поверхности, проведение мероприятий по повышению несущей способности грунтов (уплотнение, закрепление, обезвоживание)

Статистика показывает, что социальные и экономические ущербы связанные с природными геологическими опасностями, обусловлены в основном деформациями и нарушением устойчивости жилых и промышленных зданий. Поэтому на повышение безопасности функционирования сооружений в значительной мере и ориентировано проведение превентивных мероприятий. В настоящее время имеется значительный объем специальных знаний, обобщающих накопленный опыт и позволяющих разработать способы повышения устойчивости зданий и сооружений. Эти мероприятия считаются социально приемлемыми и экономически оправданными. В большинстве случаев они удорожают на 2–12% стоимость строительства, однако получаемый эффект несравнимо выше, если учесть не только экономические, но и социальные, экологические, психологические и другие факторы, являющиеся неотъемлемыми компонентами устойчивого развития города

Современные технологические решения по созданию устойчивых сооружений могут быть реализованы в новом строительстве. Значительно сложнее решать вопрос с имеющимися постройками, возведенными без учета нагрузок от стихийных явлений, среди которых большое количество исторических зданий. В этих случаях требуется решать задачи, связанные с разработкой простых, не требующих больших расходов методов реконструкции существующих сооружений, которые бы повышали их надежность в условиях развития опасных природных явлений.

Мониторинг и прогнозирование. Как уже отмечалось геологическая среда является динамичной системой, изменяющейся не только в геологическом масштабе времени, но и в реальном времени существования объектов города. Изменения в геологической среде могут привести к нарушению устойчивости сооружений или сокращению (по сравнению с проектным) времени их безопасного функционирования. Поэтому проектирование сооружений необходимо вести с учетом возможных изменений геологической среды

Прогнозирование изменений геологической среды необходимо осуществлять на основе ее комплексного мониторинга. Для этого в городе необходимо создать единую систему геологических, геофизических и геохимических наблюдений, которая бы включала подсистемы наблюдений за гидросферой (динамика и химический состав поверхностных и подземных вод), геодинамическими движениями поверхности территории (опускание или подъем отдельных участков территории, оседание земной поверхности, движение грунтов на склонах), изменениями геофизических полей (сейсмического, температурного, электрического, вибрационного), геохимической загрязненностью

территории (загрязнение атмосферы, снежного покрова и почв, донных осадков, поверхностных и подземных вод)

Результаты наблюдений должны поступать в централизованный пункт сбора информации, где оперативно обрабатываются с помощью компьютеров по специально разработанным программам. Важно, чтобы интерпретация полученной информации носила комплексный характер и включала бы сопоставление данных наблюдений за геологической средой с состоянием зданий и сооружений. Важное значение при этом имеет анализ состояния геологической среды и здоровья населения города.

На основе постоянно пополняющейся информации должны составляться банки данных и ряды наблюдений, которые будут анализироваться в соответствии с поставленными целями и задачами. При наличии постоянно действующих моделей, контролирующих поведение того или иного участка территории города, было бы целесообразно проводить работу по их совершенствованию на основе вновь поступающих данных.

В дальнейшем необходимо осуществлять анализ всей полученной информации, выявлять тенденции (тренды) изменения в наблюдаемых объектах (процессах) и проводить прогнозирование развития опасных событий.

Принятие управляющих решений. Данные наблюдений и прогнозов являются основой для принятия управляющих решений администрацией города. По своему назначению эти решения могут быть трех типов: а) регулирующие хозяйственное освоение территории города, б) направленные на проведение превентивных мероприятий, в) решения чрезвычайного характера.

Решения, регулирующие хозяйственное освоение, вырабатываются на основе инженерно-геологического районирования, полученных рядов наблюдений и долгосрочных прогнозов изменений геологической среды, а также имеющегося хозяйственного опыта. Они заключаются в утверждении нормативных документов и директив, направленных на соблюдение основных принципов и правил ведения хозяйственного освоения территорий. Эти документы содержат определенные требования к архитектурному зонированию и архитектурно-планировочным решениям, типу фундаментов, конструкциям сооружений, устройству заглубленных частей зданий и сооружений, устройству подземных сооружений и коммуникаций и т.д. Сюда же относятся документы, в которых излагаются требования к освоению закарстованных, оползнеопасных или подтопленных территорий города.

Часто в дополнение к существующим регулирующим документам принимаются специальные решения по превентивным мероприятиям, предусматривающим дополнительное инвестирование на специальные меры по повышению устойчивости территорий и надежности возводимых на них сооружений.

Важным компонентом превентивных управляющих решений является разработка регламента откачки подземных вод на территории города и отдельных его районов, сброса технологических вод в глубокие горизонты геологической среды, осуществления крупных подземных взрывов вблизи города.

Решения чрезвычайного характера принимаются на основе краткосрочных прогнозов и оперативной информации о предвестниках опасных явлений, т.е. в условиях когда отсутствует время для осуществления превентивных мер. Такие решения включают срочное оповещение населения города о предстоящем событии, экстренные меры по перемещению (переселению) людей, безопасного их укрытия и мобилизацию специальных подразделений (в том числе армейских) на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации.

Принятие управленческих решений является конечной стадией всей цепочки исследований, наблюдений, прогнозов, проводящихся на территории города. Решения адми-

нистрации города логически завершают эти работы. В то же время управленческие решения, не опирающиеся на творчество ученых, архитекторов, инженеров могут приводить к необоснованным инвестиционным затратам и не достигать своей цели.

Страховое регулирование риска. Государство и тем более Мэрия города не могут взять на себя все бремя расходов связанных с предупреждением, готовностью и ликвидацией последствий опасных природных явлений. Необходимо чтобы жители города особенно те которые являются владельцами частного капитала и активно инвестируют средства в строительство и недвижимость, были также вовлечены в процесс обеспечения собственной безопасности и безопасности своих капиталов. Важная роль в этом принадлежит страховым компаниям. Мировая статистика показывает, что затраты страховых компаний за последние годы неуклонно растут и составляют сейчас около 40% от общего экономического ущерба, вызванного природными катастрофами.

Заключая страховые договора с физическими лицами и организациями страховые компании берут на себя определенные финансовые обязательства по компенсации потерь связанных с последствиями развития опасных природных процессов и явлений.

Деятельность страховых компаний во многом совпадает с интересами государства и отдельно взятого мегаполиса поскольку в конечном итоге она позволяет организовать своевременную помощь пострадавшим и способствует повышению безопасности проживания людей. Страховые организации добиваются этого страховым регулированием риска путем включения в договора требования к страхуемым субъектам по соблюдению установленных правил по безопасному размещению принадлежащей им собственности, знанию и соблюдению правил поведения в случае чрезвычайной ситуации и т.д. Одной из крайних мер может быть, например отказ от страхования при размещении объекта страхования на чрезвычайно опасных участках территории города.

Страховые компании не могут определять вслепую размеры страховых выплат. Чтобы сделать это им необходима информация о риске в городе в целом и в его отдельных районах связанном с той или иной природной опасностью. Для получения такой информации компания должна поддерживать тесный контакт с учеными и специалистами занимающимися оценкой риска и, очевидно, частично инвестировать ведение этих работ в городе.

Наличие информации об опасных природных событиях и связанных с ними экономических, экологических и социальных потерях дает возможность страховым компаниям разработать вероятные сценарии страховых услуг для города. Для оценки возможных страховых убытков страховщики определяют общие финансовые обязательства, взятые ими по страховым договорам, и умножают их на коэффициент убытков, полученный на основе оценок природных опасностей и прогнозируемого риска. В итоге получается сумма выплат в соответствии с которой корректируется величина взимаемых страховых отчислений. Таким образом, только на основе научнообоснованной оценки риска, страховые компании могут добиться положительного сальдо баланса доходов и расходов и тем самым гарантировать свое существование.

В заключение хочется отметить, что требовательный подход к градостроительной политике, основанный на районировании территории по природным условиям, принятию адекватных архитектурно-планировочных решений, инвестирования превентивных мероприятий, использовании конструкций и зданий повышенной устойчивости, создании системы предупреждения и прогнозирования – вот основные предпосылки для поддержания устойчивости городской территории и безопасного проживания на ней людей нынешнего и будущих поколений.