

ЭКОЛОГИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА



ВЫСШЕЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Допущено
Государственным комитетом СССР
по народному образованию
в качестве учебника
для студентов
горных специальностей вузов*



Москва "Недра" 1991

ББК 33.1

Э 40

УДК 504.06 : 662 (075.8)

Авторы: Г. Г. Мирзаев, Б. А. Иванов, В. М. Щербаков, Н. М. Проскуряков

Рецензенты: кафедра экономики природопользования Московского горного института; д-р техн. наук, проф. *Р. С. Пермяков*

Экология горного производства: Учебник для вузов/ Э 40 Г. Г. Мирзаев, Б. А. Иванов, В. М. Щербаков, Н. М. Проскуряков. — М.: Недра, 1991. — 320 с.: ил.

ISBN 5-247-01143-0

Изложены основы рационального природопользования. Рассмотрен механизм воздействия добычи полезных ископаемых на природные компоненты и комплексы. Приведена методика оценки степени опасности нарушения и загрязнения природной среды и определения допустимых выбросов и сбросов загрязняющих веществ. Даны основные положения по выбору и обоснованию мероприятий по охране земельных, водных и минеральных ресурсов, а также по предотвращению загрязнения атмосферы. Показаны конкретные схемы инженерных, экономических и организационных мероприятий по охране окружающей среды.

Для студентов горных специальностей вузов.

Э 2501000000—129
043(01)—91 59—91

ББК 33.1

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Мирзаев Генрих Гусейнович
Иванов Борис Алексеевич
Щербаков Владимир Модестович
Проскуряков Николай Максимович

ЭКОЛОГИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Заведующий редакцией *Е. И. Кит*. Редакторы издательства *Э. А. Освальдт, Н. П. Шерстнев*, Технические редакторы *Е. Н. Новикова, А. А. Бровкина*, Корректор *М. В. Дроздова*.

ИБ № 8752

Сдано в набор 27.12.90. Подписано в печать 15.04.91. Формат 60×88^{1/16}. Бумага книжно-журнальная для офсетной печати. Гарнитура Литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,6. Усл. кр.-отт. 19,6. Уч.-изд. л. 21,01. Тираж 8200 экз. Заказ 780/1913—1. Цена 1 р. 20 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»,
125047, Москва, Тверская застава, д. 3.

Московская типография № 11 Государственного комитета СССР по печати,
113105, Москва, Навгинская ул., д. 1.

ISBN 5-247-01143-0

© Коллектив авторов, 1991

Успешное решение задач в области охраны природы возможно лишь при высоком уровне экологических знаний и культуры, особенно среди инженерных кадров. Возникающие в разных точках Земли локальные и региональные экологические кризисы, связанные с производственной деятельностью, обязывают по-новому осмыслить и оценить сложившееся представление об эффективности производства, требуют экспертизы его экологической безопасности и, что самое главное, формирования нового экологического мышления у каждого человека.

В процессе ведения горных работ на поверхность выносятся огромные объемы горной массы, шахтных и рудничных вод, подземных газов и пыли, в которых содержатся вещества, вредные для биосферы. В последние годы в горнодобывающих районах сложилась экологическая обстановка, требующая принятия неотложных и действенных мер. Вот почему наряду с традиционными для горняков задачами охраны недр все больше внимания стало уделяться защите земель, подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха, растительности. На горных предприятиях, в проектных и научно-исследовательских институтах появились специалисты, отделы и лаборатории, которые осуществляют нетрадиционные для горняков исследования и разработки, связанные с охраной природы. Появилась потребность в теоретических, методологических и методических разработках, на базе которых должна осуществляться практическая природоохранная деятельность.

Экологическое образование в высшей школе осуществляется на основе комплексных программ природоохранной подготовки. При этом практически в каждой учебной дисциплине имеются разделы, посвященные конкретным задачам в области охраны природы. В этих условиях важное место занимает курс, который должен связать воедино все полученные студентом знания в области охраны природы, что достигается за счет более углубленного изучения теоретических и научно-методических основ инженерной экологии. Таким связующим звеном в горных вузах является новая дисциплина: «Экология горного производства» или для отдельных специальностей: «Инженерная экология». Основная идея курса состоит в том, что охрана природы при разведке, добыче и переработке полезных ископаемых должна осуществляться на единой научной основе с использованием комплексного системного подхода. Поэтому наряду с фактическими данными о воздействии производства на природную среду, состоянии природных компонентов и ком-

плексов, способах и средствах природоохранной деятельности на предприятиях учебник содержит целый ряд методологических и методических материалов, которые нацелены на более глубокую теоретическую подготовку специалистов. Углубление теоретических знаний в области охраны и рационального использования природных ресурсов и конкретизация практических позволит обеспечить эффективную подготовку специалистов.

1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

1.1. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ И ИСТОРИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ

Возраст древних остатков живых организмов, найденных на Земле, в настоящее время определяется в 3—3,5 млрд. лет. Возраст планеты 9—12 млрд. лет. В развитии жизни на Земле выделяют три основных периода.

Первый — добиологический, который охватывает период от возникновения Земли до появления на ней жизни. Первыми живыми организмами были мельчайшие организмы, существовавшие за счет органического вещества, синтезированного в абиотических процессах. В это время атмосфера Земли содержала азот, аммиак, оксид углерода, водяной пар, а также хлор, сероводород и другие ядовитые газы. Свободный кислород в атмосфере практически отсутствовал. Ультрафиолетовое излучение Солнца беспрепятственно достигало поверхности Земли и губительно действовало на все возможные очаги зарождения живых организмов. Однако благодаря именно этому излучению стали возможны химические реакции, приведшие к возникновению сложных органических молекул — аминокислот, которые, в свою очередь, послужили материалом для построения простейших живых организмов. Увеличение содержания кислорода за счет абиотических процессов и наличие ультрафиолетового излучения дало толчок к образованию вокруг планеты защитного озонового экрана. Это обеспечило надежную защиту живых организмов от губительного действия ультрафиолетовых лучей Солнца.

Считается, что первые многоклеточные организмы появились, когда содержание кислорода в атмосфере Земли достигло 3% его современного объема; это произошло приблизительно 600 млн. лет назад. В этот период произошел эволюционный взрыв новых форм жизни, возникли губки, кораллы, черви, моллюски, морские макрофиты и предки семенных растений и позвоночных животных. В течение последующих периодов (палеозойская эра) живые организмы заполнили все моря и вышли на сушу. Развитие земной растительности обеспечило выделение большого количества кислорода и питательных веществ, что в свою очередь обеспечило эволюцию крупных животных.

Живые компоненты природы в процессе своей жизнедеятельности преобразовали определенную часть недр и поверхностный

слой суши, изменили качественный и количественный состав водного и воздушного бассейнов. В результате на втором этапе развития на планете возникла биосфера — сфера жизни.

За длительный период времени организмы в процессе своей жизнедеятельности значительно изменили круговорот веществ и многие другие природные процессы, а также обеспечили появление новых направлений круговорота веществ. При этом биологический обмен между организмами веществом и энергией во многом стал определяющим в общем круговороте веществ на планете. В результате изменились энергетика планеты, а также качественный и количественный составы ее приповерхностной части. Так, атмосферный кислород, каменный уголь и ряд других горючих полезных ископаемых являются в основном продуктом жизнедеятельности живых организмов.

Процесс эволюции живых организмов привел к появлению высшего биологического вида — человека. В результате наша планета вступила в качественно новый, третий период своего развития, когда идет формирование ноосферы — сферы разума.

В этом периоде развития планеты выделяют ряд этапов, отличающихся характером взаимодействия общества и природы.

На первом этапе продукты, создаваемые природой, присваивались людьми при помощи созданных ими средств труда. Основной источник энергии в этот период — мускульная сила человека. В этот период человек целиком зависел от природы, его поведение и сознание можно характеризовать как единство общества и природы. Первобытный человек не выделял себя из природы, он считал себя ее частью.

Определяющий способ получения средств существования на втором этапе — земледелие и скотоводство. В качестве орудий производства использовались инструменты, созданные из преобразованного вещества природы. На этом этапе развития общество в значительной степени зависело от климатических и других природных условий. Поэтому и в этот период человек не противопоставлял себя природе, считая себя ее неотъемлемой частью, а поведение и сознание людей этого периода можно характеризовать как взаимодействие с природой.

Важный шаг в освобождении человека от господства сил природы был сделан на третьем этапе развития ноосферы, когда осуществлялся переход от аграрной экономики к индустриальной. Отличительная особенность этого периода — общество и природа представляются как две самостоятельно сосуществующие стороны, внешне противостоящие друг другу и развивающиеся обособленно друг от друга. Природа представляется как внешняя среда, с которой человек должен бороться. Основными принципами развития общества были борьба с природой, господство человека над ней, покорение природы и неисчерпаемость ее ресурсов.

В момент зарождения индустриальной экономики освоенная часть природной среды по сравнению с не освоенными человеком природными богатствами Земли представляла небольшую область. Поэтому человеку казалось, что природные ресурсы безграничны по сравнению с потребностями общества. Развитие науки и техники в значительной степени обеспечило власть человека над природой.

История развития общества показывает, что его взаимодействие с природой может привести к возникновению экологических кризисов, которые до настоящего времени носили локальный или региональный характер. Экологические кризисы характерны для всех предшествующих этапов развития общества и были закономерным следствием развития производительных сил.

Первые экологические проблемы антропогенного происхождения возникли на значительной территории, населенной человеком. Дикие животные, бывшие в этот период важнейшим объектом охоты в умеренных широтах, начинают исчезать. Некоторые ученые объясняли причину этого исчезновения только изменением климата. Однако крупнейший советский климатолог М. А. Будыко, проведя математические расчеты, пришел к выводу, что большую роль здесь сыграла также и деятельность человека.

С древнейших времен важным фактором воздействия человека на окружающую среду был огонь, применение которого позволяло уничтожать растительность на больших пространствах. Лесные и степные пожары широко использовались первобытными людьми как средство охоты на диких животных. Пожары на больших территориях приводили к хищническому уничтожению диких животных и разрушению природных экологических систем. Наряду с этим уничтожение лесов облегчало дальнейшую охоту на диких животных.

В период, когда основой хозяйственной деятельности людей стало скотоводство и земледелие, выжигание растительного покрова приобрело еще большие масштабы. Расширение пастбищ осуществлялось за счет выжигания леса. Большой ущерб природе наносился при подсечно-огневом способе земледелия, когда выжигание лесов обеспечивало получение плодородных угодий, которые требовали незначительной обработки почв. Однако плодородие угодий быстро снижалось и через два-три года приходилось вырубать и выжигать новые участки леса, перенося туда возделываемые угодья. Такой метод широко применялся при наличии обширных малонаселенных лесных территорий, особенно в средних широтах, он используется еще и сейчас в тропиках ряда развивающихся стран.

Выжигание растительности на значительной территории привело к резким изменениям природных условий: флоры, фауны,

состава почв, гидрологического режима и климата в целом. Как показывают исследования, во многих случаях уничтоженный человеком растительный покров не восстанавливался и после прекращения его систематического выжигания.

Во многих районах большое влияние на состояние естественного растительного покрова имел интенсивный выпас домашних животных. В лесных районах с сухим климатом уничтожение домашними животными листья молодых деревьев приводило к гибели лесов, а чрезмерный выпас скота в степях и саваннах — к появлению на их месте полупустынь и пустынь.

Таким образом, интенсивное ведение аграрного хозяйства, развитие земледелия и скотоводства неизбежно приводило к возникновению локальных и региональных экологических кризисов. В результате значительные территории Ближнего Востока были превращены в каменные и песчаные пустыни.

Как выяснили советские археологи, общая площадь орошаемых в Средней Азии земель в древности превышала современную. Сейчас в пустынях обнаруживаются следы обширных древних оазисов и крупных городов, заброшенных не только вследствие войн и разрушений, но и под влиянием сильного вторичного засоления почв, уничтожения их подвижными песками, что было вызвано нерациональным ведением хозяйства. Так, например, для одной овцы требуется от 5 до 20 га выпасов. Однако скот в основном сосредоточивался вокруг редких колодцев, на окраинах зеленых оазисов и вдоль берегов рек. Сотни тысяч острых копыт разрыхляли почву, рвали корни трав. В результате песок, находившийся под небольшим слоем дерна, подхватывался ветром и разносился на большие территории, образуя пустыни.

История развития общества свидетельствует, что технический прогресс одновременно приводит к увеличению интенсивности вредного воздействия на окружающую природную среду; при этом с переходом на более высокий уровень развития всегда создавались предпосылки для возникновения все более тяжелых экологических кризисов. Однако проникновение человека в тайны живой материи, развитие космонавтики и многие другие достижения научно-технического прогресса обеспечили возможность действенного контроля за характером антропогенных изменений в окружающей природной среде. Так, в настоящее время фиксируются и изучаются процессы, происходящие под влиянием производственной деятельности людей в озоновом слое, окружающем нашу планету. Возможно прогнозировать экологические изменения, происходящие в океане и на континентах, изучив процессы эволюции животных организмов на клеточном и молекулярном уровнях.

Технический прогресс, вооружая людей более современной технологией и техникой, более совершенными методами и сред-

ствами контроля и прогноза состояния природной среды, одновременно расширяет возможности устранения или снижения вредных экологических последствий производственной деятельности на природную среду, не допуская возникновения и развития экологических кризисов.

Разрабатываются и внедряются в практику новые производительные технологии, обеспечивающие более рациональное использование природных ресурсов и поддержание необходимого уровня качества окружающей среды. Создаются методы и средства восстановления нарушенных объектов природы, режима подземных вод, численности редких видов животных и растений, рекультивации земель, очистки загрязненных водоемов и многое другое. Все это позволяет говорить, что на современном этапе развития человеческого общества имеется возможность не допускать возникновения локальных и региональных экологических кризисов и полностью исключить глобальный.

1.2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Как отмечалось, особенности возможного экологического кризиса в современных условиях отличаются от предпосылок прошлого его возникновения. Так, если раньше экологические кризисы носили локальный или региональный характер, то теперь возникла угроза развития глобального. В настоящее время имеет место угроза истощения не только ресурсов материальных природных, но и экологических, т.е. таких, которые определяют условия существования современных живых организмов на Земле, в том числе и человека. Негативными сторонами современного производства являются, во-первых, истощение природных ресурсов, во-вторых, нарушение и загрязнение окружающей среды.

При этом необходимость в повышении интенсивности использования природных ресурсов связана с ростом численности населения и с необходимостью более полного удовлетворения их постоянно растущих потребностей (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Рост населения Земли (по Ф. Бааде)

Период до н. э., лет	Рост, млн. чел.	Время уд- воения чис- ленности, лет	Период н. э., лет	Рост, млн. чел.	Время уд- воения чис- ленности, лет
7000—4500	10—20	2500	0—900	160—320	900
4500—2500	20—40	2000	900—1700	320—600	800
2500—1000	40—80	1500	1700—1850	600—1200	150
1000—0	80—160	1000	1850—1950	1200—2500	100
			1950—1988	2500—5000	38

Переход общества на более высокий уровень развития и более полное удовлетворение растущих потребностей людей связаны с постоянным увеличением массы веществ, вовлекаемых в хозяйственный оборот. При этом все потребляемые человеком продукты создаются в результате использования природных ресурсов (воздуха, воды, почвы, полезных ископаемых, радиации Солнца, тепла Земли, растительного и животного мира). Природные ресурсы — это средства, необходимые для поступательного развития общества, которые не созданы трудом человека, а существуют независимо от него.

Потребление природных ресурсов в последний период резко возросло, что привело к интенсивному изменению окружающей среды. За один только год человек перемещает при перепашке полей, строительных и взрывных работах свыше 4 тыс. км³ почвы, извлекает из недр около 10 млрд. т руды, горючих ископаемых и строительных материалов, рассеивает на полях свыше 3000 млн. т минеральных удобрений и около 4 млн. т ядохимикатов.

В настоящее время освоено и активно используется 56% поверхности суши — это поля, сады, пастбища, дороги, горные разработки, леса. Примерно на 1/3 части суши природная среда изменена в значительной степени. Так, например, за последние 10 тыс. лет человечество сократило площадь лесов более чем в два раза, причем особенно бурно шел этот процесс в последние 350 лет.

В результате растительный покров на большей части поверхности континентов претерпел значительные изменения. На обширных пространствах естественная растительность заменена сельскохозяйственными полями и пастбищами. Сохранившиеся до настоящего времени леса в значительной степени являются вторичными, т. е. сильно измененными в результате воздействия человека.

В настоящее время весьма интенсивно эксплуатируются почвы. Так, 88% пищевой энергии человек получает сейчас с обрабатываемых земель, около 10% — с пастбищ и лесных угодий и около 2% из ресурсов Мирового океана. Уже сегодня в США сельскохозяйственные угодья занимают около 68% всей территории, во Франции — 66%, в СССР — 27%.

Воздействие человека на естественный растительный покров оказало заметное влияние на процесс почвообразования и привело в ряде районов к изменению физических и химических свойств почвы. Еще в большей степени изменились почвы на сельскохозяйственных полях. Исследования показали, что до 1990 г. на земле исчезло не менее тысячи видов растений и животных, а еще 20 тыс. видов находится под угрозой исчезновения. Нерациональное использование лесов и другой растительности на топливо и корм скоту, засоление и загрязнение почв,

развитие процессов ветровой эрозии приводят к нарушению динамического равновесия в природе, расширению зон пустынь и другим тяжелым экологическим последствиям. В последние десятилетия южная граница Сахары ежегодно смещается на несколько десятков километров, распространяется пустыня Тар в Индии.

Интенсивно эксплуатируются месторождения полезных ископаемых, растет потребление нефти, газа, железа, марганца, никеля, алюминия, молибдена и других минеральных ресурсов.

Одновременно с увеличением объемов использования сырья в производство вовлекаются все новые виды полезных ископаемых. Так, в XIII в. человечество для удовлетворения своих потребностей использовало всего 18 элементов и их соединений, в XVIII в. — 29. В 1869 г. было открыто 62 элемента, в производстве использовалось всего 35; в 1906 г. соответственно 84 и 52; в 1917 г. — 85 и 64; в 1937 г. — 89 и 73; в 1975 г. — 104 и 87. В настоящее время все 104 открытых элемента используются в производстве.

В последние десятилетия интенсивно идет процесс замены традиционных конструктивных материалов (стали, чугуна, цемента) синтетическими. В 1951 г. на синтетические волокна приходилось 18% потребления текстильного волокна; в 1990 г. — более 50%.

В дальнейшем ожидается еще больший объем использования синтетических волокон и сокращение удельного веса хлопка и шерсти в общем производстве волокон.

Весьма интенсивно растет потребление энергетических ресурсов. Так, с начала своего существования человечество использовало 90 млрд. т условного топлива, причем половина из этого количества была израсходована за последние 25—30 лет. В настоящее время человечество сжигает более 7 млрд. т условного топлива в год.

Основные источники энергии — нефть, каменный уголь, природный газ, гидроэнергетика и атомная энергетика. При этом в энергетическом балансе постоянно снижается доля угля (1966 — 40% всех источников энергии, 1990 — 30%), а растет доля нефти (соответственно 37 и 42%), газа (17 и 18%).

Однако, несмотря на то, что в настоящее время потребности в нефти растут, ожидается, по мнению авторов, существенное снижение ее доли в мировой энергетике — с 42% в 1980 г. до 26—37% в 2000 г. Это объясняется развитием атомной энергетики, доля которой, по прогнозу, в 2000 г. составит 25—26%, а также угрозой истощения запасов нефти (мировые запасы 450—620 млрд. т).

Выход из энергетических затруднений видится в более широком использовании так называемых нетрадиционных возобнов-

Сравнительные характеристики океанических источников энергии

Вид источника энергии	Мощность, млрд. кВт	Среднегодовая энергия, млрд. кВт·ч	Возможное годовое использование к 2000 г., млрд. т у. т.
Перепад температур	7—10	25·10 ⁴	100—200
Перепад солености	1—2	250	10—20
Приливы	0,5	25	200—250
Течения	0,3	40—70	10—30
Волны	0,3—0,5	600	20—50
Ветер над океаном	0,3—0,5	20·10 ³	30—60
Биомасса водорослей	0,5—0,7	125	10—20

ляемых экологически чистых источников энергии. Сейчас во многих развитых странах этому вопросу уделяется большое внимание. Основными направлениями являются: солнечная, ветровая и геотермальная энергетика. Значительное место в энергетике будущего отводится энергии Мирового океана (табл. 1.2).

Угроза истощения нависла даже над такими экологическими ресурсами, как вода и воздух.

В настоящее время большие трудности возникают в обеспечении промышленности и сельского хозяйства водными ресурсами. Вода стала сырьем, от которого в огромной степени зависит развитие ряда отраслей промышленности. Крупный потребитель воды — сельское хозяйство. Например, 1 га кукурузы за вегетационный период требует $3 \cdot 10^3$ м³ влаги, капусты — $8 \cdot 10^3$ м³, риса — $(1,2—2) \cdot 10^4$ м³. Потребление водных ресурсов только по нашей стране составило (км³):

1950 г.	95—100
1960 г.	150
1973 г.	335
1978 г.	350
1990 г.	535
2000 г. (прогноз)	750

Поэтому все острее становится проблема «водного дефицита». Из общего объема имеющейся на Земле воды пресная составляет около 2%, причем примерно 80% ее приходится на ледники и снег (табл. 1.3).

Человечество в настоящее время использует для хозяйственно-бытовых нужд около 12% пресных вод. Кроме этого, большой объем поверхностных вод загрязняется. Подсчитано, например, что если город потребляет 600 тыс. м³ воды, то он в то же время сбрасывает 500 тыс. м³ стоков. Состояние рек ухудшается и с развитием транспорта: чем больше машин на улицах городов, тем грязнее дождевая вода, попадающая в реки. Ежегодно в водоемы сбрасывается около 600 млрд. т различных промышленных стоков, для нейтрализации которых тре-

Соленые и пресные воды гидросферы

Вид вод гидросферы	тыс. км ³	%	
		всего	в том числе
Все воды гидросферы	1 605 000	100	—
Все соленые воды	1 572 100	98	100
В том числе:			
Мировой океан	1 370 000	—	87,1
соленые озера	100	—	0,0001
соленые подземные воды	202 000	—	12,9
Все пресные воды	32 427,2	2	100
В том числе:			
медленно возобновимые	32 330	—	99,7
подземные воды	8 000	—	24
подземные льды	200	—	1
ледники	24 000	—	74
озера и водохранилища	130	—	0,7
быстро возобновимые	97,2	100	—
почвенная влага	82	—	84,4
атмосферная влага	14	—	14,4
речные воды	1,2	—	1,2

буется 12—15-кратное разбавление. Более $\frac{1}{3}$ промышленных удобрений и ядохимикатов смывается поверхностным стоком в водоемы и водотоки и загрязняют их.

Возрос и расход воздуха в современных технологических процессах; он используется также в качестве теплоносителя, сырья для получения кислорода, азота и других целей.

В настоящее время все отопительные системы и промышленные технологические процессы потребляют около 23% кислорода, который создается наземной растительностью. Ожидается, что к 2000 г. на эти нужды будет расходоваться 95% кислорода, выделяемого растениями. По данным ЮНЕСКО, на нашей планете с населением 5 млрд. чел. расходуется такое количество кислорода, которого хватило бы для жизнедеятельности более 45 млрд. чел.

Одновременно происходит загрязнение атмосферы промышленными выбросами. Так, ежегодно продуктами сгорания на земле выбрасывалось более 100 млн. т твердых веществ, более 150 млн. т оксида азота. В ряде мест эти выбросы достигают такой концентрации, что убивают траву и деревья, губят урожан.

Существенную роль в ухудшении качества окружающей среды играет загрязнение объектов природы нефтепродуктами. Во всем мире при добыче, транспортировании, переработке и использовании теряется примерно 2% ежегодно добываемой нефти, при этом 7 млн. т — только при ее добыче. Из 50 млн. т потеря нефти теряется на суше 25 млн. т, в океане — 8 млн. т и выбрасывающейся в атмосферу — 17 млн. т (в виде паров

бензина и других углеводородов). Для сравнения можно сказать, что естественное поступление нефти, например, в океан по разломам земной коры не превышает 0,5 млн. т в год.

1 т сырой нефти покрывает тонкой пленкой около 6 км² акватории. С поступлением ее на водную поверхность происходит процесс естественного рафинирования: легкие фракции, составляющие примерно 1/3 массы, испаряются, водорастворимые фракции, составляющие примерно 1/3 массы, выщелачиваются в течение 1—3 недель, отравляя воду. Остаток, имеющий повышенную вязкость, образует «шоколадный мусс», оседает на дне и сохраняется там месяцами.

Процесс минерализации нефти идет за счет химического и бактериологического окисления. Наиболее быстро, в течение 2-х недель, процесс окисления идет при температуре воды 25 °С; при 15 °С окисление длится 6 недель, а при 5 °С — в течение полугода. В полярных водах нефть может сохраняться годами. Длительное воздействие нефти и ее продуктов приводит к гибели примерно 1/3 молодых морских организмов, особенно в прибрежной зоне. Многие морские организмы, аккумулируя в себе углеводороды, становятся опасными для человека. Минерализация разлитой нефти на суше идет быстрее, однако дальнейшие превращения ее компонентов в атмосфере до настоящего времени почти не изучены.

Наряду с местным и региональным загрязнением природной среды существует ее глобальное загрязнение. Так, например, за 25 лет применения ДДТ и его производных в качестве основного пестицида привело к его рассеиванию по всей поверхности планеты (на поверхность Антарктиды, например, вместе со снегом выпало около 2500 т этого препарата). Период естественного распада препаратов ДДТ составляет 49 лет. В результате использования ДДТ концентрация его в продуктах животноводства и в организме человека в 2—3 раза выше допустимой нормы, этот препарат находят даже в печени пингвинов в Антарктиде.

В результате использования свинца в качестве антидетонатора жидкого топлива ежегодно в природную среду поступает свыше 2 млн. т оксида и диоксида свинца от двигателей внутреннего сгорания. За последние 100 лет концентрация соединений свинца в толще Гренландского ледника возросла в 5 раз, достигнув 2 мг на 1 кг льда. За последние 20 лет концентрация свинца в воде океана возросла в 10 раз.

Аналогичное положение со ртутью, 8 тыс. т которой ежегодно поступает в окружающую среду, из них 40% при выветривании горных пород и 60% техногенным путем, главным образом за счет отходов целлюлозно-бумажного, содового производств и рассеивания содержащих ртуть пестицидов. Подобно ДДТ и свинцу, концентрация ртути в организмах в десятки раз

превышает ее содержание в почве, в природных водах и воздухе.

С каждым годом растет численность городского населения. Все города мира ежегодно выбрасывают в окружающую среду до 3 млрд. т твердых промышленных и бытовых отходов, свыше 500 км³ промышленных и бытовых стоков и около 1 млрд. т различных аэрозолей. Важная особенность современной экологической обстановки — накопление отходов производства и загрязнение окружающей среды. Так, например, в настоящее время только небольшое количество (5—7%) добываемого минерального сырья превращается в полезный продукт, остальное в процессе производства возвращается природе в виде отходов. По ориентировочным данным, в настоящее время в биосферу ежегодно поступает в твердой, жидкой, газообразной формах до 20—25 млрд. т бытовых и промышленных отходов. Причем часто в биосферу выносятся новые вещества, которые не вовлекаются в природный круговорот и постоянно накапливаются.

Реальной опасностью для жизни на Земле является нарушение химического равновесия в природной среде из-за несовершенства технологических процессов, высоких норм потери сырья при добыче и транспортировании, а также за счет рассеяния материалов при их потреблении. Техногенные поступления в окружающую среду многих элементов и соединений, широко используемых в производстве и быту, в 10—100 раз превышают их естественное поступление при вулканизме и выветривании горных пород. Если не принять соответствующих мер, то через 50 лет, при учете современных темпов роста промышленной продукции, содержание оксида железа в почвах и водах удвоится, соединений цинка и свинца возрастет в 10 раз, ртути, кадмия, стронция — в 100 раз, мышьяка — в 250 раз. Однако ответить на вопрос, что же произойдет с биосферой в связи с таким резким и быстрым изменением геохимического состояния, в настоящее время пока не представляется возможным. Нам мало известно, что делается с теми элементами и соединениями, которые в таком огромном количестве поступают в биосферу. В большинстве случаев неизвестно, как долго они сохраняются и какие превращения испытывают. Мало изучена возможность поглощения средой этих веществ. Иными словами, проблема круговорота вещества и энергии в природе не только в количественном, но даже и в качественном отношении остается слабо изученной.

Опасность химического загрязнения среды для человека, животных и растений усугубляется также и тем, что живые организмы обладают способностью аккумулировать в себе элементы и соединения, не участвующие в обмене веществ организма. По этой причине концентрация в водорослях, наземных растениях, в теле животных и человека соединений свинца, ртути,

Таблица 1.4

Концентрация химических элементов в морских организмах (по Мери)

Элемент	Содержание элемента, мг/кг		Коэффициент обогащения	Морской организм
	в морской воде	в организме		
Ванадий	0,002	560	280 000	Оболочники
Железо	0,01	1000	100 000	Водоросли
Свинец	0,00003	700	20 000 000	Кости рыб
Цинк	0,1	10 000	1 000 000	То же
Медь	0,03	3000	1 000 000	» »
Йод	0,06	50	30 000	Водоросли

пестицида ДДТ и других токсикантов в десятки, а иногда и в сотни раз превышает их содержание в почве, природных водах и в воздухе (табл. 1.4).

Воздействие современного промышленного производства оказывает влияние на тепловой баланс планеты. Одна из причин этого — отток в окружающую атмосферу антропогенной энергии. Мощность всех источников энергии, созданных человеком, уже достигает 1 млрд. кВт. Сегодня суммарное антропогенное выделение энергии на Земле составляет 0,02% ее радиационного баланса. Но при современных темпах увеличения потребления энергоресурсов — более чем вдвое каждые 20 лет — за ближайшее столетие эта величина может превысить 1% и стать угрожающей.

Кроме того, изменение поверхностного слоя Земли и состава атмосферы в результате хозяйственной деятельности человека приводит к колебанию отражающей способности поверхности. Ежегодное сжигание более 2 млрд. т угля и свыше 1 млрд. т нефти, а также проводившиеся испытания атомного оружия с начала XX в. повысили содержание углекислого газа в атмосфере на 12—15%. Углекислый газ почти не задерживает теплового коротковолнового излучения, приходящего к Земле, и заметно ослабляет длинноволновое, излучаемое земной поверхностью. Это способствует повышению температуры у поверхности, создается так называемый «парниковый эффект». Если количество углекислоты, образующейся в результате деятельности человека, в дальнейшем не уменьшится, то это может привести к увеличению средней температуры у земной поверхности, что в свою очередь может вызвать интенсивное таяние полярных льдов.

Следует, однако, отметить, что не все прогнозы достаточно обоснованы. Во-первых, в будущем в результате развития атомной, а затем термоядерной и нетрадиционных экологически чистых видов энергетики темпы роста выбросов углекислого газа в атмосферу снизятся. Во-вторых, не учитывается еще один фактор — запыленность атмосферы; выбросы в атмосферу мел-

ких частиц пыли, влаги, большого количества химических соединений составляют более 1 670 млн. т в год (причем 530 млн. из них приходится на северное полушарие). Выступая в качестве экрана, задерживающего солнечную радиацию, пылеватые частицы (аэрозоль) создают «антипарниковый эффект», ведущий к понижению температуры.

Из сказанного следует, что в настоящее время не все прогнозы об изменении теплового баланса планеты можно считать полностью достоверными. Однако уже сейчас существует ряд так называемых «тепловых островов», где дополнительные источники энергии дают до 10% от приходящей к Земле коротковолновой радиации. Это в ряде случаев вызывает изменение температуры на 5—7°C. Например, вблизи Москвы весенние заморозки значительно слабее, чем на значительном расстоянии от города. В Японии такой «тепловой остров» охватывает территорию 372 тыс. км². Если «тепловые острова» и не могут существенно повлиять на тепловой режим атмосферы всей планеты, то они вполне достаточны, чтобы отразиться на динамике атмосферных процессов, вызывая, например, резкое разрастание необычных явлений погоды.

Важнейшую роль в предохранении биосферы от губительного действия ультрафиолетовой радиации играет находящийся в стратосфере озонный слой. Среднее сокращение количества озона на 5% увеличит ультрафиолетовую радиацию на 5—10%, что может послужить причиной возникновения различных, в том числе и раковых заболеваний.

Опыт показывает, что развитие цивилизации уменьшает зависимость людей от стихийных сил природы. Но, воздействуя на природу, общество создало новую (вторичную) окружающую среду, которая в ряде случаев значительно отличается от естественной.

Неблагоприятный и зачастую даже опасный для организма человека характер изменений, вносимых в природу, обусловлен тем, что люди еще не научились управлять качеством природной среды и обеспечивать динамическое ее равновесие. Воздействуя на природную среду, человек изменяет всю причинно-следственную цепь природы, вызывая непредвиденные экологические последствия, часто опасные для человека.

В связи с глобальным загрязнением природной среды возникает еще одна важная проблема — адаптация живых организмов к новым измененным условиям.

Эволюция живых организмов, в том числе и человека, процесс медленный. Скорость его значительно ниже скорости изменений качества природной среды, которое происходит в результате производственной деятельности людей. Поэтому большинство живых организмов не могут быстро приспособиться к новым условиям, в результате возникает угроза их гибели.

При этом, чем сложнее организм, тем больший промежуток времени требуется для его адаптации.

Организм человека также не успевает адаптироваться и прийти в соответствие с изменившейся окружающей средой. Поэтому человек оказывается не в состоянии сохранить полную жизнеспособность в созданной им самим вторичной среде, которая по ряду параметров ему, как биологическому существу, противопоказана.

Таким образом, два взаимосвязанных процесса — с одной стороны, все большее истощение природных ресурсов, а с другой — загрязнение природной среды отходами и выбросами производства — приводят к нарушению естественного экологического равновесия и возникновению угрозы глобального экологического кризиса. Поэтому при организации любого вида производства необходимо учитывать вероятные изменения природной среды и использовать все возможности для ликвидации нежелательных экологических последствий.

Борьба с угрозой глобального экологического кризиса стала международной проблемой. Решить ее в рамках отдельных стран нельзя. Предпринятые некоторыми государствами меры по охране природы не будут эффективными, если другие страны их не поддержат. С конца 60-х годов эта проблема стала в центре внимания научных и политических кругов во всем мире.

Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения и развития экологических кризисов на разных этапах развития общества?
2. В чем заключаются экологические проблемы на современном этапе развития общества?
3. Возможен ли глобальный экологический кризис на планете и чем обусловлен Ваш прогноз?

2. СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ, ГИДРОСФЕРЫ И АТМОСФЕРЫ

2.1. ЛИТОСФЕРА

Литосфера — внешняя, относительно прочная оболочка Земли. Включает земную кору и часть верхней мантии Земли. Нижняя граница литосферы нерезкая и выделяется по уменьшению вязкости, скорости распространения сейсмических волн и увеличению электропроводности. Мощность литосферы под океанами составляет 5—100 км, максимальная под континентами 25—200 км.

В строении земного шара выделяют внешнюю оболочку — земную кору, промежуточную часть — мантию и внутреннюю — ядро.

Земная кора — верхняя тонкая оболочка, имеет мощность 70—75 км под континентами и 5—7 км под океанами.

Мантия Земли простирается до глубины 2900 км, плотность ее выше плотности коры и колеблется от 3,3 г/см³ в верхней части до 6—9 г/см³ в нижнем слое. На глубине 900 км проходит граница, разделяющая мантию на верхнюю и нижнюю части.

Ядро Земли, которое включает центральную часть планеты, по своему строению также неоднородно. Выделяют внешнее и внутреннее ядра, граница между которыми лежит на глубине 5000—5200 км.

Земная кора наиболее изучена и в настоящее время представляется как слоистая сложная оболочка. Мощность земной коры на разных участках Земли не одинакова. На континентах при гористом рельефе местности мощность коры больше. Например, под Гималайским хребтом, высота которого около 9 км, мощность земной коры достигает 75 км, тогда как в пределах Западно-Сибирской низменности — 35—40 км.

Основная площадь Земли занята двумя пологими поверхностями — равнины суши и равнины океанического дна. Между ними имеет место значительный перепад высот.

Переход суши в океаническое дно начинается с участка, уклон которого незначителен, и составляет 1,5—2 м на 1 км (рис. 2.1). Эта мелководная область вокруг материка, которая в среднем простирается на 80 км, составляет континентальный шельф. Континентальный шельф ограничен резким перегибом (обрывом), где через 30—35 км глубина океана достигает 3 км. В ряде районов средний уклон дна составляет 30°. Эта область с резким перепадом глубин называется континентальным склоном. Далее, после небольшой переходной области лежат абис-

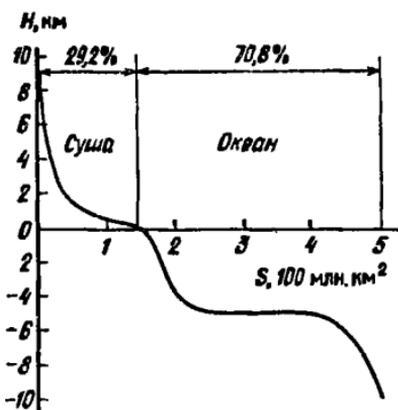


Рис. 2.1. Гипсографическая кривая земной поверхности

сальные равнины — обширная область с глубиной 3,7—6 км. Абиссаль в ряде мест пересекается подводными хребтами и впадинами, наибольшая глубина которых достигает 10—11 км.

Жизнь в литосфере концентрируется только в поверхностном слое земной коры, в основном в почве. Почва — это наружные верхние горизонты горных пород, измененные совместным влиянием воды, воздуха и деятельностью живых организмов. В. И. Вернадский характеризовал почву как биокосное тело, состоящее одновременно из остатков живых организмов и косных (неорганических) веществ. Почва возникла на земле вместе с живой материей и дальнейшее ее развитие связано с жизнедеятельностью большого числа растений, живогных и микроорганизмов.

Почва как среда обитания обладает рядом особенностей. Она представляет собой трехфазную систему. Первая, твердая, фаза состоит из различных по величине твердых частиц; вторая, жидкая, представлена почвенной влагой; третья, газообразная, — газами, заключенными в порах и растворенными в воде. Организмы, обитающие в почве, должны преодолевать сильное механическое сопротивление, испытывать значительные колебания температуры, недостаток света и воздуха, влияние растворенных в воде солей. Основная масса организмов, существующих в литосфере, сосредоточена в пределах слоя почв, глубина которого в большинстве случаев не превосходит нескольких метров.

Почвы образованы из смеси минеральных веществ, возникших в результате разрушения горных пород, с органическими веществами — продуктами жизнедеятельности и разрушения организмов, главным образом растений. Эти продукты частично накапливаются на поверхности почвы (листья, сухие ветки и т. д.), частично на некоторых глубинах (например, отмершие корни). Важную роль в процессе разложения органического вещества, поступающего в почву, играют различные микроорганизмы, грибы и разнообразные почвенные животные.

Именно в результате разложения органического вещества в почве создаются запасы углерода, азота, фосфора, калия, магния и других элементов в форме, доступной для использования высшими растениями. Вследствие этого почвы оказывают большое влияние на продуктивность растительного покрова. Выделение углекислого газа пополняет его массу в атмосфере и в гидросфере, компенсируя расход его на фотосинтез.

2.2. ГИДРОСФЕРА

Гидросфера — водная оболочка нашей планеты, включает в себя все поверхностные воды, а также воду, находящуюся в пределах литосферы и атмосферы.

Основная часть поверхностных вод заключена в Мировом океане, который занимает около 71% поверхности земного шара. Океан включает ~98% общего запаса свободной воды. При этом океанические воды содержат значительное количество солей (в среднем около 35 г/л). Соленость несколько повышается в субтропическом поясе высокого давления, где испарение с океанов превышает осадки, и уменьшается вблизи экватора, а также в средних и высоких широтах, где осадков больше, чем испарения. Большую часть растворенных солей составляет хлористый натрий (78%), затем хлористый магний (11%). Среднее содержание катионов и анионов в морской воде показано в табл. 2.1.

Из газов, растворенных в водах океанов, наибольшее значение для организмов имеют кислород и углекислый газ. Количество кислорода в океанических водах изменяется в широких пределах в зависимости от температуры, а также от деятельности живых организмов и некоторых других факторов. Концентрация углекислого газа в океане также изменчива, но общая масса CO_2 в нем примерно в 60 раз превосходит его количество в атмосфере.

Углекислый газ океанических вод усваивается растениями в ходе фотосинтеза, причем та его часть, которая вошла в круговорот органического вещества, расходуется на построение известковых скелетов и панцирных покровов различных живых существ. Эта масса океанического углекислого газа после гибели организмов частично возвращается в океан при растворении остатков скелетов погибших организмов, частично выпадает на дно океана в виде карбонатных осадков.

Воды океана находятся в постоянном движении, главный источник энергии которого — различия в нагреве его поверхности на разных широтах и динамическое воздействие движущегося воздуха над поверхностью.

Верхний слой океанических вод сильно перемешан под влиянием движения волн, в этом слое скорости течений максимальны. Начиная с глубин в несколько сот метров, скорости движе-

Таблица 2.1

Солевой состав вод океана

Катионы	% по массе	Анионы	% по массе
Na^+	30,60	Cl^-	55,02
Mg^{++}	3,68	SO_4^{--}	7,71
Ca^{++}	1,17	CO_3^{--}	0,19
K^+	1,15	HCO_3^-	0,41
		H_3BO_3^-	0,07
Всего	36,6	—	63,4

ния воды обычно невелики и перемешивание ее меньше. Температура океанической воды в низких широтах убывает с глубиной (ниже 2 км 1—2 °С). В высоких широтах вертикальный градиент температуры мал, и на всех глубинах она только немного превосходит точку замерзания соленой воды.

В арктической и антарктической зонах значительные пространства океанов закрыты ледяными полями, средняя толщина которых доходит до нескольких метров. Площадь, занимаемая льдами, изменяется в течение года, достигая максимума весной и минимума в конце лета.

Водность рек и озер в течение года меняется. Это объясняется неравномерностью осадков, а также климатическими факторами, вызывающими таяние снега и ледников. В период весеннего половодья расход отдельных рек составляет 60% и более от годового стока.

Большое значение для обеспечения чистой пресной водой населения имеют болота, которые занимают 3,5 млн. км². Болота, т. е. сильно увлажненные участки поверхности земли, играют роль губки, которая вбирает в себя избыток воды во влажные периоды и отдает в сухие. Болота являются крупными хранилищами пресной воды, служат естественным фильтром. Это мощные очистные сооружения, где загрязненная вода превращается в чистую пресную воду родников, лесных речек и озер. При уничтожении болот наблюдается обмеление крупных рек, уничтожаются первозданные флора и фауна. А на осушенных участках, где раньше были болота, через два-три года урожайность культур падает и интенсивно развивается ветровая эрозия почв.

Подземная гидросфера включает в себя следующие воды: в форме пара, в твердом состоянии, физически связанная, свободная в парокритическом состоянии, химически связанная.

В объеме, который ограничивается сверху земной поверхностью, а снизу постоянным уровнем подземных вод, водяной пар заполняет не занятые жидкой фазой пустоты в массиве горных пород. Проникая сверху, он конденсируется и служит одним из источников свободных подземных вод. Большое количество пара образуется при выходе перегретых вод на поверхность земли в гейзерах и вулканах.

Вода в виде льда встречается в толще многолетних мерзлых пород, мощность которых местами достигает 1 км. На территории СССР такие породы встречаются на площади, равной ~47%. Лед в массиве наблюдается в виде жил, распространяющихся по трещинам и прослоям, и отдельных кристалликов.

Физически связанная вода находится во взаимодействии с частицами пород, слагающих массив. Ее количество в единице объема породного массива определяется размерами минеральных частиц. Чем меньше размер частиц, тем больше ее

влажность — количество физически связанной воды присутствует в единице объема данной породы. Особенно велика влажность глины (более 50%).

Свободная вода представлена капиллярными и гравитационными водами. Капиллярная вода заполняет поры пород выше уровня подземных вод и передвигается под влиянием сил поверхностного натяжения. Высота подъема капиллярной воды достигает 6 м и более. Гравитационная вода образует скопление подземных вод в трещинах и порах массива горных пород. Она передвигается под действием гравитационных сил. Различают воду инфильтрующуюся, которая просачивается сверху вниз, и фильтрующуюся,двигающуюся по водоносному пласту. Количество гравитационной воды зависит от гранулометрического состава, пористости и трещиноватости горных пород. В глине гравитационная вода практически отсутствует (коэффициент водоотдачи менее 1%). В песчаниках и гранитных породах коэффициент водоотдачи может достигать 30%.

Нижняя граница подземных вод достигает глубины критических температур и давлений: 12—16 км на континентах и 2—3 км в местах современного вулканизма. Глубже вода находится в парокритическом состоянии, когда скорости молекул достигают скорости движения их в газах, а плотности приближаются к единице. Здесь стираются фазовые различия воды, характерные для нормальных условий. Основные отличительные свойства воды в надкритическом состоянии — высокая ее подвижность и возросшая более чем в десятки раз растворяющая способность.

Химически связанная вода входит в состав кристаллической решетки минералов. Отделение кристаллизационной воды осуществляется при температуре 300—400 °С и приводит к разрушению кристаллической решетки и образованию новых соединений.

Круговорот вод глубоких горизонтов происходит очень медленно, и один цикл продолжается многие тысячи лет, а в ряде случаев несколько миллионов лет.

В процессе круговорота воды на планете большое значение имеют атмосферные осадки, т. е. вода, которая содержится в атмосфере и под действием воздушных потоков перемещается на большие расстояния. Известно, что на поверхность нашей планеты в среднем за год выпадают осадки, равные 1 м. Однако распределяются они по поверхности земли неравномерно. Наибольшее их количество приходится на тропические зоны (от 10° с. ш. до 10° ю. ш.). Например, на территории некоторых районов Индии количество осадков в год превышает 12 м, тогда как в ряде районов экваториальной зоны их практически нет. В пустынях, которые занимают 25% материков, осадки в среднем не превышают 200 мм в год.

Неравномерность выпадения осадков наблюдается и в течение года. Так, до $\frac{2}{3}$ их количества выпадает: в тропиках, в муссонных областях — летом; в субтропиках — зимой; в районах с континентальным климатом — летом.

На количество осадков в основном оказывают влияние температура воздуха и близость больших водоемов. В теплых экваториальных районах в результате испарения больших масс воды влажность воздуха повышается и соответственно увеличивается количество осадков. В южном полушарии, где большие пространства заняты морями и океанами, осадков больше, чем в северном.

Физические и химические процессы в гидросфере тесно связаны с аналогичными в атмосфере. Преобразование энергии, круговорот воды, углекислого газа, ряда других составляющих воздуха и воды осуществляются в гидросфере и атмосфере как в единой системе.

2.3. АТМОСФЕРА

Атмосфера — газобразная оболочка Земли, делится на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу.

С удалением от поверхности состав и свойства атмосферы меняются. С высотой одновременно изменяются плотность, давление и температура атмосферы. У земной поверхности при подъеме температура сперва снижается и на высоте 17 км над тропиками и около 10 км над полюсами во время полярного дня она достигает своего первого минимума (над тропиками — 75°C , над полюсами — 55°C). Эта часть атмосферы, где наблюдается снижение температуры с высотой, названа тропосферой (тропос — поворот).

Второй слой, который выделяется в атмосфере, назван стратосферой. В этом слое наблюдается повышение температуры, которое заканчивается на высоте 55 км. Температура здесь достигает максимума, равного 0°C . Минимум температуры, располагающийся между тропосферой и стратосферой, принято называть тропопаузой, максимум на верхней границе стратосферы — стратопаузой.

Над стратосферой до высоты 85—90 км располагается мезосфера. Здесь температура снова снижается и на верхней границе составляет — 85°C . Далее располагается термосфера, где температура снова растет и на высоте 400 км достигает $700\text{—}900^{\circ}\text{C}$. Выше располагается внешняя оболочка атмосферы — экзосфера, где разрежение составляет менее $7,5 \cdot 10^{-11}$ Па, а плотность воздуха менее $3 \cdot 10^{-12}$ кг/м³. При таких параметрах столкновений молекул газов практически нет, поэтому говорить о температуре в нашем земном понимании здесь нельзя.

Изменение температуры атмосферного воздуха на разных высотах объясняется неодинаковым поглощением энергии солн-

да газами. Так, например, в стратосфере поглощение энергии солнца определяется озоном, область повышенной концентрации которого располагается на высоте 20—60 км.

Тропосфера — область, где наиболее интенсивно протекают тепловые процессы. При этом в основном тепловая энергия для изменения температуры атмосферы получается за счет нагрева ее снизу от поверхности земли и океана.

Атмосфера большое влияние оказывает на эволюцию литосферы. Так, в результате физического выветривания формировалась поверхность современных континентов. В этом процессе участвовали атмосферные осадки и ветер, переносивший мелкие фракции горных пород на большие расстояния. Существенно влияли на разрушение горных пород колебания температуры и другие атмосферные факторы.

Эволюция атмосферы во многом определяла развитие гидросферы, так как водяной баланс водоемов непосредственно зависел от режима осадков и испарения. С другой стороны, атмосферные процессы находились под влиянием состояния гидросферы, в особенности океанов. В целом эволюция атмосферы и гидросферы — единый процесс.

Для химического состава атмосферы типично наличие постоянных и переменных компонентов. Наиболее важная переменная составная часть атмосферы — водяной пар. Пространственно-временная изменчивость его содержания в толще атмосферы очень велика. Основная масса водяного пара сосредоточена в тропосфере. Изменчивость его содержания в ней определяется взаимодействием процессов испарения, конденсации и горизонтального переноса.

Существенным переменным компонентом атмосферы является углекислый газ, изменчивость содержания которого связана с жизнедеятельностью растений и растворимостью его в морской воде (т. е. газообмен между океаном и атмосферой). Обычно вариации содержания углекислого газа невелики.

Заметное влияние на радиационные процессы в атмосфере оказывает атмосферный аэрозоль — взвешенные в воздухе частицы. Аэрозоль наблюдается как в тропосфере, так и в верхних слоях атмосферы, возникая под влиянием ее «засорения» от земной поверхности, промышленных загрязнений, вулканических извержений и космических факторов. Концентрация аэрозоля быстро убывает с высотой.

Физические процессы, развивающиеся в тропосфере, оказывают глубокое влияние на климатические условия различных районов нашей планеты. К числу этих процессов относятся поглощение солнечной радиации, формирование потока длинноволнового излучения, уходящего в космическое пространство, влагооборот, связанный с образованием облаков и выпадением осадков.

2.4. АБИОТИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ НА ПЛАНЕТЕ

В природе постоянно происходят процессы, обеспечивающие круговорот твердых минеральных веществ и воды. При этом в общем едином кругообороте выделяются кругооборот твердого вещества и воды, происходящий в результате действия абиотических факторов (большой геологический кругооборот), а также малый биогенный кругооборот веществ в твердой, жидкой и газообразной фазах, происходящий при участии живых организмов.

Большой геологический кругооборот веществ на планете осуществляется в результате действия множества абиотических факторов. Следует отметить, что из большого числа существующих гипотез, объясняющих процессы кругооборота веществ на планете, еще не выделилась такая, которая смогла бы одновременно объяснить все многообразие происходящих явлений.

Установлено, что под действием поверхностных и подземных вод в Мировой океан ежегодно выносится 12 км^3 минерального вещества. В результате ежегодно с поверхности континентов в среднем снимается слой мощностью около $0,08 \text{ мм}$ (табл. 2.2).

При таких темпах разрушения поверхности все континенты были бы уничтожены в течение $10\text{--}11$ млн. лет. Однако этого не происходит, так как в противовес процессу разрушения материков сверху, действует другой глобальный, обеспечивающий подъем вещества из глубин мантии. Используя основные положения гипотезы о глобальной тектонике или тектонике литосферных плит, можно представить глобальный кругооборот твердого вещества. Гипотеза предполагает существование горизонтальных перемещений мощных литосферных плит, толщиной $100\text{--}150 \text{ км}$.

При этом в пределах срединноокеанических хребтов, так называемой зоны рифтов, происходят разрыв и раздвигание литосферных плит с образованием молодой океанической коры (рис. 2.2). Это явление называют спредингом океанического дна. Таким образом, на поверхность из глубин мантии подни-

Таблица 2.2

Продукты ежегодной эрозии поверхности континентов

Континент	Твердый сток, млн. т	Ионный сток, млн. т	Суммарный сток, млн. т	Сток с 1 км площади, т	Мощность смытого слоя, мм
Европа	350	240	590	62	0,024
Азия	16 800	850	17 650	420	0,16
Африка	600	310	910	38	0,014
Северная Америка	2030	410	2440	120	0,046
Южная Америка	975	550	1525	90	0,035
Австралия	1600	120	1720	290	0,11
Всего и в среднем	22 355	2480	24 835	200	0,077

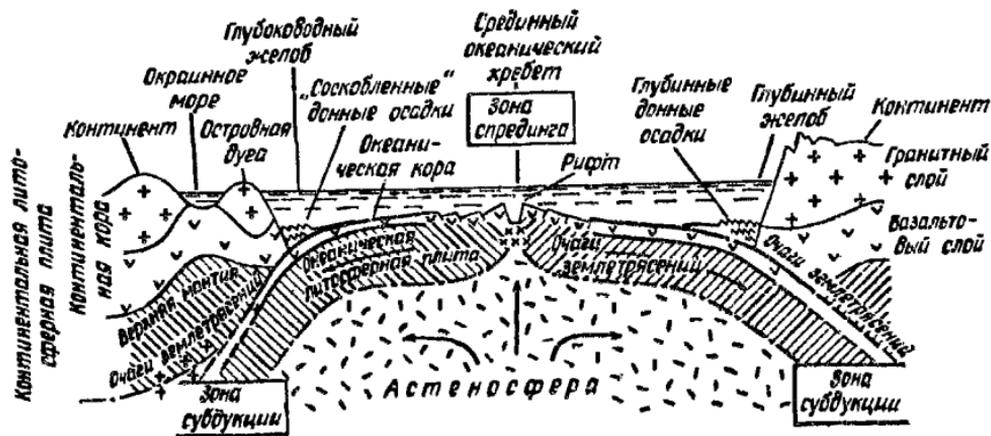


Рис. 2.2. Схема спрединга и субдукции литосферных плит

мается поток минеральных веществ, образующий молодые кристаллические породы. В противовес этому процессу в зоне глубоководных океанических желобов постоянно происходит надвигание одной части континентальной плиты на другую, что сопровождается погружением периферийной части плиты в мантию, т. е. часть твердого вещества земной коры переходит в состав мантии земли. Процесс, происходящий в океанических глубоководных желобах, назван субдукцией океанической коры.

Таким образом, в зонах спрединга происходит постоянное обновление литосферы, в зонах субдукции — ее поглощение и последующее распространение в мантии.

Гипотеза тектоники плит по сравнению с другими лучше объясняет эволюцию литосферы и действующий кругооборот твердого вещества на планете.

Кругооборот воды на планете действует повсеместно и непрерывно. Движущие силы круговорота воды — тепловая энергия и сила тяжести. Под влиянием тепла происходят испарение, конденсация водяных паров и другие процессы, на что расходуется около 50% энергии, поступающей от Солнца. Под влиянием силы тяжести — падение капель дождя, течение рек, движение почвенных и подземных вод. Часто эти две причины действуют совместно: например, на атмосферную циркуляцию воды влияют как тепловые процессы, так и сила тяжести.

Атмосферное звено круговорота характеризуется переносом влаги в процессе циркуляции воздуха и образованием атмосферных осадков (рис. 2.3). Режим циркуляции атмосферного воздуха из года в год остается примерно постоянным, но характеризуется существенной сезонной изменчивостью. Расчеты показывают, что средний слой осадков составляет на суше 765 мм, в океане — 1140 мм, а в целом для всего земного шара — 1030 мм, т. е. немногим более 1 м. По объему соответствующие

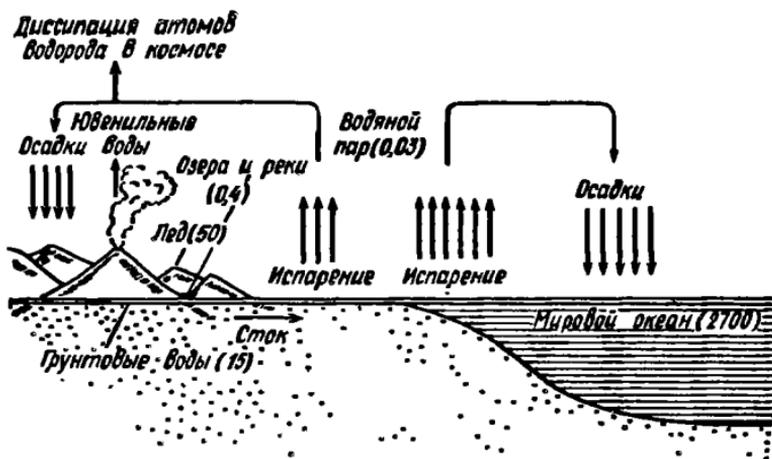


Рис. 2.3. Схема круговорота воды

величины равны: для суши — 113,5 тыс. км³ (22%), для океана — 411,6 тыс. км³ (78%), для всего земного шара — 525,1 тыс. км³. На сушу переносится значительное количество влаги, испаряемой в океане (40—43 тыс. км³), в итоге она получает часть влаги за счет океана. Разница между переносом воздушной влаги на сушу с океана восполняется последнему за счет стока речных и подземных вод.

Для океанического звена круговорота наиболее важным является процесс испарения воды, в результате которого непрерывно восстанавливается содержание водяного пара в атмосфере. Более 86% влаги поступает в атмосферу за счет испарения с поверхности океана и только 14% — с суши.

Важный элемент океанического звена круговорота воды — перенос огромных масс морских вод морскими течениями. Для полного водообмена Мирового океана требуется примерно 60 лет; наименее интенсивно происходит водообмен Тихого океана (более 100 лет), для Атлантического океана требуется около 50 лет, для Индийского — 40 лет, столько же лет в среднем необходимо для Северного Ледовитого океана.

Полный обмен воды в реках осуществляется в значительно более короткие сроки, чем в морях и океанах, и зависит от интенсивности выпадения осадков и площади района, с которого собирается влага.

Роль рек в процессе круговорота заключается в возвращении океану той части воды, которая в виде пара переносится атмосферой с него на сушу. Все источники питания рек делятся на две группы — поверхностные и подземные. Поверхностный сток, или вода, стекающая в русла рек по поверхности почвы, может быть разного происхождения. От таяния снежного покрова образуется снеговой сток, при выпадении дождей — дождевой. В особую группу выделяется высокогорный снеговой (т.е.

от таяния многолетних снегов) и ледниковый стоки. Различие в снеговом стоке равнинных и высокогорных районов заключается в том, что первый обычно наблюдается весной, а в горах и на Крайнем Севере — летом.

С точки зрения интересов человека поверхностный сток воды с территории полей, лугов, лесов имеет больше отрицательное воздействие, чем положительное.

Во-первых, он — источник безвозвратных потерь воды для сельскохозяйственных полей, что особенно ощутимо в районах недостаточного увлажнения. Во-вторых, в процессе стекания воды по поверхности происходит смыв почвы, образуются промоины и овраги, в горах возникают грозные явления — грязекаменные потоки — сели; эрозия наносит огромный вред хозяйству. В-третьих, поверхностный сток образует паводки, вызывающие разливы рек и наводнения, наносящие большой ущерб хозяйству.

Озерное звено круговорота воды неразрывно связано с речным. Озер, в которые реки не впадают, очень мало. Испарение с поверхности озер больше, чем с суши. Например, с Каспийского моря ежегодно испаряется слой почти в 1 м, а в прибрежных районах 200—300 мм, т. е. в 3—4 раза меньше, чем с поверхности воды. В районах, лучше увлажненных (на севере или в экваториальной зоне, где в почвенном покрове почти всегда имеется влага), разница в количестве воды, испаряющейся с поверхности суши и озер, уменьшается.

Атмосфера получает ежегодно примерно 500—600 км³ воды за счет испарения с поверхности озер. Если оценить эту роль озер, включая болота, также расходующие на испарение больше воды, чем окружающие незаболоченные части суши, то указанная величина увеличивается примерно в 3 раза и достигает 3% общего расхода воды на испарение с суши.

Главная роль проточных озер в круговороте воды — регулирование речного стока, его выравнивание во времени. Примерами могут служить р. Нева, сток которой хорошо зарегулирован целой системой озер, в том числе крупнейшими в Европе — Ладожским и Онежским. Река Ангара зарегулирована озером Байкал. Другой классический пример — сток р. Святого Лаврентия, зарегулированный системой Великих озер.

Водорегулирующее значение еще в большей степени имеют искусственные озера — водохранилища. На земном шаре создано около 1350 водохранилищ, имеющих объем более 100 млн. м³ (в СССР их более 150).

Процесс регулирования увеличивает ресурсы пресных вод, позволяет уменьшить паводки и тем самым снизить масштабы речных разливов и ущерб, вызываемый ими. Однако значительные потери нанесены за счет вывода из использования больших площадей плодородных земель.

Важнейшим элементом в общем круговороте являются подземные воды. Их запасы в недрах очень велики. Подземные моря имеются на всех материках, включая районы пустыни. Так, например, в самой большой на земле пустыне Сахаре подземные воды прослеживаются на глубине 150—200 м. Уровень подземных вод на территории пустыни Каракумы проходит на глубине 30 м.

Важной отличительной особенностью подземных вод является то, что они достаточно хорошо защищены от загрязнений с поверхности, имеют постоянные состав и температуру и распространены по территории континентов более равномерно.

В верхней части земной коры в зоне активного водообмена залегают подземные воды, дренируемые речными долинами, озерами и морями. Благодаря интенсивному водообмену и относительно частым переходам через фазу конденсации атмосферной влаги эти воды слабо минерализованы, они практически пресны.

Явлению естественного дренажа подземных вод принадлежит исключительно важная роль в круговороте. Водный режим рек в значительной степени зависит от режима подземных вод. При отсутствии подземных вод вода в реках появляется во время дождей или при снеготаянии, а в остальное время они пересыхают. Реки с таким режимом распространены в зоне сухой степи и в пустыне. Примером могут служить реки Южного Заvolжья и равнинной части Казахстана. Использование водных ресурсов таких рек возможно лишь путем создания больших водохранилищ, собирающих паводковые воды и в какой-то мере заменяющих подземные.

Количество подземных вод, попадающих с суши непосредственно в море, минуя реки, невелико по сравнению с объемом подземных вод, дренируемых реками. Примером может служить Каспийское море. Суммарный приток воды в Каспий составляет в среднем около 300 км³. Из этого количества только 5 км³, или менее 2%, по приблизительной оценке, приходится на подземные воды, попадающие в море, минуя реки.

Распределение подземных вод по территории и интенсивность их возобновления связаны с геологическим строением и географической зональностью. Оба этих фактора тесно взаимосвязаны, и не всегда возможно их разделение. В настоящее время установлено, что комплекс условий и компонентов природы (климат, почвенный покров, рельеф, растительность) оказывает существенное влияние на формирование подземного стока. Особенно это относится к подземным водам, дренированным реками.

Геологическое строение заметно влияет на местный круговорот воды и на водный баланс в целом. Большое влияние оказывает карст. В закарстованных районах горные породы (обычно известняки или гипсы) интенсивно выщелачиваются, в резуль-

тате чего создаются пустоты, подземные водоемы, в которых свободно циркулирует вода, просочившаяся с поверхности.

В условиях полной закарстованности и легкой проницаемости верхних слоев пород и почв вода быстро просачивается вглубь. В результате реки становятся более водоносными, а расход воды на испарение снижается. Например, Армянское нагорье, сложенное вулканическими туфами, отличается почти полным отсутствием поверхностного стока, так как при выпадении осадков и снеготаянии вся вода быстро просачивается вглубь и питает подземные воды. В этих условиях формируются обильные источники подземной воды.

Выделение почвенных вод (почвенной влаги) в особое звено круговорота объясняется тем, что она отличается от подземных вод рядом особенностей. Во-первых, почвенная влага связана с биологическими процессами и с характером погоды в гораздо большей мере, чем подземные воды. Во время дождей или при снеготаянии происходит инфильтрация, обогащающая почву влагой, а в сухое время влага быстро расходуется на испарение. По этой причине содержание воды в почве на большей части суши бывает неустойчивым. Испарение происходит не только с поверхности почвы; почвенная влага расходуется также на транспирацию, которая представляет важный процесс жизнедеятельности растений, причем корни растений поглощают влагу с той глубины, на которую они распространяются.

Часть почвенной влаги идет на питание подземных вод, которое очень интенсивно происходит в местах большого увлажнения почвы, особенно в лесах, где почвенный покров сильно разрыхлен корневой системой растений и поэтому обладает высокими инфильтрационными и водопрводящими свойствами. В засушливых районах просачивание почвенной влаги незначительно, поэтому возобновимые запасы подземных вод в таких условиях меньше, чем в хорошо увлажненных районах. С этим явлением в значительной степени связана зональность подземных вод.

Хотя единовременный объем почвенной влаги относительно невелик, она быстро сменяется и играет большую роль в круговороте воды. Таким образом, почвенное звено круговорота оказывает большое влияние не только на формирование подземных вод, но также и на водоносность и водный режим рек.

Контрольные вопросы

1. Каково строение литосферы, гидросферы и атмосферы?
2. Чем обусловлен абиотический круговорот минеральных веществ на Земле?
3. Каков механизм круговорота воды на планете?
4. Какое участие принимают подземные воды в круговороте воды?

3. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

3.1. РОЛЬ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ В ФОРМИРОВАНИИ БИОСФЕРЫ

Под охраной природы принято понимать систему мер, направленных на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей природной среды. Эта система мер должна обеспечивать сохранение и восстановление природных богатств, рациональное использование природных ресурсов, а также предупреждать прямое и косвенное вредное влияние промышленного производства на природу и здоровье человека. Одновременно ставится задача обеспечить сохранение равновесия между развитием производства и устойчивостью окружающей природной среды в интересах человечества. Для этого необходимо комплексное изучение процессов, происходящих в окружающей природе, и организация всех видов производств с учетом выявленных закономерностей. Научной основой для исследований природных объектов и комплексного подхода при организации современного производства является учение о биосфере Земли.

Термин «биосфера» ввел в 1875 г. австрийский геолог Э. Зюсс; основоположник современного учения о биосфере — русский ученый В. И. Вернадский. В представлении В. И. Вернадского биосфера охватывает то пространство, в котором живое вещество действует как геологическая сила, формирующая облик Земли.

В современном представлении биосфера — это сложная динамическая большая система, состоящая из многих компонентов живой и неживой природы, целостность которой поддерживается в результате постоянно действующего биологического круговорота веществ.

В основе учения В. И. Вернадского лежат представления о планетарной геохимической роли живого вещества в образовании биосферы, как продукта длительного превращения вещества и энергии в ходе геологического развития Земли. Живое вещество — это совокупность живых организмов, существовавших или существующих в определенный отрезок времени и являющихся мощным геологическим фактором. В отличие от живых существ, изучаемых биологией, живое вещество как биогеохимический фактор характеризуется элементарным составом, массой и энергией. Оно аккумулирует и трансформирует солнечную энергию и вовлекает неорганическую материю в непрерывный круговорот. Через живое вещество многократно прошли атомы почти всех химических элементов. В конечном итоге живое вещество определило состав атмосферы, гидросферы, почв и в значительной степени осадочных пород нашей планеты.

В. И. Вернадский указывал, что живое вещество аккумули-

рует энергию космоса, трансформирует ее в энергию земных процессов (химическую, механическую, тепловую, электрическую и пр.) и в непрерывном обмене веществ с космической материей планеты обеспечивает образование живого вещества, которое не только замещает отмирающие его массы, но и привносит новые качества, определяя тем самым процесс эволюции органического мира.

В представлении В. И. Вернадского биосфера включает в себя четыре основных компонента:

живое вещество — совокупность всех живых организмов;

биогенное вещество, т. е. продукты, образовавшиеся в результате жизнедеятельности различных организмов (каменный уголь, битумы, торф, лесная подстилка, почвенный гумус и др.);

биокосное вещество — преобразованное организмами неорганическое вещество (например, приземная атмосфера, некоторые осадочные породы и т. д.);

косное вещество — горные породы в основном магматического, неорганического происхождения, слагающие земную кору.

Любые виды растений, животных и микроорганизмов, взаимодействуя с окружающей средой, обеспечивают свое существование не как сумма особей, а как единое функциональное целое, представляющее собой популяцию (популяции сосны, комара и т. д.).

По С. С. Шварцу, популяция — это элементарная группировка организмов определенного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности необозримо длительное время и в постоянно изменяющихся условиях среды. Иначе говоря, популяция — это форма существования вида, та надорганизменная система, которая делает вид потенциально (но не реально) бессмертным. Это свидетельствует о том, что приспособительные возможности популяции гораздо выше, чем у слагающих ее отдельных организмов.

Популяция как элементарная экологическая единица обладает определенной структурой, которая характеризуется составляющими ее особями и их распределением в пространстве. Популяциям свойственны рост, развитие, и способность поддерживать существование в постоянно меняющихся условиях.

В природе популяции растений, животных и микроорганизмов составляют системы более высокого ранга — сообщества живых организмов, или, как их принято называть, биоценозы. Биоценоз — это организованная группа популяций растений, животных и микроорганизмов, живущих во взаимодействии в одних и тех же условиях среды. Понятие «биоценоз» было предложено в 1877 г. немецким зоологом К. Мебиусом, который установил, что все члены одного сообщества живых организмов находятся в тесной и постоянной взаимосвязи. Биоценоз является продуктом естественного отбора, когда его устойчивое суще-

ствование во времени и пространстве зависит от характера взаимодействия популяций и возможно лишь при обязательном поступлении лучистой энергии Солнца и наличии постоянного круговорота веществ.

Иногда для упрощения изучения биоценоза его условно разделяют на отдельные компоненты: фитоценоз — растительность, зооценоз — животный мир, микроценоз — микроорганизмы. Такое деление приводит к искусственному выделению отдельных группировок живых организмов, которые самостоятельно существовать не могут. Не может быть устойчивой система, которая состояла бы только из растений или только из животных. Сообщества и их компоненты необходимо рассматривать как биологическое единство разных типов живых организмов.

Биоценоз не может развиваться сам по себе, вне и независимо от среды неорганического мира. В результате в природе складываются определенные относительно устойчивые комплексы, совокупности живых и неживых компонентов. Пространство с однородными условиями, заселенное сообществом организмов (биоценозом), называется биотопом, т. е. биотоп — это место существования, место обитания биоценоза. Поэтому биоценоз можно рассматривать как исторически сложившийся комплекс организмов, характерный для данного конкретного биотопа.

Биоценоз образует с биотопом диалектическое единство, биологическую макросистему еще более высокого ранга — биогеоценоз. Термин «биогеоценоз», обозначающий совокупность биоценоза и его местообитания, предложил в 1940 г. В. Н. Сукачев. Термин практически тождествен термину «экосистема», который принадлежит А. Тенсли.

Экологическая система — это система, состоящая из живых и неживых элементов среды, между которыми имеет место обмен веществом, энергией и информацией. Экологические системы разных рангов могут включать ограниченное или очень большое число компонентов и занимать малые или очень большие площади и объемы; экологическая система Европы, экологическая система страны, экологическая система области, района, зоны действия предприятия и т. д.

Под биогеоценозом понимается элемент биосферы, где на известном протяжении биоценоз (сообщество живых организмов) и отвечающий ему биотоп (части атмосферы, литосферы и гидросферы) остаются однородными и тесно связанными между собой в единый комплекс. То есть, под биогеоценозом понимается естественный природный комплекс, через который не проходит ни одна существенная биоценотическая, геоморфологическая, гидрологическая, микроклиматическая, почвенно-геохимическая или какая-либо другая граница. Это

Однородный по топографическим, микроклиматическим, гидрологическим и биотическим условиям участок биосферы. Понятие «экологическая система» не несет в себе этого ограничения и может объединять разные природные комплексы (лес, луг, реку и т. д.). Сам биогеоценоз является элементарной экологической системой.

Элементарная структурная единица биосферы — биогеоценоз — состоит из двух взаимосвязанных составляющих (рис. 3.1):

абиотической (биотоп), включающей абиотические элементы внешней среды, находящиеся во взаимосвязи с живыми организмами;

биотической (биоценоз), сообщество живых организмов, обитающих в пределах выделенного биотопа (выделенной экологической системы).

Абиотическая составляющая включает в себя компоненты: литосфера, гидросфера и атмосфера.

В литосфере выделяются участки массива горных пород, земной поверхности, которые являются местом обитания живых организмов и входят в состав выделенного биоценоза. Важной характеристикой биотопа является участок земной поверхности с особой структурой и вещественным составом почв (педосферы) в пределах выделенного участка.

К гидросфере относятся поверхностные и подземные воды, находящиеся в пределах биотопа и прямо или косвенно обеспечивающие жизнедеятельность живых организмов, а также вода, выпадающая на территории выделенного района в виде осадков.

К атмосфере (газовой составляющей) относятся: атмосферный воздух; газы, растворенные в поверхностных и подземных

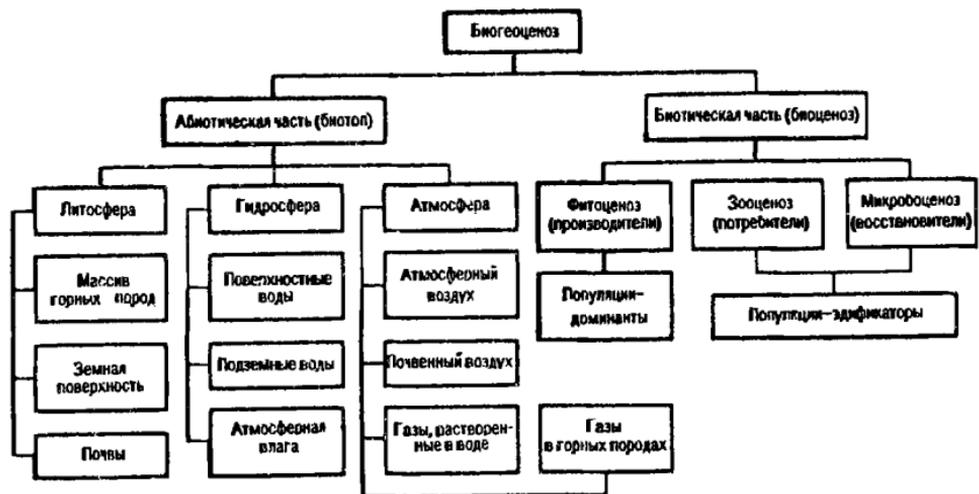


Рис. 3.1. Структурная схема биогеоценоза

водах; газовая составляющая почве, а также газы, выделяющиеся из горного массива, которые прямо или косвенно влияют на жизнедеятельность живых организмов.

Биотическая составляющая природной среды (биоценоз) включает в себя три компонента: фитоценоз — продуценты (производители) первичной продукции, аккумулирующие энергию Солнца; зооценоз — консументы, производители вторичной продукции, использующие для своей жизнедеятельности энергию, заключенную в органическом веществе фитоценоза; микробиоценоз — редуценты (диструкторы), организмы, живущие за счет энергии мертвого органического вещества и обеспечивающие его разрушение (минерализацию) с получением исходных минеральных элементов в виде, удобном для использования растениями для воспроизводства первичной органической продукции.

Все компоненты природной среды (биогеоценоза), его биотическая и абиотическая составляющие находятся в постоянной взаимосвязи и обеспечивают эволюционное развитие друг друга. Состав и свойства литосферы, гидросферы и атмосферы в значительной степени определяют живые организмы. При этом сами живые организмы, обеспечивая жизнедеятельность друг друга, зависят от изменений условий внешней среды. Внешняя среда обеспечивает их энергией и необходимыми питательными веществами.

Таким образом, в целом биосфера включает в себя следующие уровни жизни: популяцию, биоценоз, биогеоценоз. Каждый из этих уровней обладает относительной независимостью, что и обеспечивает возможность эволюции макросистемы в целом, где эволюционирующей единицей является популяция. При этом элементарной структурной единицей биосферы служит биогеоценоз, т. е. сообщество организмов в совокупности с неорганической средой обитания (см. рис. 3.1).

В современных условиях деятельность человека преобразует природные богатства (леса, степи, озера). На смену им приходит посев и посадки культурных растений. Так формируются новые экологические системы — агробиогеоценозы или агроценозы. Агроценозами являются не только сельскохозяйственные поля, но и полезащитные лесные посадки, пастбища, лесопосадки, пруды и водохранилища, каналы и осушенные болота. В большинстве случаев агробиоценозы по своей структуре характеризуются незначительным количеством видов живых организмов, но высокой их численностью. Хотя в структуре и энергетике естественных и искусственных биоценозов есть много специфических черт, принципиальных различий между ними не существует.

Значительно сложнее дело обстоит с экологическими системами, возникающими в зонах влияния промышленных предприятий, городов, плотин и других крупных инженерных соору-

жений. Здесь в результате активного воздействия людей на окружающую среду формируются качественно новые экологические системы, функционирование которых обеспечивается в результате естественных природных процессов и постоянного воздействия промышленного предприятия на абиотическую (неживую) и биотическую (живую) составляющие природы.

3.2. БИОТИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В БИОСФЕРЕ

Существование биосферы в целом и отдельных ее частей обеспечивает круговорот веществ и превращение энергии.

Круговорот веществ в биосфере осуществляется в первую очередь на основании жизнедеятельности большого разнообразия организмов. Каждый организм извлекает из окружающей среды необходимые для своей жизнедеятельности вещества и возвращает неиспользованные. Причем некоторые виды живых организмов потребляют нужные им вещества непосредственно из окружающей среды, другие используют продукты, переработанные и выделенные первыми, третьи — вторыми и так до тех пор, пока вещество вновь не возвращается в природную среду в первоначальном состоянии. Отсюда и возникает необходимость сосуществования различных организмов (видовое многообразие), способных использовать продукты жизнедеятельности друг друга, т. е. действует практически безотходное производство биологической продукции.

Общее число живых организмов и скорость их развития в биоценозе зависят от количества энергии, поступающей в экологическую систему, скорости ее передачи через отдельные элементы системы и от интенсивности циркуляции минеральных веществ. Особенностью этих процессов является то, что питательные вещества (углерод, азот, вода, фосфор и т. д.) циркулируют между биотопом и биоценозом постоянно, т. е. используются бесчисленное число раз, а энергия, поступающая в экологическую систему в виде потока солнечной радиации, расходуется полностью. Согласно закону сохранения и превращения, энергия, поступающая в экологическую систему, может переходить из одной формы в другую. Второй фундаментальный принцип — любое действие, связанное с преобразованием энергии, не может происходить без ее потери в виде рассеянного в пространстве тепла. То есть часть поступающей в экологическую систему энергии теряется и не может совершать работу.

Любая экологическая система в процессе своей эволюции стремится к своему равновесному состоянию, когда все ее физические параметры принимают постоянное значение, а коэффициент полезного действия достигает максимального значения.

Жизнедеятельность любого организма обеспечивается в результате многосторонних биотических отношений, в которые он вступает с другими организмами. Все организмы могут быть

классифицированы по способу питания и тому трофическому уровню, на котором они находятся в общей цепи питания. По способу питания выделяют две группы: автотрофные и гетеротрофные.

Автотрофные обладают способностью создавать органические вещества из неорганических, используя энергию Солнца или энергию, освобождающуюся при химических реакциях.

Гетеротрофные организмы используют в качестве пищи органическое вещество. При этом в качестве пищи могут использоваться живые растения или их плоды, мертвые остатки растений и животных. При этом каждый организм в природе в том или ином виде служит источником питания для ряда других организмов.

В результате последовательного перехода органического вещества с одного трофического уровня на другой происходит круговорот вещества и передача энергии в природе (рис. 3.2). При этом органические вещества, переходя с одного трофического уровня на другой, частично исключаются из круговорота. В результате на Земле происходит накопление органических соединений в виде залежей полезных ископаемых (торф, уголь, нефть, газ, горючие сланцы и др.). Однако существенно биомасса на Земле не накапливается, а удерживается на каком-то определенном уровне, поскольку она постоянно разрушается

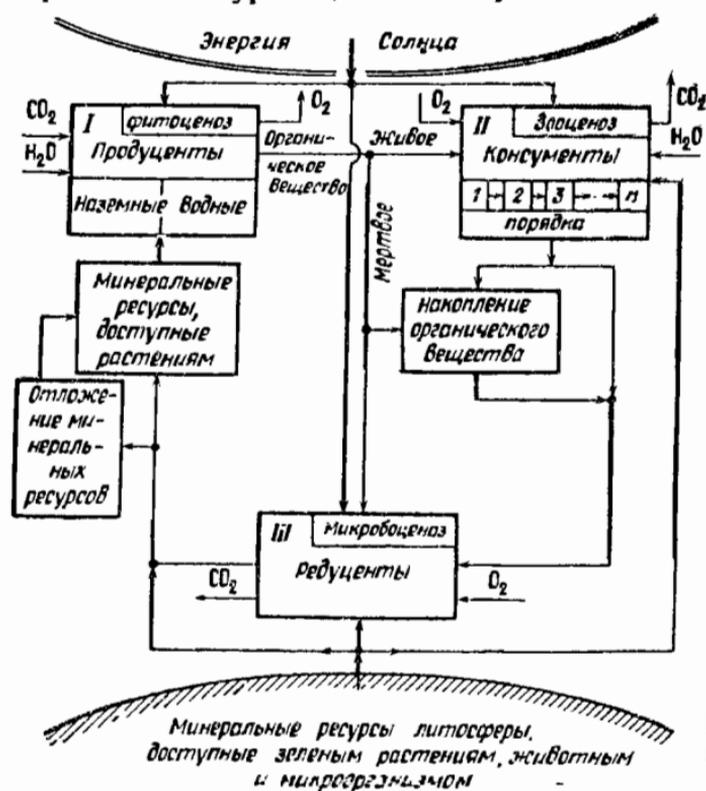


Рис. 3.2. Схема круговорота вещества в природе

Среднее время переноса энергии в живой растительной биомассе
(отношение биомассы к чистой первичной продукции)
для некоторых экологических систем

Экологическая система	Чистая первичная продукция, г/м ² в год	Биомасса, г/м ²	Время переноса, год
Тропический дождевой лес	2000	45 000	22,5
Листопадный лес умеренной зоны	1200	30 000	25
Бореальный лес	800	20 000	25
Степи умеренной зоны	500	1500	3
Кустарники пустыни	70	700	10
Болота и марши	2500	15 000	6
Озера и реки	500	20	0,04 '(15 дней)
Заросли водорослей и рифы	2000	2000	1
Открытый океан	125	3	0,024 (9 дней)

и вновь создается из одного и того же строительного материала, т.е. в ее пределах протекает непрерывный круговорот вещества. В табл. 3.1 приводятся данные о скорости воспроизводства биомассы для некоторых природных экологических систем.

В процессе жизнедеятельности организмов в корне преобразовалась и неживая часть биосферы. В атмосфере появился свободный кислород, а в ее верхних слоях — озоновый экран; углекислота, извлеченная организмами из воздуха и воды, законсервировалась в отложениях угля и карбоната кальция.

В результате геологических процессов происходят деформации и разрушение верхней части литосферы. Ранее погребенные осадочные породы оказываются вновь на поверхности. В дальнейшем происходит их выветривание, в котором живые организмы также принимают активное участие.

Выделяя углекислоту, органические и минеральные кислоты, они способствуют разрушению горных пород и тем самым участвуют в обеспечении процесса миграции химических элементов.

Общее количество солнечной энергии, ежегодно получаемой Землей, составляет примерно $2 \cdot 10^{24}$ Дж. В процессе фотосинтеза в год образуется около 100 млрд. т органических веществ и аккумулируется $1,9 \cdot 10^{21}$ Дж энергии Солнца. Для процессов фотосинтеза ежегодно вовлекается из атмосферы 170 млрд. т углекислого газа, разлагается фотохимическим путем около 130 млрд. т воды и выделяется в окружающую среду 115 млрд. т кислорода. Кроме этого, в круговорот веществ вовлекается 2 млрд. т азота, кремния, аммония, железа, кальция и многих других веществ. Всего в биологическом круговороте участвуют более 60 элементов.

Фаза синтеза органического вещества сменяется на последующем этапе биологического круговорота фазой его разрушения с одновременным рассеиванием в пространстве потенциальной химической энергии (в виде тепловой энергии). В результате осуществляется переход органического вещества в газовую, жидкую и твердую формы (минеральные и другие соединения). В процессе этих трех фаз происходит возобновление биологического круговорота, который поддерживается солнечной энергией и в который вовлекаются практически одни и те же массы веществ и химических элементов.

В процессе геологического круговорота веществ осуществляется перенос минеральных соединений с одного места в другое в масштабах всей планеты, а также происходит перенос и изменение агрегатного состояния воды (жидкая, твердая — снег, лед; газообразная — пары). Наиболее интенсивно вода циркулирует в парообразном состоянии.

Круговорот воды в биосфере основан на том, что суммарное испарение компенсируется выпадением осадков. При этом из океана испаряется воды больше, чем возвращается с осадками. На суше, наоборот, больше выпадает осадков, но излишек стекает в озера и реки, а оттуда снова в океан.

С появлением живого вещества на основе круговорота воды и растворенных в ней минеральных соединений, т. е. на базе абиотического, геологического возник круговорот органического вещества, или малый биологический круговорот.

В биологическом круговороте наиболее важен процесс транспирации. При поглощении почвенной влаги корнями растения с водой в него поступают растворенные в воде минеральные и органические вещества. Процесс транспирации важен также и для регулирования температуры растения, предохраняя его от перегрева. Благодаря потерям тепла, которые происходят при испарении воды, температура растения понижается. Одновременно этот процесс регулируется самим растением — в жаркую погоду устьица, расположенные на листьях, раскрываются шире и этим способствуют усилению испарения и понижению температуры, а при более низкой температуре устьица прикрываются, интенсивность испарения уменьшается. Таким образом, транспирация одновременно является и физиологическим и физическим процессом, так как от обычного испарения с неживого вещества она отличается возможностями регулирования самим растением.

Транспирационную способность растения часто оценивают по коэффициенту транспирации, характеризующему объем воды, который необходимо затратить для образования единицы массы сухого вещества растения. Например, для образования 1 т наземной растительной массы пшеницы, т. е. зерна и соломы, расходуется 300—500 м³ воды.

Расход воды на транспирацию зависит от большого числа факторов: от характера самого растения, условий погоды, наличия влаги в почве. В сухую жаркую погоду растение нуждается в расходе большого количества воды на транспирацию.

Корни растений всасывают почвенную влагу с разных глубин. Корневая система пшеницы распространяется на глубину до 2,0—2,5 м, корни дуба иногда проникают на глубину до 20 м. Благодаря этому растения способны использовать влагу, залегающую на больших глубинах, и меньше зависят от колебаний увлажненности поверхностного слоя почвы.

Испарение с почвы нельзя рассматривать изолированно от транспирации. Так, например, под пологом леса с поверхности почвы испаряется мало воды, независимо от ее наличия. Это происходит потому, что солнечная радиация слабо проникает через кроны деревьев. Кроме того, под пологом леса скорость движения воздуха замедляется, и он больше насыщен влагой. В этих условиях основная часть влаги испаряется за счет транспирации.

В круговороте воды наиболее важны те фазы, которые происходят в пределах отдельных бассейнов рек и озер. Растительность выполняет важную экранирующую функцию, задерживая часть выпадающей в осадках воды. Этот перехват, который, естественно, бывает максимальным при слабых дождях, может в умеренных широтах достигать до 25% общей суммы осадков.

Часть воды задерживается в почве, причем тем сильнее, чем значительнее почвенный коллоидальный комплекс (гумус и глина). Та часть воды, которая проникает в почву на глубину 20—30 см, может вновь подняться на ее поверхность по капиллярам и испариться. Таким образом, переход воды с поверхности в атмосферу осуществляется в результате физического испарения и процесса транспирации. При этом количество воды, транспирируемой растениями, увеличивается с улучшением их водоснабжения. Так, одна береза испаряет за день 0,075 м³ воды; бук — 0,1 м³, липа — 0,2, а 1 га леса — 20—50 м³. 1 га березняка, масса листвы которого составляет 4940 кг, испаряет 47 м³ воды в день, а 1 га ельника, масса хвои которого 31 тыс. кг, транспирирует 43 м³ воды в день. 1 га пшеницы за период развития использует 375 мм осадков, а продуцирует 12,5 т (сухая масса) растительного вещества.

Биологический круговорот в противоположность геологическому требует меньших затрат энергии. На создание органического вещества затрачивается всего 0,1—0,2% падающей на Землю солнечной энергии (на геологический круговорот — до 50%). Несмотря на это, энергия, вовлеченная в биологический круговорот, производит огромную работу по созданию на планете первичной продукции.

Циркуляцию веществ принято называть биохимическими циклами. Основные биохимические циклы — круговорот кислорода, углерода, воды, азота, фосфора и ряда других элементов.

В целом каждый круговорот любого химического элемента является частью общего грандиозного круговорота веществ на Земле, т. е. все они тесно связаны между собой различными формами взаимодействия. Основными звеньями биохимических циклов выступают живые организмы, которые и обуславливают интенсивность всех круговоротов и вовлечение в них практически всех элементов земной коры.

Практически весь молекулярный кислород земной атмосферы возник и поддерживается на известном уровне благодаря деятельности зеленых растений. В большом количестве он расходуется организмами в процессе дыхания. Но, кроме того, обладая высокой химической активностью, кислород непременно вступает в соединения почти со всеми элементами земной коры. Подсчитано, что весь кислород, содержащийся в атмосфере, проходит через живые организмы (связываясь при дыхании и высвобождаясь при фотосинтезе) за 200 лет, углекислота совершает круговорот в обратном направлении за 300 лет, а все воды на Земле разлагаются и воссоздаются путем фотосинтеза и дыхания за 2 млн. лет.

Круговорот и миграцию веществ в биохимических циклах можно рассмотреть на примере круговорота углерода (рис. 3.3).

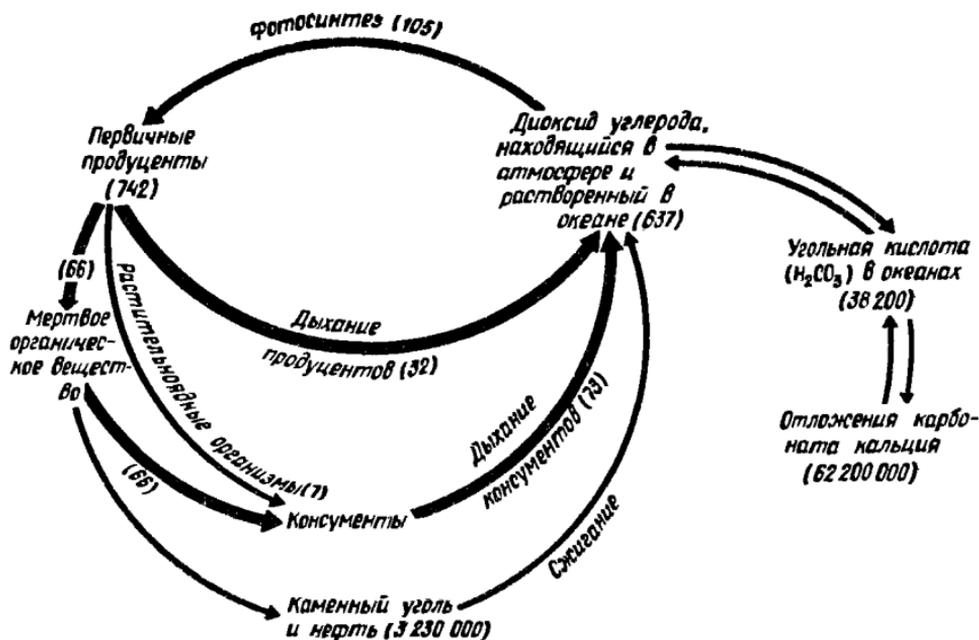
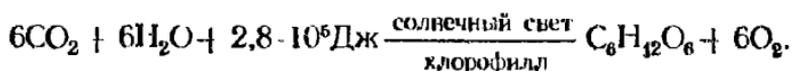


Рис. 3.3. Схема глобального круговорота углерода с указанием некоторых фондов и годичных переносов (10^{15} г)

На суше он начинается с фиксации углекислого газа растениями в процессе фотосинтеза. Диоксид углерода, содержащийся в атмосфере, поглощается растениями и в результате фотосинтеза образуются углеводороды и выделяется кислород



В свою очередь, углеводы являются исходным материалом для формирования растений.

Фиксированный в растении углерод в значительной мере потребляется животными. Животные при дыхании также выделяют углекислый газ. Отжившие растения и животные разлагаются микроорганизмами, в результате чего углерод мертвого органического вещества окисляется до углекислого газа и снова попадает в атмосферу. Подобный круговорот углерода совершается и в океане.

Часть углекислого газа из атмосферы поступает в океан, где он находится в растворенном виде. То есть океан обеспечивает поддержание углекислого газа в атмосфере в определенных пределах. В свою очередь, содержание углерода в океане на определенном уровне обеспечивается за счет накопленных запасов карбоната кальция в донных осадках. Наличие этого постоянно действующего природного процесса в определенной степени регулирует содержание углекислого газа в атмосфере и в водах океана.

Круговорот азота, как и другие биогеохимические циклы, охватывает все области биосферы (рис. 3.4). Азот, которого очень много в атмосфере, усваивается растениями лишь после соединения его с водородом или кислородом. В современных условиях в круговорот азота вмешался человек. Он выращивает на обширных площадях азотофиксирующие бобовые растения или искусственно связывает природный азот. Считается, что сельское хозяйство и промышленность дают почти на 60% больше фиксированного азота, чем его образуется в естественных условиях.

Круговорот фосфора, который является одним из основных элементов, необходимых живым организмам, относительно прост. Основные источники фосфора — изверженные (апатиты) и осадочные (фосфориты) породы. Неорганический фосфор вовлекается в круговорот в результате естественных процессов выщелачивания. Фосфор усваивается живыми организмами, которые при его участии синтезируют ряд органических соединений и передают его на разные трофические уровни. Закончив свой путь по трофическим цепям, органические фосфаты разлагаются микробами и превращаются в минеральные ортофосфаты, доступные для зеленых растений.

В водоемы фосфаты попадают в результате стока рек, что

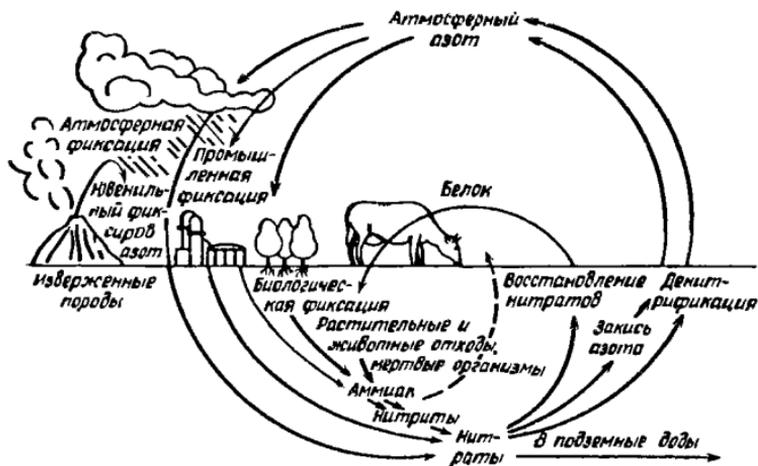


Рис. 3.4. Схема круговорота азота в наземных биоценозах (по Б. Болину)

способствует развитию фитопланктона и живых организмов, расположенных на разных уровнях трофической цепи пресноводных или морских водоемов. Возвращение минеральных фосфатов в воду также осуществляется в результате деятельности микроорганизмов. Следует, однако, отметить, что фосфаты, отложившиеся на больших глубинах, исключаются из круговорота, что необходимо учитывать при составлении баланса данного биогеохимического цикла. Таким образом, происходит только частичное возвращение фосфора, попавшего в океан, обратно на сушу. Этот процесс происходит в результате жизнедеятельности птиц, питающихся рыбой.

Частично фосфор поступает на континент в результате вылова рыбы, который ведет человек. Однако количество фосфора, ежегодно поступающего с рыбной продукцией, значительно ниже его выноса в гидросферу, которое достигает многих миллионов тонн в год. Кроме того, человек, внося фосфатные удобрения на поля, значительно ускоряет процесс выноса фосфора в водотоки и океан. При этом водоемам наносится экологический ущерб, так как нарушаются естественные процессы жизнедеятельности организмов, обитающих в воде.

Поскольку запасы фосфора весьма ограничены, то бесконтрольное его расходование может привести к ряду отрицательных последствий. Он является основным лимитирующим фактором для автотрофных организмов как водной, так и наземной сред, главным регулятором ряда других биогеохимических круговоротов. Так, например, содержание нитратов в воде или кислорода в атмосфере в значительной степени зависит от интенсивности круговорота фосфора в биосфере.

3.3. ПРИРОДНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Структура и динамика популяций. Изучение структуры и динамики популяций имеет большое практическое значение.

Не зная закономерностей жизнедеятельности популяции, нельзя обеспечить разработку научно обоснованных экологических, инженерных и организационных мероприятий по рациональному использованию и охране природных ресурсов.

Популяционный подход к изучению жизнедеятельности организмов основан на их способности регулировать свою численность и плотность при воздействии разнообразных абиотических и биотических факторов внешней среды.

Основные параметры популяции — ее численность и плотность. Численность популяции — это общее количество особей на данной территории или в данном объеме. Она никогда не бывает постоянной и, как правило, зависит от соотношения интенсивности размножения и смертности.

Плотность популяции определяется количеством особей или биомассой на единицу площади или объема. Например, 106 растений березы на 1 га. или 1,5 окуня в 1 м³ воды характеризуют плотность популяций этих видов. При возрастании численности плотность не увеличивается лишь в том случае, если возможно расселение популяции на большую площадь или в большем объеме.

Размеры ареала распространения, численность и плотность популяций непостоянны и могут изменяться в значительных пределах. Нередко эти изменения связаны с деятельностью человека. Но основными причинами такой динамики являются изменения условий существования, наличия кормов (т. е. энергетических ресурсов) и других причин.

Установлено, что численность популяций может колебаться небеспредельно. Удержание численности популяции в определенных пределах обеспечивается ее способностью к саморегулированию. Любая популяция всегда имеет нижние и верхние пределы плотности, за границы которых она выходить не может (рис. 3.5). При благоприятном сочетании факторов плотность популяции удерживается на каком-то оптимальном уровне, незначительно отклоняясь от него. Такие колебания плотности обычно носят правильный, регулярный характер и четко отражают реакцию популяции на конкретные изменения условий среды. В природе могут иметь место сезонные колебания численности, особенно у мелких животных (мышевидные грызуны, насекомые, некоторые птицы). Так, численность мышевидных грызунов в течение одного сезона иногда увеличивается в 300—500 раз, а некоторых насекомых в 1300—1500 раз.

Падение плотности ниже оптимальной обуславливает ухудшение защитных свойств популяции, уменьшение ее плодовитости и ряд других отрицательных явлений. Популяции с минимальной численностью особей длительно существовать не могут. Известны случаи вымирания животных с низкой численностью даже в заповедниках с весьма благоприятными условиями.

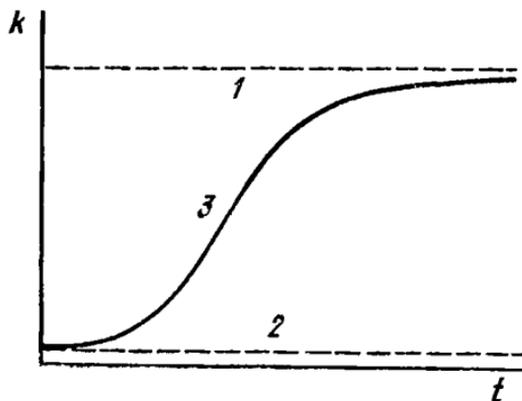


Рис. 35. График роста популяции во времени:

1 — верхний предел плотности; 2 — нижний предел плотности; 3 — динамика развития популяции

ми жизни. Повышение плотности сверх оптимальной также неблагоприятно сказывается на популяции, поскольку при этом уничтожается кормовая база и сокращается жизненное пространство.

Популяции регулируют свою численность и приспособливаются к изменяющимся условиям среды путем обновления особей. Особи появляются в популяции благодаря рождению и иммиграции, а исчезают в результате смерти и эмиграции. При сбалансированной интенсивности рождаемости и смертности формируется стабильная популяция. В такой популяции смертность компенсируется приростом, т. е. численность популяции и ее ареал удерживается на определенном уровне.

Однако равновесия популяций в природе не существует. Каждая популяция наделена как статическими, так и динамическими свойствами, поэтому плотность их постоянно колеблется. Но при стабильных внешних условиях колебания эти происходят около какой-то средней величины. В результате популяции не сокращаются и не увеличиваются, не расширяют и не сужают своего ареала.

Саморегулирование плотности популяции осуществляется действующими в природе двумя взаимно уравновешивающимися силами. Это, с одной стороны, свойственная организмам способность к размножению, с другой — зависящие от плотности популяции процессы, ограничивающие воспроизводство. Авторегуляция плотности популяции — необходимое приспособление для поддержания жизни в постоянно меняющихся условиях.

Популяция — это наименьшая эволюционирующая единица. Она существует не изолированно, а в связи с популяциями других видов. Поэтому в природе одновременно широко распространены и внепопуляционные механизмы автоматической регуляции, точнее межпопуляционные. При этом популяция является регулируемым объектом, а в качестве регулятора выступает

природная система, слагающаяся из множества популяций разных видов. Эта система в целом и входящие в ее состав популяции других видов влияют на данную, конкретную популяцию, а каждая в отдельности со своей стороны воздействует на всю систему, в состав которой она входит.

Функционирование и структура биогеоценозов. В биоценозах между различными видами живых организмов возникают определенные связи. Основной формой этих связей служат пищевые взаимоотношения, на базе которых формируются сложные цепи и циклы питания и пространственные связи. Именно на пищевых и пространственных отношениях (трофических и топических) строятся разнообразные биотические комплексы, объединяющие виды живых организмов в единое целое, т. е. в биологическую макросистему — биогеоценоз.

Естественные биогеоценозы обычно представляют собой многовидовые сообщества. И чем разнообразнее по видовому составу биоценоз, тем у него больше возможностей для более полного и экономичного освоения материальных и энергетических ресурсов.

Все звенья цепи питания взаимосвязаны и зависят друг от друга. Между ними, от первого к последнему звену, осуществляется передача вещества и энергии (рис. 3.6, а). При передаче энергии с одного трофического уровня на другой происходит ее потеря. Вследствие этого цепь питания не может быть длинной. Чаще всего она состоит из 4—6 звеньев на суше и 5—8 в океане. В любой цепи питания не вся пища используется на рост особи, т. е. на накопление биомассы. Часть ее расходуется на удовлетворение энергетических затрат организма: на дыха-

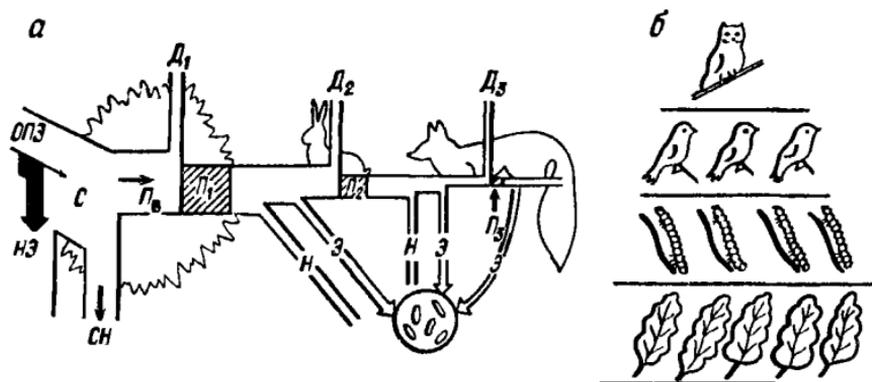


Рис. 3.6. Схема потоков энергии через три уровня простой пищевой цепи (по П. Дювиньо и М. Тангу) (а) и экологическая пирамида Элтона (б):

ОПЭ — общее поступление солнечной энергии; НЭ — энергия, не используемая экологической системой; С — поглощенные растениями солнечные лучи; Н — часть энергии (первичной продуктивности), использованной на том или ином трофическом уровне; СН — часть поглощенной энергии, рассеянной в тепловой форме; Д₁, Д₂, Д₃ — потери энергии на дыхание; Э — потери энергии в форме веществ экскрементов и выделений; П_в — валовая продуктивность процессов; П₁ — чистая первичная продуктивность; П₂, П₃ — продуктивность консументов; в круге — биоредукторы (деструкторы мертвой органики)

ние, движение, размножение, поддержание температуры тела и др. При этом биомасса одного звена не может быть переработана последующим звеном полностью. В каждом последующем звене пищевой цепи происходит уменьшение биомассы по сравнению с предыдущим. Это касается не только биомассы, но и численности особей и потока энергии.

Это явление было изучено Ч. Элтоном и названо пирамидой чисел, или пирамидой Элтона (рис. 3.6. б). Основание пирамиды образуют растения — продуценты. Над ними располагаются фитофаги. Следующее звено представлено консументами второго порядка. И так далее до вершины пирамиды, которую составляют наиболее крупные хищники. Число этажей пирамиды обычно соответствует числу звеньев пищевой цепи.

Экологические пирамиды выражают трофическую структуру экологической системы в геометрической форме. Они могут быть построены из отдельных прямоугольников одинаковой высоты, длина которых в определенном масштабе отражает значение измеряемого параметра. Таким образом можно построить пирамиды чисел, биомассы и энергии.

Источником энергии для биологического круговорота веществ является солнечная радиация, аккумулируемая зелеными растениями — автотрофами. Из всей достигающей Земли солнечной радиации только около 0,1—0,2% энергии улавливается зелеными растениями и обеспечивает весь биологический круговорот веществ в биосфере. При этом более половины энергии, связанной с фотосинтезом, расходуется самими растениями, а остальная аккумулируется в теле растения и в дальнейшем служит источником энергии для всего многообразия организмов последующих трофических уровней.

Таким образом, энергия Солнца, утилизируемая зелеными растениями, превращается в потенциальную энергию химических связей органических соединений, из которых строится тело растений. В организме животного, съевшего растение, эти органические вещества окисляются с выделением такого количества энергии, которое было затрачено на их синтез растением. Часть энергии используется для жизни животного, а остальная, согласно второму закону термодинамики (переход энергии из одной формы в другую сопровождается снижением количества полезной энергии), превращается в тепло и рассеивается в пространстве, т. е. уходит из биоценоза.

Важнейшая характеристика любого биогеоценоза — его биологическая продуктивность. Биологическая продуктивность биоценоза — это производство или воспроизводство биомассы растений, животных и микроорганизмов, расположенных на 1 м² (1 м³) биотопа в единицу времени. Таким образом, биологическая продуктивность определяется продукцией, полученной за сутки, месяц, сезон, год, несколько лет или за любую

другую единицу времени. Для наземных и донных организмов она определяется количеством биомассы на единицу площади, а для планктонных и почвенных — на единицу объема.

Биомасса популяции, фито-, зоо-, микробиоценоза или биоценоза — это масса всего органического вещества популяции фито-, зоо-, микробиоценозов или биоценоза в целом. Биомасса того или иного биоценоза не дает четкого представления о его продуктивности. Это связано с тем, что скорость образования биомассы (продуктивность) в разных биоценозах неодинакова. Поэтому основной характеристикой биоценоза является его продуктивность.

Луговые степи дают бóльший годовой прирост биомассы, чем хвойные леса. При средней фитомассе луга 23 т/га годовая продукция их составляет 10 т/га, тогда как у хвойных лесов при фитомассе 200 т/га она равна 6 т/га. Популяции мелких млекопитающих по сравнению с крупными обладают большой скоростью роста и размножения и имеют более высокую продуктивность.

Таким образом, чтобы оценить значение отдельной популяции (группы популяций) для круговорота веществ и ее вклад в биологическую продукцию всего биогеоценоза, нужно знать не только биомассу популяции, но и относительную скорость прироста или время ее полного возобновления.

Различают первичную продукцию, т. е. продукцию автотрофных организмов, и первичную продуктивность, т. е. скорость, с которой автотрофные организмы (продуценты) в процессе фотосинтеза связывают энергию и запасают ее в форме органического вещества.

Консументы, потребляющие первичную продукцию, образуют свою биомассу. Для обозначения этой биомассы и скорости ее образования применяется термин «вторичная продукция».

Каждый биогеоценоз отличается пространственной и видовой структурой. Пространственная структура обуславливается тем, что недра, почвы, водный бассейн и атмосфера имеют ярусное строение, что в свою очередь влияет на распределение живых организмов в пространстве. В результате длительной эволюции, в соответствии с абиотическими и биотическими условиями, разные виды живых организмов распределились в биогеоценозах так, что не только не мешают друг другу, а, наоборот, способствуют наиболее полному и эффективному освоению всех материальных и энергетических ресурсов данного конкретного места обитания (биотопа). Установлено, что многоярусные сложные сообщества более продуктивны, чем простые одноярусные.

Таким образом, ярусность — это явление вертикального расслоения биоценозов на разновысокие структурные части.

Наиболее четко она выражена в растительных сообществах (фитоценозах). Благодаря ярусности различные растения и их органы питания располагаются на разной высоте (или глубине) и поэтому легко уживаются в сообществе.

Фитоценоз приобретает ярусный характер при наличии в нем растений, различающихся по высоте. В лесу нередко выделяется до шести ярусов: I — деревья первой величины (ель, сосна, дуб, береза, осина); II — деревья второй величины (рябина, черемуха); III — подлесок из высоких кустарников (лещина, шиповник); IV — подлесок из средних кустарничков и крупных трав (багульник, голубика, вереск, иван-чай); V — низкие кустарнички и мелкие травы (водянка, клюква); VI — мхи, напочвенные лишайники и др. Различают ярусы также в луговых фитоценозах.

Ярусно располагаются и подземные части растений. Корни у деревьев, как правило, проникают на большую глубину, чем у кустарников, ближе к поверхности находятся корни мелких травянистых растений, а непосредственно на поверхности — корни мхов. При этом в поверхностных слоях почвы корней значительно больше, чем в глубинных.

Растения каждого яруса обуславливают особый микроклимат и создают определенную среду для обитания в нем строго специфичных животных. В результате возникают группировки растений и животных, тесно связанных между собой.

Так, например, в почвенном ярусе леса, заполненном корнями растений, обитают бактерии, грибы, насекомые, клещи, черви. В лесной подстилке среди разлагающихся растительных остатков, мхов, лишайников и грибов также живут насекомые, клещи, пауки, множество микроорганизмов. Более высокие ярусы — травостой, подлесок — занимают растительоядные насекомые, птицы, млекопитающие и другие животные. При этом даже птицы, свободно передвигающиеся в пространстве, обычно придерживаются определенного яруса. Особенно ярко это проявляется в период гнездования.

Каждый конкретный биоценоз имеет определенную видовую структуру, т. е. характеризуется видовым составом. В дубраве — это дуб, в бору — сосна, в ковыльно-типчаковой степи — ковыль и типчак. В лесу, состоящем из многих десятков видов растений, только один или два вида дают 90% древесины. Эти виды называются доминирующими, или доминантными. Они занимают ведущее, господствующее положение в биоценозе. Обычно наземные биоценозы называют по доминирующим видам: лиственничный, лес, ковыльно-типчаковая степь и т. д.

В биоценозе выделяются так называемые эдификаторы. Это виды живых организмов, создающие необходимые условия для жизни доминант или других видов данного биоценоза.

Все живые организмы, слагающие биоценоз, в той или иной степени связаны с доминирующими видами и эдификаторами. Таким образом, внутри биоценозов формируются более или менее тесные группировки, комплексы популяций, зависящие от доминант и эдификаторов.

Биоценозы, состоящие из большого количества популяций многих видов растений, животных и микроорганизмов, связанных между собой разнообразными пищевыми и пространственными отношениями, называют сложными. Сложные биоценозы наиболее устойчивы к неблагоприятным воздействиям. Исчезновение отдельных элементов, например, вымирание какого-либо вида, существенно не отражается на судьбе таких биоценозов, поскольку при этом происходит лишь незначительная перестройка в их организации. Так, в биоценозах тропических лесов насчитываются десятки тысяч видов растений, сотни тысяч видов беспозвоночных и несколько тысяч видов позвоночных животных. Популяции всех видов очень сложно связаны как между собой, так и с элементами абиотической среды.

Биоценозы тундры или пустыни состоят из значительно меньшего количества членов. Так, на Таймыре в тундровом биоценозе насчитывается всего 139 видов высших растений, 670 низших, около 1000 видов животных и 2500 микроорганизмов. Биомасса и продуктивность тундровых биоценозов значительно меньше, чем в тропических лесах, а взаимосвязи видов, их популяции не столь сложны и многообразны.

Один из важнейших признаков структурной характеристики биоценозов — наличие границ сообществ. Однако эти границы очень редко бывают четкими. Чаще всего соседние биоценозы постепенно переходят один в другой. В результате образуется довольно обширная зона, отличающаяся особыми условиями.

Пограничная зона между двумя биоценозами, например лесом и степью, занимает промежуточное положение, так как отличается от них температурным режимом, влажностью, освещенностью. При этом в пограничной зоне как бы переплетаются типично лесные и типично степные условия. Следовательно, в переходной полосе произрастают растения, характерные для обоих биоценозов. Пограничная зона между соседствующими биоценозами, как правило, более богата жизнью, чем каждое из этих сообществ.

В любом биогеоценозе растения, животные и микроорганизмы развиваются только совместно, обуславливая существование друг друга. С древних времен все живые организмы проходили свой эволюционный путь развития в тесном взаимодействии. В результате у различных видов растений, животных и микроорганизмов выработались взаимные приспособления друг к другу, и раздельно они существовать не могут,

Например, одна из взаимозависимостей животных и растений выражается в том, что последние в процессе эволюции приспособились существовать в условиях обязательных потерь, связанных с прокормом животных фитофагов, путем избыточного производства первичной продукции, рассчитанной на эти потери. В свою очередь, животные фитофаги, поедая предназначенную для них часть зеленой массы растений, ускоряют круговорот веществ, обеспечивая возвращение питательных веществ, необходимых растениям.

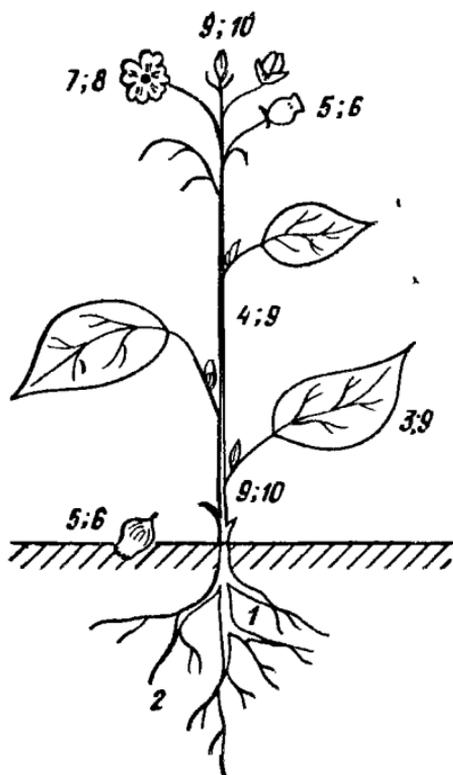
В экологии роль каждого вида живых организмов определяется той экологической нишей, которую он занимает. Экологическая ниша — это абстрактное понятие, которое, с одной стороны, характеризуется химическими, физическими, физиологическими и биотическими факторами, определяющими условия жизнедеятельности организмов, а с другой — определяет морфологическую приспособляемость, направленность физиологических реакций и особенности поведения живых организмов. Термин «экологическая ниша» отражает ту роль, которую играет данный конкретный вид организмов (популяция) в биогеоценозе. Чтобы дать характеристику экологической нише, необходимо знать, чем организм питается, кто его самого поедает, какая способность организма к перемещению в пространстве, какой этаж в биоценозе он занимает и другие особенности его взаимодействия с живыми и неживыми элементами биогеоценоза. Экологическая ниша характеризует экологические условия жизнедеятельности организмов, которые определяются как абиотическими, так и биотическими факторами.

Следовательно, в каждом биогеоценозе все виды живых организмов занимают определенные экологические ниши, расселяясь таким образом, чтобы, не мешая друг другу, наиболее полно и эффективно использовать все энергетические и материальные ресурсы (рис. 3.7). Одни виды живых организмов расселяются в верхних этажах, потребляют энергию Солнца, извлекают материальные ресурсы из атмосферного воздуха и используют атмосферную влагу. Другие поселяются в почве и живут за счет энергетических ресурсов мертвого органического вещества, почвенной влаги и газов, содержащихся в порах почвы. Расселяясь таким образом, все живые организмы, находясь в тесном взаимодействии, обеспечивают существование друг друга и постоянный круговорот веществ. От разнообразия живых организмов, от числа экологических ниш будут зависеть полнота и скорость круговорота веществ в данном конкретном биогеоценозе.

У растений, живущих в разных ярусах, экологические ниши неодинаковы. Именно это приводит к ослаблению конкуренции между растениями разных ярусов и обуславливает освоение

Рис. 3.7. Экологические ниши, приуроченные к растению (по И. Н. Пономаревой). Области обитаний организмов:

1 — корневая система; 2 — ареал корневых выделений; 3 — листья; 4 — ткани ствола и стеблей; 5, 6 — плоды и семена; 7, 8 — цветки и пыльца; 9 — растительные соки; 10 — почки



ими различных экологических ниш. То есть растения, как и животные, в каждом биоценозе характеризуются и отличаются экологическими нишами. Например, сосна и черника в боручерничнике, или ряд растений в водоеме, которые поселяются вместе, но распределяются по разным этажам и экологическим нишам.

С понятием экологической ниши связано представление о насыщенных и ненасыщенных биогеоценозах. Насыщенные биогеоценозы — это такие сообщества живых организмов, в которых материальные и энергетические ресурсы на каждом этапе преобразования биомассы используются наиболее полно. Наоборот, когда жизненные ресурсы используются не полностью, такие биогеоценозы называются ненасыщенными. Ненасыщенные биогеоценозы характеризуются наличием свободных экологических ниш, т. е. имеют достаточно энергетических и материальных ресурсов для расселения новых видов живых организмов без особого ущерба для остальных. Таким образом, каждый ненасыщенный биогеоценоз обладает потенциальной способностью принять в свой состав новые виды живых организмов, которые, заняв определенные места, свободные экологические ниши, обеспечат наиболее полное и эффективное использование всех жизненных ресурсов.

Наблюдениями установлено, что когда энергетические и материальные ресурсы биогеоценозов используются наиболее полно, т е биогеоценоз становится насыщенным, дальнейшее его развитие замедляется. Наступает так называемое климаксное состояние биогеоценоза. Введение в биогеоценоз новых видов живых организмов затруднено и возможно лишь при уничтожении или значительном угнетении существующих популяций

Одна из характерных особенностей биоценозов — их суточная и годовая динамика. В каждом естественном биоценозе имеются группы организмов, активная жизнь которых выпадает на разное время суток. Одни активны в ночное время и днем обычно скрываются в каких-либо убежищах, другие, наоборот, пассивны ночью. В результате в составе и соотношении отдельных видов биоценоза происходят периодические изменения, поскольку отдельные организмы на определенное время выключаются из него. При этом суточную динамику биоценоза обеспечивают не только животные, но и растительные сообщества. У растений в течение суток также изменяются интенсивность и характер физиологических процессов — в ночное время не осуществляется фотосинтез, у ряда растений цветки раскрываются только ночью и опыляются ночными животными, другие же приспособлены к опылению только днем. Суточная динамика биоценозов в основном связана с ритмами природных явлений и строго периодична. В природе имеют место и непериодические изменения активности тех или иных компонентов биоценоза в течение суток, связанные с действием нерегулярных факторов внешней среды. Например, сильные дожди или засуха приводят к перемещению животных в почвах и изменению их активности, влияют на интенсивность некоторых жизненных процессов у растений. Так, во время сильных ливней морской планктон из-за опреснения поверхностных слоев воды мигрирует в глубину, где содержание солей более стабильно.

Более существенные отклонения в биоценозах наблюдаются при сезонной динамике. Они обусловлены биологическими циклами организмов и зависят от сезонной цикличности природных явлений. Так, например, смена времен года оказывает определяющее влияние на жизнедеятельность растений и животных (периоды цветения, плодоношения, активного роста, листопада, зимнего покоя у растений; зимний сон, диапауза и миграции у животных).

В разных широтах длительность сезонов неодинакова. Наиболее четко она выражена в биоценозах умеренного климата и в северных широтах.

В связи с тем, что характер суточных и сезонных изменений практически постоянен в течение длительного времени (столетия, тысячелетия и более), в биоценозах исторически сформирова-

ровались механизмы, приводящие сообщества в соответствие с этими периодическими колебаниями условий обитания.

В процессе суточной и сезонной динамики целостность биоценозов обычно не нарушается. Биоценоз испытывает лишь периодические колебания качественных и количественных характеристик круговорота веществ. Однако биогеоценозы могут подвергаться воздействию сил, которые существенно изменяют условия существования живых организмов или полностью уничтожают все живое. Например, извержение лавы, наводнения, пожары, строительство и эксплуатация промышленных предприятий (шахт, карьеров, металлургических комплексов, плотин и др.). В таких случаях на месте естественного (первоначального) биогеоценоза начинает развиваться другой, более приспособленный к новым условиям. Вначале возникает и некоторое время функционирует простой биогеоценоз, включающий относительно небольшое количество видов растений и животных. Постепенно простые биогеоценозы последовательно замещаются более сложными. Это может произойти тогда, когда в развивающемся биогеоценозе накапливается достаточное количество доступных материальных и энергетических ресурсов, когда создаются условия для образования новых экологических ниш.

Процессы смены одного сообщества живых организмов другим происходит до тех пор, пока не возникнет биогеоценоз, в котором материальные и энергетические ресурсы используются наиболее полно.

Такая последовательная смена одного биогеоценоза другим называется экологической сукцессией. Цепь сменяющих друг друга биогеоценозов называется сукцессионным рядом. При этом в сукцессионном ряду каждый промежуточный биогеоценоз представляет собой определенную стадию по формированию конечного, стабильного (климаксного) биогеоценоза. По мере формирования биогеоценозов развиваются и усложняются связи между отдельными популяциями живых организмов. При этом популяции, менее приспособленные к новым условиям, замещаются другими, более приспособленными, до тех пор, пока не появятся такие, для которых условия среды полностью соответствуют их потребностям.

С позиции диалектического материализма существование абсолютно климаксного (устойчивого) биоценоза невозможно, так как взаимное воздействие его компонентов друг на друга никогда не прекращается, а следовательно, и не останавливается процесс развития. В результате совершается замена одних биоценозов другими. Этот процесс постоянен, ибо развитие биоценозов, как и любого другого природного явления, остановить нельзя. Климаксное состояние биоценоза не бывает постоянным во времени и пространстве, раз и навсегда установившим-

ся. Поэтому термин «климакс» можно использовать лишь условно, в смысле приобретения биоценозом определенной замедленности в развитии.

В историческом развитии смена фауны и флоры по геологическим периодам не что иное, как смена сообществ, замена одного типа биоценоза другим, т. е. экологическая сукцессия. Эти сукцессии тесно связаны с геологическими и климатическими изменениями, а также с эволюцией видов.

Нередко сукцессии совершаются в сравнительно короткие промежутки времени, особенно при активном воздействии человека на окружающую среду. Изменяются условия жизни, исчезают одни и появляются другие группы организмов, меняются связи между популяциями, а вслед за этим и биоценоз в целом. Такие изменения происходят или очень медленно и длятся десятилетия или даже столетия, или очень быстро. Так, например, лесной пожар может полностью уничтожить сложившийся на протяжении тысячелетий устойчивый биоценоз, в результате на его месте начинает возникать новое сообщество. При этом будет иметь место последовательная смена ряда сообществ. Например, еловый лес в своем развитии проходит несколько этапов (рис. 3.8). Первыми на пожарище или заброшенной пашне из древесных пород появляется береза, осина, ольха, поскольку семена этих деревьев легко разносятся ветром. Попав на слабо задернованную почву, они прорастают. Наиболее стойкие из них заселяют заброшенную или распаханную территорию, утверждаются там и постепенно изменяют среду, создавая новые условия, к которым сами со временем оказываются неприспособленными. Эти условия становятся пригодными для растений-захватчиков, вытесняющих «пионеров» и начинающих доминировать в сообществе до тех пор, пока в результате их деятельности вновь не изменятся условия, и они не начнут замещаться более приспособленными формами. Условия, благоприятные для ели, создаются только после смыкания кроны берез, т. е. примерно через 30—50 лет. Постепенно формируется смешанный лес. Он существует сравнительно недолго; под пологом елей не происходит возобновление берез, так как они, будучи светолюбивыми, не выносят затемнения. Устойчивый еловый лес на заброшенной пашне образуется примерно через 80—120 лет после первых всходов березы.

Различают сукцессии первичные и вторичные. Сукцессии, которые начинаются на абсолютно лишенном жизни месте, называются первичными. При первичных сукцессиях скорость изменения сообществ, как правило, невелика. Биогеоценозы, последовательно сменяющие друг друга, удерживаются значительный промежуток времени, а достижение биоценозом климаксного состояния затягивается иногда на столетия и больше. К первичным сукцессиям относится формирование

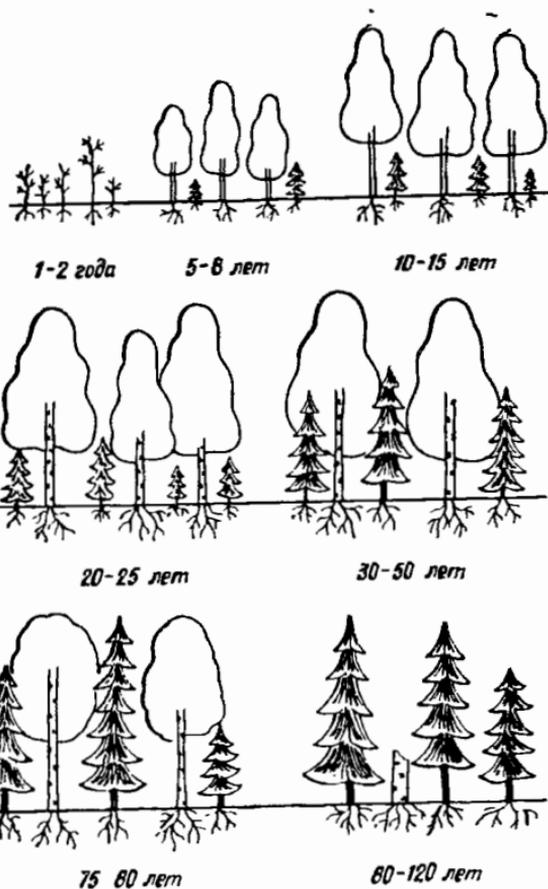


Рис. 3.8. Фазы сукцессионного развития в динамике замещения березняка ельником

фауны и флоры на вновь появившейся песчаной дюне, лавовом потоке, отвалах, хвостохранилищах, около промышленных предприятий и др.

Если новое сообщество развивается на месте, где ранее существовал хорошо развитый биоценоз, то сукцессия будет вторичной. В таких местах обычно сохраняются богатые жизненные ресурсы. Поэтому вторичные сукцессии приводят к образованию климаксного сообщества значительно быстрее, чем первичные. В современных условиях вторичные сукцессии наблюдаются повсеместно. Они обусловлены последствиями, возникающими в результате пожаров, распашки степей, вырубке лесов, осушения болот, влияния выбросов промышленности и др.

Таким образом, экологическая сукцессия является результатом изменения, которое вносится в среду обитания самими сообществами. Это закономерный, направленный процесс. Он заканчивается образованием климаксного биоценоза, характеризующегося максимальной величиной биомассы и наибольшим разнообразием слагающих его видов. В развитии устойчивых (климаксных) биогеоценозов можно выделить следующие основные закономерности:

видовой состав растений, животных и микроорганизмов в процессе экологической сукцессии непрерывно меняется. Виды, доминирующие на начальных стадиях каждого этапа сукцессии, по мере достижения промежуточными биоценозами климаксного состояния постепенно утрачивают это доминирующее свойство и исчезают;

видовое разнообразие имеет тенденцию увеличиваться по ходу сукцессии. При этом автотрофы (зеленые растения) достигают наибольшего разнообразия на сравнительно ранних этапах сукцессии, обеспечивая получение максимума первичной продукции и создавая тем самым благоприятные условия для увеличения разнообразия всех других видов живых организмов.

по ходу сукцессии биомасса органического вещества каждого последующего биогеоценоза увеличивается. Одновременно как в наземной, так и в водной средах происходит накопление мертвого разлагающегося органического вещества;

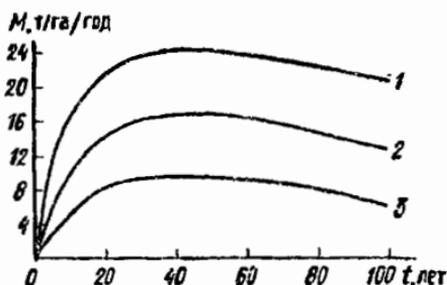
при приближении биогеоценозов к устойчивому (климакскому) состоянию прирост первичной биологической продукции замедляется, а затраты фитоценоза на обеспечение своих жизненных функций увеличиваются.

Таким образом, в естественных условиях благодаря интенсификации биологического круговорота веществ происходит накопление материальных ресурсов и тем самым обеспечивается расширенное воспроизводство биомассы биогеоценоза в целом. То есть в каждом биогеоценозе, по мере его развития, постоянно происходит процесс расширенного воспроизводства плодородия почв и водоемов — обязательное условие существования любого биогеоценоза. При соблюдении этого требования создаются необходимые условия для поддержания опережающих темпов роста автотрофных организмов, производителей первичной продукции, необходимой для поступательного развития всех других видов живых организмов и повышения интенсивности круговорота веществ.

Таким образом, продуктивность биогеоценозов на отдельных стадиях сукцессии различна. На начальных этапах сукцессии приход (создание органического, энергетического материала) превышает расход (затраты на дыхание и другие процессы), быстро увеличивается биомасса. В климаксном биоценозе продуктивность и дыхание (приход и расход энергии) уравновешиваются и увеличения интенсивности как первого, так и второго процессов не наблюдается. При этом вся продукция, созданная продуцентами (зелеными растениями), расходуется консументами полностью, дальнейшее ее накопление не происходит. Биомасса биогеоценоза поддерживается на одном уровне (рис. 3.9).

Рис. 3.9. График изменения продукции сухого вещества в лесу из бука 2-го класса продуктивности:

1 — валовая продукция; 2 — чистая продукция листьев; 3 — накопление древесины в наземных и подземных органах



Важнейшая особенность естественного стабильного биоценоза — способность к саморегулированию, т. е. к удерживанию основных параметров во времени и пространстве на одном уровне. Относительная стабильность биоценоза обеспечивает устойчивый круговорот веществ и поток энергии. В развитом биоценозе возникает некоторое равновесие между создаваемой и потребляемой продукцией. При этом стабильность биоценоза находится в прямой зависимости от его сложности. Чем больше видовое разнообразие биоценоза, тем он более стабилен. В таких биоценозах формируются сложные пищевые взаимоотношения, циклы и сети питания. Биоценозы с упрощенной структурой весьма неустойчивы, в них может происходить резкое колебание численности одних популяций и гибель других.

В биоценозе в случае резкого увеличения численности популяции какого-либо вида немедленно вступают в действие механизмы, регулирующие ее. Возможностей для такой регуляции в сложных биоценозах значительно больше, чем в простых, поскольку между разными популяциями имеется множество пищевых связей, одна форма которых в случае необходимости компенсируется другой. Так, например, сложные биоценозы тропических лесов исключительно стабильны, в то время как в Арктике недостаток видов, способных заменить в качестве пищи основной вид, приводит к резкому колебанию численности. Тундровые упрощенные биоценозы в сравнении с тропическими, как правило, сильно изменяются и весьма чувствительны к воздействию человека в процессе его производственной деятельности.

Несколько по-иному проявляется стабильность агробиоценозов, которые существенно отличаются от естественных, первичных не только ненормально высоким доминированием небольшого количества видов, но и тем, что их численность поддерживается человеком постоянно, а также тем, что в форме урожая он постоянно и регулярно изымает биологическую продукцию. Относительная устойчивость, стабильность агробиоценозов сохраняется благодаря деятельности человека. Изучение сельскохозяйственных и лесных агробиоценозов показывает, что обеднение видового состава сообщества приводит к тому, что оно

сильнее и чаще страдает от вспышек массового размножения вредителей. Особенно это характерно для монокультур. Аналогичные явления имеют место в зонах активного влияния промышленных предприятий, где сокращение видового состава и снижение общей продуктивности биоценозов приводят к деградации основных его элементов.

Важнейшей функцией любого биогеоценоза и биосферы в целом является регулярное воссоздание живого вещества и аккумулированной в нем энергии. В связи с тем, что биогеоценозы в разных частях биосферы существенно отличаются разнообразием свойств и признаков, продуктивность их также неодинакова. При этом величина первичной продукции органического вещества в биогеоценозах, богатых жизнью, может превосходить продукцию сравнительно бедных биогеоценозов более чем в 50 раз.

Подсчеты показывают, что открытые моря и пустыни характеризуются очень низкой продуктивностью, не превышающей 0,1—0,5 г/м² в сутки. Продуктивность травянистых биогеоценозов, некоторых сельскохозяйственных угодий, высокогорных лесов, морских литоралей и глубоких озер колеблется в пределах 0,5—3 г/м² и составляет в среднем 1 г/м² в сутки. Средняя продуктивность влажных лесов и постоянно используемых сельскохозяйственных угодий достигает 20 г/м² в сутки.

Годовая первичная продуктивность наземных экологических систем характеризуется данными табл. 3.2.

Из данных таблицы видно, что в настоящее время наибольший объем первичной продукции создается лесными и степными экологическими системами, большое значение имеют также обрабатываемые земли, где образуются 8,7 млрд. т органического вещества. Пустыни, которые занимают 36 млрд. т суши имеют весьма низкую продуктивность и дают всего 5,4% биологической продукции.

Таблица 3.2

Годовая первичная продуктивность наземных экологических систем

Экологическая система	Площадь		Продуктивность, г/м ²	Масса органического вещества на суше, млрд. т	Количество энергии, Дж · 10 ¹¹
	млн. м ²	%			
Леса	40,6	28	7	28,4	47,8
Обрабатываемые земли	14,5	10	6	8,7	14,7
Степи и луга	26,0	17	4	10,4	17,6
Пустыни	54,2	36	1	5,4	9,2
Полярные зоны	12,7	9	0	0	
Итого	148,0	—	—	52,9	89,2

Первичная продукция в определенной степени используется человеком. Питание людей обеспечивается главным образом сельскохозяйственными культурами, занимающими около 10% площади суши и дающими в год примерно 8,7 млрд. т органического вещества, что составляет значительную часть мировых ресурсов. Но человек потребляет не только первичную продукцию, а изымает из биосферы большое количество вторичной продукции в виде животной пищи. Кроме того, огромная масса первичной продукции используется человеком как техническое сырье в промышленности и быту (топливо, хлопок, лен, эфиромасличные культуры и др.). Совершенно ясно, что жизнь людей, их производственная деятельность зависят от продуктивности основных биогеоценозов, от первичной продукции и ее мирового распределения.

Распределение всей биомассы организмов на Земле характеризуется данными табл. 3.3. В основном биомасса сосредоточивается на континентах, тогда как в океане ее примерно на два-три порядка меньше. На континентах 99,2% биомассы создается зелеными растениями и только 0,8% животными и микроорганизмами. То есть на континентах в основном создается первичная продукция. В океане биомасса в основном создается животными и микроорганизмами и составляет 93,7%, тогда как биомасса зеленых растений в океане составляет всего 6,3%.

Если по первичной продуктивности имеются относительно достоверные данные, то по продуктивности других трофических уровней их мало. Определение вторичной продуктивности экологических систем сопряжено с большими трудностями, и известны лишь косвенные данные, например, биомасса на различных трофических уровнях. Имеющиеся данные приводят к заключению, что первичная растительная продукция используется травоядными животными весьма неполно. Достаточно полно изучена продуктивность пресноводных рыб в озерах и выкормочных водоемах. Продуктивность растительоядных рыб

Таблица 3.3

Биомасса организмов Земли (по Н. Н. Базилевичу, Л. Е. Родиуну, Н. Н. Розову)

Сухое вещество	т	%
Суша, всего	$2,42 \cdot 10^{12}$	100,0
В том числе:		
зеленые растения	$2,4 \cdot 10^{12}$	99,2
животные и микроорганизмы	$0,02 \cdot 10^{12}$	0,8
Океан, всего	$0,0032 \cdot 10^{12}$	100,0
В том числе:		
зеленые растения	$0,0002 \cdot 10^{12}$	6,3
животные и микроорганизмы	$0,003 \cdot 10^{12}$	93,7
Итого	$2,4232 \cdot 10^{12}$	—

всегда ниже на 10% чистой первичной продукции; продуктивность хищных рыб составляет в среднем 10% по отношению к растительноядным, которыми они питаются. В пастбищном скотоводстве вторичная продуктивность значительно ниже, чем в озерах, и это вполне естественно, поскольку млекопитающие относятся к животным, которые обеспечивают поддержание постоянной температуры тела, что требует больших энергетических затрат. Естественно, что это сказывается на вторичной продуктивности. Во многих странах с ограниченными пищевыми ресурсами потребление животной пищи сокращено, поскольку она дорого обходится с точки зрения энергетических затрат.

Контрольные вопросы

1. В чем суть основных положений учения В. И. Вернадского о биосфере?
2. Как осуществляется биотический круговорот веществ в природе?
3. Что такое популяция, как она функционирует и развивается?
4. Как могут происходить экологические сукцессии?
5. Чем объяснить, что загрязняющие природную среду вещества могут попасть в организм человека?

4. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

4.1. ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ — НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Производственная деятельность человека вносит определенные изменения в процессы, происходящие в естественной экологической системе, и вызывает тем самым нарушение равновесия между отдельными ее элементами. В результате на месте естественных возникают новые, как правило, менее продуктивные экологические системы. При этом могут появляться как количественные, так и качественные изменения экологических систем.

Количественные изменения могут происходить, если внешние возмущения в принципе не противоречат естественным биохимическим процессам и по интенсивности (т. е. в количественном отношении) не превышают естественного уровня жизнеспособности (устойчивости) живых организмов. В этом случае ответной реакцией экологической системы будет повышение активности (увеличение производительности) определенных групп (популяций) живых организмов; в результате восстанавливается или обеспечивается на другом, более высоком, уровне устойчивое равновесие экологической системы, без каких-либо качественных изменений.

Качественные изменения в естественной экологической системе происходят в том случае, когда вносимые изменения противоречат естественным биохимическим процессам или превышают пределы жизнеспособности (устойчивости) отдельных элементов (популяций) естественной экологической системы. Качественные изменения в экологической системе (замена одного биоценоза другим) будут происходить до тех пор, пока не возникнет качественно новая устойчивая экологическая система. Например, изменение гидрогеологического режима вод в зоне влияния горных работ может качественно изменить растительный и животный мир окружающего района: на месте лесных массивов могут возникнуть болота или кустарниковые сообщества.

Новая экологическая система, возникающая в зоне промышленного предприятия, может по своим параметрам резко отличаться от естественной и быть непригодной для нормальной жизни людей. Следует подчеркнуть, что чем суровее климат и беднее экологическая система, тем более она чувствительна к воздействию. Даже небольшие локальные изменения в этой системе могут привести к значительным качественным переменам на больших территориях. Так, в тундре нарушение почвенного покрова при движении вездехода приводит к колебаниям температурного режима многолетнемерзлого подпочвенного слоя и образованию крупных экологических изменений по линии следа вездехода.

При решении производственных задач положительных результатов удастся достичь, когда изменения в окружающей среде носят чисто количественный характер. При этом возникшая новая экологическая система, в которой предприятие является активным элементом, качественно не отличается от первоначальной естественной. При наличии качественных изменений в природной среде не всегда удастся разработать и осуществить мероприятия, обеспечивающие ее заданные параметры (качество). Современное состояние техники и организация производства не всегда обеспечивают полное сохранение и восстановление природных богатств или исключение вредных последствий на природу при использовании природных ресурсов.

Комплексное использование минеральных ресурсов, добытых из недр, и охрана природной среды представляются важнейшими задачами в решении общей проблемы рационального природопользования на современном этапе. Решение этих задач связано с разработкой принципиально новых и совершенствованием существующих технологий извлечения полезных компонентов из недр, комплексной переработки добытого минерального сырья с применением замкнутых и малоотходных схем.

Практика показывает, что строительство и эксплуатация промышленных предприятий приводят к образованию новой экологической системы в окружающем районе только в том случае, если между технологическими звеньями предприятия и объектами окружающей среды возникает постоянно действующая связь. То есть когда само предприятие, его технологическая линия становится одним из активных и постоянных компонентов новой экологической системы и существенным образом влияет на круговорот веществ в пределах крупного района. Границы новой экологической системы (границы зоны действия предприятия) зависят от природных условий, параметров самого предприятия, характера и интенсивности нарушений в массиве пород, объемов и свойств отходов и выбросов производства в водный и воздушный бассейны. Большое значение имеют режимы и направления ветра, динамика грунтовых и поверхностных вод, рельеф, климатические условия, а также особенность трофических цепей в биоценозах, миграции представителей животного мира, транспортные связи предприятий и ряд других факторов.

Таким образом, на современном этапе развития производства одновременно должны решаться две неразрывно связанные между собой проблемы — рациональное использование всех без исключения ресурсов и охрана природной среды. Эти два направления научной и практической деятельности необходимо представлять как единое целое и рассматривать в тесной взаимосвязи. Необходимость комплексного решения этих двух проблем требует разработки новых подходов в теоретическом и практическом плане. С одной стороны — это инженерный подход к рассмотрению процессов взаимодействия природы и материального производства, с другой — экологическая оценка принимаемых технологических решений, т. е. единство инженерных и экологических направлений в решении проблемы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей природной среды.

При инженерно-экологической постановке задач необходимо предусматривать более полное использование самих объектов природы и их связей. Это значит, что при проектировании, строительстве и эксплуатации промышленных предприятий процессы, происходящие в окружающей среде, должны приравниваться к технологическим, а сами элементы природы со всеми своими связями следует считать технологическими звеньями и включать в определенной последовательности в общую технологическую цепь предприятия. В этом случае необходимо, чтобы все количественные и качественные изменения в природной среде соответствовали определенному уровню и не выходили за пределы установленных про-

ектом норм. Иными словами, должно создаваться и эксплуатироваться не отдельное промышленное предприятие, а природно-промышленный комплекс.

Вопросы охраны природной среды и управления ее качеством, создание эффективно действующих природно-промышленных комплексов невозможно решить без четко организованной системы учета всех видов воздействия производства и изменений природной среды, а также контроля, прогноза и управления качеством окружающей среды. Очевидно, одним из сложных инженерно-экологических вопросов в общей проблеме охраны природной среды будет именно создание таких систем. Не имея данных о состоянии природной среды, ее параметрах в зависимости от времени и интенсивности производственных процессов, нельзя дать прогноз о характере изменения в окружающей среде на длительный период и правильно выбрать рациональные мероприятия по использованию природных ресурсов и управлению качеством окружающей среды.

Инженерная экология — комплексная научная дисциплина, изучающая взаимодействие промышленного производства с окружающей природной средой и обеспечивающая создание и рациональное функционирование природно-промышленных систем разного ранга. Основная задача — разработка и практическое осуществление технически возможных, экономически целесообразных и экологически необходимых мероприятий, обеспечивающих рациональное использование и охрану природных ресурсов с учетом интересов настоящих и будущих поколений.

Основные объекты исследования инженерной экологии — природно-промышленные системы, структура и функционирование которых определяется характером производства, а также свойствами и состоянием окружающей природной среды. Инженерно-экологические исследования выявляют и изучают взаимосвязи между технологическими и природными процессами (предмет исследования), с учетом которых и вырабатываются технические, экологические и организационные решения.

4.2. ПРИРОДНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Научные основы инженерной экологии могут разрабатываться только на результатах глубокого изучения законов взаимодействия материального производства и окружающей природной среды. Только использование выявленных законов обеспечивает успешное проектирование, строительство и эксплуатацию промышленных предприятий, входящих в состав высокопроизводительных и высо-

копродуктивных природно-промышленных систем определенного ранга.

В развитии современной биосферы большая роль принадлежит человеку, влияние которого на природную среду стало сопоставимо с естественными глобальными процессами, а в ряде случаев и превосходить их. В связи с этим биосфера Земли, по определению академика В. И. Вернадского, становится ноосферой — «сферой разума». Под ноосферой в данном случае понимается матерьяльная оболочка Земли, изменяемая в результате жизнедеятельности человека.

По выражению В. И. Вернадского, человек играет роль главной движущей силы в развитии современной биосферы, великой геологической, быть может, космической силы.

Изучение характера взаимодействия человека с природой целесообразно вести как в глобальном масштабе (в масштабе ноосферы в целом), так и путем выделения из общей системы отдельных относительно самостоятельных структурных элементов и компонентов, сохраняющих определенные свойства всей системы.

В ноосфере элементарная структурная единица (биогеоценоз) приобретает новое качество и структуру. Академик С. С. Шварц эту элементарную структурную единицу ноосферы назвал нообиогеоценозом. Нообиогеоценоз — это пространственно ограниченная, внутренне однородная система функционально взаимосвязанных живых организмов и окружающей их абиотической среды, находящихся под постоянным воздействием предприятия.

В общем случае в состав нообиогеоценоза входят три сообщества: экотоп, биоценоз и нооценоз (рис. 4.1), являющиеся относительно самостоятельными структурными единицами, объединяющими в своем составе отдельные компоненты и элементы, имеющие общие признаки и связи.

1. Экотоп — включающий в себя почву и подстилающие ее породы, почвенно-грунтовые и поверхностные воды, атмо-

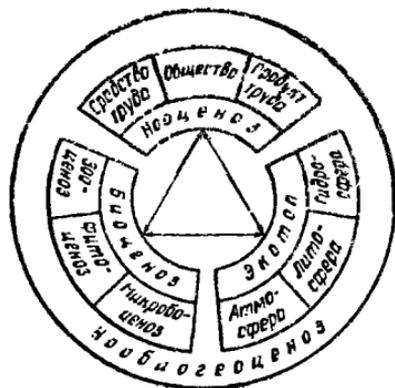


Рис. 4.1. Схема материально-энергетической единицы ноосферы

сферный воздух, состав, свойства и режим которых определяются природными процессами и производственной деятельностью людей. Таким образом, экотоп служит базой, основанием для развития биоценоза и нооценоза, с которыми все элементы экотопа находятся в тесном взаимодействии.

2. Биоценоз — включающий в себя растительный (фитоценоз) и животный (зооценоз) мир, а также микроорганизмы (микробоценоз), которые в процессе совместного взаимодействия с экотопом и нооценозом определяют круговорот веществ и дальнейшее развитие всех живых организмов, а также производственную деятельность людей в данном районе.

3. Нооценоз — включающий в себя сообщество людей, средства труда, а также продукты труда. Нооценоз представляет собой сложную систему, состоящую из территориально и функционально взаимосвязанных производственных и бытовых структурных единиц.

Определяющий компонент нооценоза — общество с определенным социальным уровнем развития, оказывающим существенное влияние на структуру и функционирование данного конкретного нообиогеоценоза и всей экологической системы рассматриваемого района в целом.

На каждом этапе социального развития общества используются соответствующие средства труда, уровень развития которых в значительной степени определяет характер и интенсивность воздействия его на природную среду. Общество создает разнообразные продукты труда, часть из которых оно использует для удовлетворения своих постоянно растущих потребностей, а другую, неиспользованную, — возвращает обратно природе в виде отходов и выбросов. Таким образом, основным функциональным признаком ноосферы в целом является процесс производства — процесс взаимодействия общества и природы, в результате которого получают разнообразные продукты труда. При этом все компоненты каждого отдельно взятого нообиогеоценоза находятся в состоянии взаимодействия и представляют собой единый комплекс. В связи с этим изучение нообиогеоценоза, организации его рационального функционирования необходимо вести на основе знания законов взаимодействия промышленного производства с окружающей природной средой, т. е. на основе процессов взаимодействия нооценоза, биоценоза и экотопа.

Следующей, более крупной структурной единицей ноосферы (природно-промышленной системой более высокого ранга), является природно-промышленный комплекс (ППК), который возникает и длительное время функционирует в результате строительства и эксплуатации промышленного предприятия. В итоге первоначальная (естественная) экологическая система окружающего района претерпевает значительные изменения.

Нарушается ее энергетика, изменяется естественный круговорот веществ, биохимические и другие процессы. Вследствие этого в зоне активного действия предприятия ухудшается качество окружающей природной среды, снижается продуктивность водоемов, сельскохозяйственных, лесных и других угодий. Все это свидетельствует о том, что в районе действия промышленного предприятия возникает и постоянно функционирует новая экологическая система, активным компонентом которой становится промышленное предприятие, его технологическая линия. Иными словами, как было показано выше, в результате строительства и эксплуатации промышленного предприятия на значительной площади формируется и длительное время действует природно-промышленный комплекс.

В общем случае ППК включает в себя (рис. 4.2) промышленные предприятия (промышленное звено), а также совхозы, колхозы, лесхозы, в ведении которых находятся сельскохозяйственные, рыбохозяйственные, лесные и другие угодья, входящие в состав экологической системы ППК (аграрное звено). При этом функционирование и развитие новой экологической системы в пределах ППК определяется как природными условиями, так и характером и глубиной влияния производств на абиотическую и биотическую компоненты окружающей среды. То есть зависят от интенсивности нарушения и загрязнения недр, почв, водного и воздушного бассейнов; изменения пространственной и видовой структуры и продуктивности живых организмов, фито-, зоо- и микробиоценозов, функционирующих в пределах ППК.

Все объекты ППК находятся в постоянном взаимодействии, поэтому только при этом условии можно обеспечить достаточ-

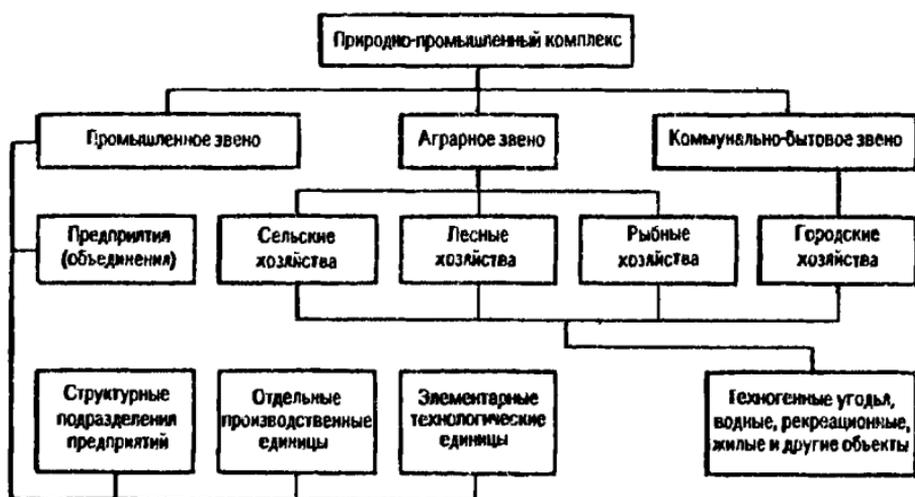


Рис. 4.2. Блок-схема природно-промышленного комплекса

ную полноту и рациональность использования природных ресурсов и обеспечить необходимый уровень качества окружающей среды. Чем полнее учтены и использованы взаимосвязи отдельных компонентов и элементов ППК при его проектировании, строительстве и эксплуатации, тем выше будут эффективность производства и продуктивность новой экологической системы окружающего района.

Таким образом, ППК — это относительно самостоятельная структурная единица ноосферы, включающая в себя природные, промышленные, коммунально-бытовые и агропромышленные объекты, функционирующие как единое целое. При этом рационально функционирующий ППК характеризуется минимальными материальными, энергетическими, трудовыми и другими затратами при условии получения планируемых объема и качества промышленной продукции, обеспечения необходимого уровня качества окружающей природной среды и достижения оптимальной продуктивности сельскохозяйственных, лесохозяйственных, рыбохозяйственных и других угодий, входящих в его состав. Границами природно-промышленного комплекса (границей выделенной экологической системы) будет граница зоны влияния промышленных, коммунально-бытовых и других предприятий, входящих в состав комплекса.

Именно ППК как структурную единицу ноосферы целесообразно брать за основу при организации рационального взаимодействия общества и природы, когда во внимание принимаются промышленные и бытовые предприятия, их технологические линии, а также все объекты, расположенные в зоне активного их действия. Иными словами, предметами внимания являются предприятия по выпуску промышленной продукции, коммунально-бытовые объекты и экологическая система, где они действуют. Из этого следует, что гармоническое взаимодействие общества и природы обеспечивается организацией рационального взаимодействия между процессами технологическими действующих промышленных и коммунальных предприятий и экологическими, происходящими в окружающей среде.

Главный компонент, определяющий направление и характер функционирования ППК в целом, — его промышленное звено. В его структурной схеме можно выделить объекты основного и вспомогательного производства, энергетики и подразделения, обеспечивающие строительство новых и реконструкцию действующих промышленных предприятий.

В пределах границ ППК могут оказаться предприятия разных отраслей промышленности, которые в той или иной степени используют природные ресурсы района, нарушают и загрязняют окружающую среду. Продукция промышленного звена — это та ее часть, которая отправляется за пределы

ППК, а также предназначена для удовлетворения собственных нужд ППК (нужд коммунально-бытового звена и для поддержания качества экологической системы окружающего района). Кроме того, сюда же относятся отходы производства, а также газообразные, жидкие и пылевидные выбросы промышленных предприятий, которые загрязняют природную среду.

При добыче и переработке полезных ископаемых к объектам основного производства относятся предприятия по добыче (шахты, разрезы и карьеры), фабрики по обогащению руд и заводы по выплавке металлов, а также отвалы и хвостохранилища, где складировются и консервируются некондиционные руды и отходы всего промышленного комплекса. К объектам основного производства следует относить любые другие промышленные предприятия, обеспечивающие выпуск промышленной продукции, отправляемой за пределы ППК или используемой для удовлетворения собственных нужд. В состав промышленного звена входят также предприятия, обеспечивающие строительство новых и реконструкцию действующих шахт, карьеров, заводов, отдельных цехов, энергетических объектов, транспортных магистралей и т. д. Иными словами, это предприятия, обеспечивающие дальнейшее развитие и строительство основного производства.

Вспомогательное производство включает в себя промышленные предприятия, деятельность которых связана с обслуживанием основного производства и ремонтом оборудования. Сюда относятся ремонтно-механическая база, промышленный транспорт, склады готовой продукции, сырья и оборудования.

Коммунально-бытовое звено обеспечивает жизнедеятельность людей, занятых на предприятиях и по производству сельскохозяйственной и другой продукции ППК. Основными объектами коммунально-бытового звена являются организации, обеспечивающие строительство и эксплуатацию жилого фонда, предприятия питания, торговли, общественного транспорта, медицинского обслуживания, культурных и общеобразовательных учреждений. Продукция коммунально-бытового звена — это продукты потребления, различного рода услуги для населения, а также отходы и выбросы, которые образуются на коммунально-бытовых предприятиях.

Основной отличительной особенностью экологической системы района, в котором действует ППК, является то, что практически все ее элементы находятся под постоянным воздействием промышленных предприятий. В большинстве случаев сельскохозяйственные, лесные и другие угодья, расположенные в этом районе, снижают свою продуктивность, а в ряде случаев полностью деградируют. Восстановление или поддержание продуктивности природных объектов на заданном уровне требует проведения специальных агротехнических, лесохозяйственных, ме

лиоративных и других мероприятий. Таким образом, экологическая система в зоне действия промышленного предприятия (предприятий) может рассматриваться как единый агрокомплекс, располагающий определенными экологическими, технологическими, энергетическими и трудовыми ресурсами. Основная продукция экологической системы района включает в себя все продукты, получаемые с сельскохозяйственных угодий, животноводства и природных объектов, обеспечивающих заданный уровень качества окружающей среды (продуктивность леса, водоема и т. д.), а также с рекультивируемых участков. При этом основная продукция экологической системы района может иметь не меньшее значение и ценность, чем вся продукция промышленного звена, а в ряде случаев и превосходить ее. В структуру агрокомплекса — аграрного звена, в общем случае, могут входить следующие группы предприятий:

сельскохозяйственные предприятия (колхозы, совхозы, кооперативы, подсобные хозяйства промышленных и бытовых предприятий), производящие сельскохозяйственную продукцию на полях, садах, огородах и других угодьях, находящихся в зоне влияния промышленных и коммунально-бытовых предприятий;

предприятия лесного, лесовосстановительного, охотничьего и других промысловых хозяйств, занятых переработкой продуктов леса в пределах природно-промышленного комплекса, а также заповедники и заказники с особым режимом охраны;

объекты водохозяйственные, рыбного хозяйства и другие, перерабатывающие полезную продукцию водоемов. К этой группе относятся водозаборы и другие гидротехнические сооружения, обеспечивающие водой все промышленные, коммунально-бытовые и сельскохозяйственные предприятия;

предприятия, обеспечивающие восстановление или повышение продуктивности нарушенных земель, сельскохозяйственных, лесных и других угодий, входящих в состав природно-промышленного комплекса (предприятия, ведущие рекультивацию нарушенных земель, мелиоративные и другие работы).

При составлении структурной схемы аграрного звена, при выделении крупных относительно самостоятельных элементов в составе отдельных сельскохозяйственных, водохозяйственных, лесохозяйственных и других предприятий основным условием следует считать наличие сельскохозяйственной, лесной, рыбной и другой продукции, по качеству и количеству которой можно оценивать эффективность использования соответствующих угодий.

Технологические ресурсы экологической системы ППК включают в себя основные оборотные фонды сельскохозяйственных и других хозяйств, гарантирующих получение сельскохозяйственной продукции, поддержание заданного уровня качества земельных и других угодий, рекультивацию нарушенных земель,

а также обеспечивающих эксплуатацию рекреационных объектов. К технологическим относятся также энергетические ресурсы, необходимые для выполнения всех видов работ по обеспечению заданной продуктивности всех элементов экологической системы ППК.

Структура трудовых ресурсов, занятых на сельскохозяйственных и других промышленных объектах, такая же, как и промышленного комплекса, и включает в себя персонал, занятый на основном (обеспечивающем выпуск сельскохозяйственной и другой продукции) и вспомогательном производствах, а также нетрудоспособную часть их семей (дети, пенсионеры).

Все сельскохозяйственные, лесные и другие угодья, входящие в состав аграрного звена, одновременно являются функциональными элементами экологической системы района, экологической системы ППК. При этом состояние и продуктивность этих угодий (функциональных элементов экологической системы района) будет определяться тремя группами факторов: природными условиями района, характером и интенсивностью воздействия промышленных и коммунально-бытовых предприятий, а также эффективностью использования дополнительных ресурсов по повышению, сохранению или восстановлению продуктивности угодий.

Таким образом, основоопределяющим моментом при составлении структуры аграрного звена и выделении основных его функциональных компонентов и элементов является естественная экологическая система района.

В структурном отношении новая экологическая система района (экологическая система аграрного звена ППК) включает в себя четыре группы объектов: нообиогеоценозы леса, реки, луга и т. д.; образовавшиеся на месте естественных биогеоценозов леса, реки, луга и т. д.; сельскохозяйственные и животноводческие угодья (поля, сады, фермы и т. д.); рекультивируемые участки нарушенных и деградированных земель (воспроизводство лесных, сельскохозяйственных, водохозяйственных угодий и др.); рекреационные объекты, предназначенные для отдыха и лечения людей (парки, водоемы и пляжи, зоны отдыха и др.).

При анализе структуры любого ППК и отдельных его частей можно выделить три основных компонента: абиотическую, биотическую и социально-производственную. При этом во всех случаях функционирование любого вида производства (промышленного, сельскохозяйственного, коммунального и др.) не может осуществляться обособленно, в отрыве от живых и неживых объектов окружающей среды. Все жизненно важные для людей процессы, все потребности конкретного производства удовлетворяются только в результате постоянного их взаимодействия с абиотической и биотической компонентами окружа-

ющей среды. В основе этого взаимодействия лежит постоянно происходящий обмен веществом, энергией и информацией между отдельными компонентами ППК.

Обмен веществом между объектами ППК происходит путем вовлечения в материальное производство определенных технологических материальных природных ресурсов, в процессе которого создается продукция труда (продукция ППК). Ресурсы, не вошедшие в продукт труда, возвращаются в природную среду в виде выбросов и отходов производства. При этом общее количество веществ, вовлекаемых в производство и выходящих из него, в границах отдельного ППК остается примерно постоянным. Это дает возможность составить материальный баланс всего производственного процесса, оценить на его основе количественные и качественные превращения веществ и определить места их входа и выхода из технологического процесса производства. Одновременно появляется возможность определять пути дальнейшего распространения выбросов и отходов производства в экологической системе окружающего района, выявить их роль в общем кругообороте веществ и оценить качественные и количественные экологические изменения, происходящие в основных природных объектах в пределах зоны действия (влияния) предприятия.

Обмен энергией между компонентами ППК происходит путем превращения ее природных источников в энергетические ресурсы и при выделении в окружающую среду не использованной в производстве доли энергии. Большое значение для энергетического баланса ППК в целом имеет характер накопления и использования солнечной энергии живыми его компонентами.

Одно из определяющих звеньев функционирования ППК — информация, на основе которой могут вноситься соответствующие коррективы в процесс обмена веществом и энергией. Информация может носить естественный характер и выражаться через изменение определенных свойств природных компонентов и искусственный — путем создания автоматизированных систем информации, прогноза и управления процессами производства и состоянием (продуктивностью) природных объектов. Таким образом, процессы обмена веществом и энергией в ППК могут контролироваться и направляться с помощью определенных инженерных мероприятий. Этим ППК отличается от естественных природных систем. Возможность контроля и управления процессами обмена веществом и энергией между окружающей средой и промышленным производством является основой для повышения эффективности использования и охраны природных ресурсов при строительстве и эксплуатации промышленных предприятий и обеспечения заданного уровня качества природной среды в зоне их действия, т. е.

основой и обязательным условием для создания и эксплуатации высокопродуктивных и высокопроизводительных природно-промышленных комплексов.

ППК — это динамически устойчивая и относительно самостоятельная структурная единица ноосферы, включающая в себя природные, промышленные, сельскохозяйственные и коммунально-бытовые объекты, функционирующие как единое целое на основе определенного типа обмена веществом, энергией и информацией.

Только обеспечив оптимальное взаимодействие всех промышленных и бытовых предприятий (как между собой, так и со всеми элементами экологической системы) рассматриваемого района, можно обеспечить рациональное использование и охрану природных ресурсов, достичь высокой производительности технологических линий по выпуску основной промышленной продукции и одновременно добиться обеспечения определенной продуктивности и качества окружающей среды.

Таким образом, рационально функционирующий ППК характеризуется минимальными энергетическими, материальными, трудовыми и другими затратами при условии достижения запланированного уровня производительности труда по выпуску необходимого объема и определенного качества промышленной и сельскохозяйственной продукции и при условии соблюдения установленных нормативов качества водного и воздушного бассейнов и обеспечения оптимальной продуктивности всех угодий, входящих в состав ППК.

На современном этапе развития экономики важное место занимает выделение и обеспечение рационального функционирования еще более крупных единиц; территориально-производственных комплексов (ТПК); горнопромышленных районов (ГПР) промышленных узлов (ПУ) и т. д. Выделение этой группы позволяет объединить в единую природно-промышленную систему функционально и территориально взаимосвязанные промышленные, энергетические, сельскохозяйственные, лесохозяйственные и другие предприятия народного хозяйства. Именно в пределах таких крупных комплексов можно обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов на основе создания единых производственных циклов, исключая или снижая до минимума выбросы и отходы производства.

Каждый отдельно взятый ППК, горнопромышленный район или отдельный промышленный узел, где обеспечивается комплексное и эффективное использование природных ресурсов, становятся структурными единицами ноосферы. В их состав входят отдельные функционально или территориально взаимосвязанные природно-промышленные комплексы, функциониру-

ющие на базе крупных объектов (шахт, заводов, обогатительных фабрик, ТЭЦ и т. д.).

Практика показывает, что одной из сложных проблем обеспечения рационального функционирования ТПК, как структурной единицы ноосферы, являются охрана и рациональное использование природных ресурсов. В условиях, когда принимаются крупномасштабные методы добычи, переработки и использования минерального сырья, угля, нефти, газа и других полезных ископаемых, происходят значительные экологические региональные изменения природной среды. Особенно остро эта проблема стоит в районах с суровыми климатическими условиями, где природные комплексы очень чувствительны к любым формам нарушения и загрязнения ландшафтов, водного и воздушного бассейнов.

Возникновение проблемы и трудность ее решения определяется в основном следующими тремя причинами:

концентрация в одном регионе крупномасштабных и ресурсоемких промышленных объектов по добыче, переработке и использованию полезных ископаемых и других природных ресурсов (земель, вод, атмосферного воздуха);

неизученность процессов возможных экологических изменений природной среды в зоне влияния крупных промышленных объектов и отсутствие опыта по предотвращению последствий этого влияния;

организационные трудности, связанные с межведомственным характером использования минеральных, водных, земельных и других природных ресурсов района.

При выделении ТПК должны определяться его границы, а также границы входящих в его состав отдельных ППК. Развитие отдельных ППК и ТПК в целом должно осуществляться по единым планам, учитывающим комплексное использование природных ресурсов, а также охрану недр, земель, водного и воздушного бассейнов. Интересы отдельных ведомств должны увязываться с интересами конкретного региона и всего народного хозяйства в целом.

Более крупные структурные единицы ноосферы — отдельные административные области, автономные и союзные республики и страна в целом. Группы стран, тесно взаимодействуя друг с другом, также образуют относительно самостоятельные структурные единицы ноосферы. Этими структурными единицами становятся и отдельные континенты, где природные ресурсы используются разными странами, независимо от их социального уровня развития.

4.3. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ

Функционирование природно-промышленных систем (ППС) основано на принципах обмена веществом, энергией и инфор-

мацией между ее структурными единицами, происходящих в результате осуществления процесса общественного производства. В зависимости от вида и характера производства, его технологических процессов их взаимосвязь с природными процессами может происходить в форме взаимодействия, влияния, воздействия.

Под взаимодействием промышленного производства с окружающей природной средой понимается процесс обмена веществом, энергией и информацией, в результате которого обеспечивается получение полезной промышленной продукции, а также качественные и количественные изменения в компонентах окружающей среды.

Взаимодействие с природной средой осуществляется при любом виде производства прямо или опосредованно. Интенсивность взаимодействия определяется количеством ресурсов, которыми обмениваются производство и природная среда в процессе функционирования. Поэтому одной из задач является определение интенсивности взаимодействия, его рациональности и комплексности.

Все структурные единицы любой ППС находятся в постоянном взаимодействии, поэтому только при условии учета и использования процессов этого взаимодействия можно обеспечить достаточную полноту и рациональность использования природных ресурсов и необходимый уровень качества природной среды.

Обмен веществом, энергией и информацией между структурными единицами ППС осуществляется в результате ведения производственных технологических процессов. При этом из природной среды изымаются вещества и энергия, которые используются в ППС непосредственно или в измененном виде, переходя в разряд ресурсов производства, и участвуют в создании продукта труда (продукции производства). Вещества и энергия в виде отходов и выбросов производства, попадая в окружающую среду, ноступают в круговорот веществ в природе. Их дальнейшее участие в создании продукции природного процесса определяется свойствами этих веществ и характером естественных процессов. Поэтому при инженерно-экологическом анализе взаимодействия производства и природной среды необходимо выделить весь процесс, который можно назвать природно-технологическим процессом ППС.

В результате взаимодействия технологического и природного процессов образуется их совместная продукция, которая будет являться продукцией природно-технологического процесса ППС. В дальнейшем оценка его эффективности производится по суммарной продукции с учетом заданного качества компонентов природной среды.

Эффективность функционирования природно-промышленных

систем определяется качественными и количественными показателями использования ресурсов и их состояния. Ресурсами в ППС являются все вещества и энергия, участвующие в природно-технологическом процессе и входящие в состав продукции или способствующие ее производству. Исходя из структуры ППС и общих принципов их функционирования, можно выделить материальные, энергетические, экологические и трудовые ресурсы. Использование балансового метода для их анализа и определения качественных и количественных характеристик, необходимых для оценки эффективности, рассмотрим на примере материальных ресурсов.

В общем случае все технологические материальные ресурсы, используемые в процессе производства, можно разделить на главные, вспомогательные и сопутствующие.

1 К главным относятся исходные сырьевые материалы, которые полностью или частично входят в состав основного продукта (изделия) производства, определяют его основные свойства и без которых сам технологический процесс оказывается невозможным. К ним относятся сырье и различные добавки, определяющие заданный вещественный состав продукта производства (изделия), его физические, механические и другие свойства. Главные материальные ресурсы могут вводиться в технологический процесс в начале и на любых последующих его этапах.

При добыче и переработке полезных ископаемых основные технологические ресурсы — это полезные ископаемые, заключенные в массиве пород. Часто массив (руды) содержит одновременно несколько полезных компонентов, добыча и первичная обработка которых является задачей горно-обогатительного предприятия. При этом полезные компоненты, как правило, неодинаково реагируют на технологические воздействия при их добыче и обогащении, по-разному они влияют и на окружающую среду, если входят в состав выбросов производства. Поэтому каждый полезный компонент необходимо считать главным технологическим ресурсом, и рациональность его использования для получения конечного продукта горно-обогатительного производства (в данном случае концентраты) необходимо оценивать отдельно.

В свою очередь, главные материальные ресурсы делятся на две подгруппы: активные и инертные. В основу такого деления положена задача выделения группы материалов, требующих определенных методов обработки или очистки для повторного их использования в технологическом процессе, утилизации отходов и решения вопросов охраны окружающей среды.

Главные активные технологические материальные ресурсы охватывают материалы, которые, перемещаясь по технологической цепи производства, вступают в химическое взаимо-

действие с другими материалами (материальными ресурсами), в результате окончательный продукт производства приобретает определенный вещественный состав и ряд новых качественных свойств. Так, например, при производстве стали в результате химического взаимодействия между активными технологическими материалами (руда, кокс, кислород и др.) окончательный продукт приобретает заданный вещественный состав и определенные физико-механические свойства.

Главные инертные технологические материальные ресурсы охватывают материалы, которые на всех этапах технологического процесса не вступают в химическое взаимодействие с другими ресурсами производства, а в окончательный продукт входят как механические примеси. Так, например, при получении песка в технологическом процессе участвуют специально добытые горные породы, которые в процессе производства подвергаются механическому дроблению и рассеву. В результате получается механическая смесь с определенными вещественным составом и физико-механическими свойствами.

К вспомогательным технологическим материальным ресурсам относятся материалы, которые не входят в состав полезного продукта производства, а роль их определяется тем, что они обеспечивают выполнение технологического процесса в заданных режимах, придают определенное качество промежуточным и окончательным продуктам производства, способствуют созданию определенных санитарных норм на рабочих местах или обеспечивают охрану окружающей среды.

Так, например, при обогащении руд методом флотации вода и флотореагенты обеспечивают выполнение технологического процесса, но сами в состав окончательного продукта (концентрата) не входят.

Вспомогательные материальные ресурсы могут вводиться в технологический процесс и выводиться из него на разных стадиях. Это в определенной степени затрудняет учет этих ресурсов и оценку эффективности их использования.

Вспомогательные материальные ресурсы делятся на активные, инертные и изолированные.

Вспомогательные активные материальные ресурсы, участвуя в технологическом процессе, вступают в химическое взаимодействие с другими материальными ресурсами (материалами), образуя новые химические соединения, и могут переходить в другое агрегатное состояние. При этом активные вспомогательные ресурсы могут перемещаться по технологической линии вместе с главными ресурсами, но в конце технологической цепи или на определенных ее участках выводятся в виде выбросов или отходов производства. Во всех случаях вспомогательные ресурсы не входят в состав основного продукта производства. Если вспомогательные ресурсы присутст-

вуют в основном продукте, то они считаются вредными или бесполезными примесями, от которых часто приходится избавляться, чтобы обеспечить заданное качество окончательного продукта. Таким образом, основным отличительным признаком активных вспомогательных ресурсов является то, что они могут переходить в другое агрегатное состояние. Часто именно эти вновь образовавшиеся продукты являются вредными отходами производства (выбросами) и требуют больших затрат для хранения, утилизации или захоронения.

Вспомогательные инертные материальные ресурсы, обеспечивая выполнение технологического процесса, не вступают в химическое взаимодействие с другими материалами и не изменяют своего химического состава. При этом инертные вспомогательные ресурсы могут подвергаться загрязнению газообразными, жидкими и твердыми веществами и при определенных условиях могут переходить в другое агрегатное состояние. Для решения вопросов о повторном использовании инертных вспомогательных ресурсов достаточно очистить их от механических примесей или перевести в первоначальное агрегатное состояние. Например, при производстве песка и щебня из гранита для промывки применяется вода, которая является инертным вспомогательным ресурсом и может использоваться повторно после осветления ее в специальных отстойниках.

Если при использовании инертных вспомогательных ресурсов они выводятся в водный или воздушный бассейн, то это часто приводит к нежелательным экологическим изменениям в окружающем районе. Наличие примесей усиливает вредное влияние выбросов на окружающую среду и требует дополнительных затрат на очистные сооружения. Так, например, воздух, который использовался для вентиляции горных выработок в шахте, может содержать ряд газов и пыль, которые отравляют атмосферу вокруг вентиляционного ствола и на определенном участке губят живые организмы.

Вспомогательные изолированные материальные ресурсы обеспечивают определенный режим технологического процесса, но при этом не вступают в контакт с другими материальными ресурсами, участвующими в технологическом процессе. Отличительной особенностью этих ресурсов является то, что после использования они не содержат в себе новых примесей и при своем движении не изменяют материальный баланс технологического звена и производства в целом. Изолированные материальные ресурсы могут изменять свое агрегатное состояние. Например, вода, которая применяется для охлаждения производственных аппаратов и двигается по специальной системе охлаждения, может переходить в парообразное состояние и отводить тепло в нужном направлении.

Изолированные материальные ресурсы, как правило, не тре-

буют очистки, когда решаются задачи их повторного использования, и не загрязняют окружающую среду вредными примесями, если они сами не являются загрязнителями. Исключения составляют нагретые воды или воздух, если тепловое загрязнение вызывает нежелательные экологические изменения.

К сопутствующим материальным ресурсам относятся материалы, которые вовлекаются в технологический процесс вынужденно и в дальнейшем выводятся из него в виде отходов и выбросов производства. Часто эти отходы и выбросы загрязняют окружающую среду и требуют специальных очистных сооружений, а для хранения — сооружения отвалов и значительных затрат на их захоронение. Сопутствующие материальные ресурсы, как правило, имеют определенную ценность и при создании новых или совершенствовании существующих технологий могут переходить в разряд главных материальных ресурсов, на основе которых возможен выпуск новой продукции. В связи с этим сохранение сопутствующих материальных ресурсов — важная народнохозяйственная задача. Ее решение позволяет вовлечь в сферу материального производства большой объем накопленных отходов и улучшить состояние окружающей среды. Например, при добыче калийных удобрений на поверхности образуются большие отвалы полутно добытой соли. Они засоляют грунтовые воды и почвы, что приводит к значительным экологическим изменениям на больших территориях. В свою очередь соль является ценным сырьем, освоение которого дает определенный экономический эффект.

Сопутствующие материальные ресурсы также делятся на активные и инертные. К активным относятся сопутствующие ресурсы, которые активно участвуют в технологическом процессе, взаимодействуя с главными и вспомогательными и изменяя свои химические и физико-механические свойства. Активные сопутствующие ресурсы частично могут переходить в состав основного продукта производства, являясь нежелательной или безразличной примесью и снижая его качество. Как правило, эти материалы, участвуя в технологическом процессе, требуют дополнительных расходов энергии, вспомогательных и других видов ресурсов, затрудняют и увеличивают трудоемкость выполнения ряда технологических операций и часто являются причиной экологических нарушений в окружающей среде.

Инертные сопутствующие ресурсы отличаются тем, что, находясь в непосредственном контакте с другими участниками технологического процесса, они не вступают с ними в химическое взаимодействие и не изменяют своих химических свойств. Однако они также требуют дополнительных затрат вспомогательных, энергетических и других видов ресурсов. В основном продукте сопутствующие инертные материальные ресурсы мо-

гут присутствовать в виде механических примесей и, как правило, снижать его качество.

Блок-схема использования материальных ресурсов в процессе горнодобывающего производства приведена на рис. 4.3. Аналогичные блок-схемы могут быть составлены по любому объекту промышленного звена. Баланс ресурсов предусматривает определение их расходов в единицу времени и на единицу выпускаемой продукции. По каждому ресурсу определяют его объем в составе готовой продукции, а также потери с выбросами и отходами производства. Дефицит балансов характеризует неучтенные потери материальных ресурсов.

Анализ материального баланса позволяет получить данные для оценки воздействия производства на природную среду и эффективности использования ресурса.

Использование природных ресурсов в технологических процессах производства характеризуется следующими показателями:

интенсивностью использования (I);

степенью использования (H);

эффективностью использования (\mathcal{E}).

Показатели интенсивности использования природных ресурсов характеризуют величину их поступления в технологический процесс в единицу времени (m^3/c , $г/c$, $т/год$) или выхода их из технологического процесса.

Показатели степени использования природных ресурсов определяются в относительных единицах и характеризуют количество ресурса, оказавшегося в составе продукции, от общего его количества, поступившего в процесс.

Показатели эффективности использования природных ресурсов определяются путем сравнительной оценки интенсивности и степени использования с нормативными значениями или лучшими достижениями в отрасли, отечественной и зарубежной практике.

Отдельные материальные ресурсы могут быть повторно или неоднократно использованы в технологических процессах про-

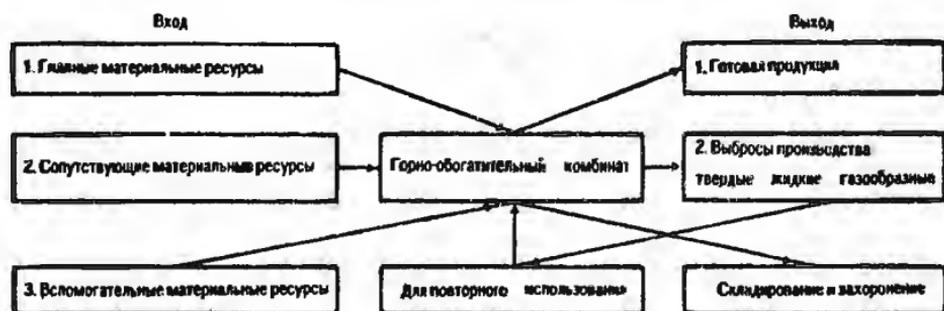


Рис. 4.3. Блок-схема материального баланса горнодобывающего производства

изводства. В результате для этих ресурсов производство становится замкнутой системой без выхода в природную среду.

Выделившиеся из технологических процессов производства в виде отходов и выбросов материальные ресурсы поступают в природную среду, где в зависимости от их вида, качественных и количественных характеристик либо включаются в природные циклы круговоротов веществ, либо накапливаются в природных компонентах, вызывая нетрадиционные для экологических систем потоки веществ.

В процессе взаимодействия производства с окружающей природной средой кроме обмена веществом, определяемого материальным балансом природно-технологического процесса, происходит и обмен энергией. Современное производство невозможно без применения энергетических ресурсов, что обуславливает необходимость контроля за рациональным их использованием. Кроме того, необходимо знать, какие энергетические ресурсы, в каких видах и количествах при выполнении технологических процессов выделяются в окружающую среду.

На предприятиях по добыче и переработке полезных ископаемых применяются разнообразные виды энергии, полученные непосредственно на месте их использования или переданные по соответствующим магистралям от «источника» энергии. Многообразие видов и форм используемых энергетических ресурсов производством, а также существенное их отличие от природных видов энергии определяет особенности потоков энергии в ППС.

Переходя в природную среду, неиспользованная доля энергетических ресурсов включается в трансформацию энергий в природных процессах. В зависимости от вида энергии, выделенной производством, она может быть включена в природный поток энергий и эффективно использоваться природными компонентами и элементами или становиться недоступной для применения, вызывая в некоторых случаях нежелательные изменения в окружающей природной среде.

Таким образом, выделение в процессе взаимодействия в природную среду веществ и энергий может вызывать в природных компонентах качественные и количественные экологические изменения.

Под влиянием горного производства на природную среду понимается процесс обмена веществом, энергией или информацией с природными компонентами, в результате которого в окружающей среде происходят количественные изменения, не превышающие предельно допустимых значений. Оценка этих изменений производится путем сравнения количественных и качественных показателей состояния природных компонентов с фоновыми значениями, определенными для данного компонента с учетом природных факторов.

В данном контексте под фоновой нужно понимать концентрацию вещества в элементах литосферы, гидросферы, атмосферы, в фито-, зоо- и микробоценозах, расположенных и функционирующих вне зоны влияния данного конкретного производства.

С учетом способности природных компонентов к рассеиванию и разбавлению, накоплению или трансформации вещества создают в природной среде места с различными концентрациями. Поэтому внутри зоны влияния концентрации веществ часто превышают фоновые концентрации, что обусловлено деятельностью производства. Другими словами, природная среда испытывает интенсивное влияние производства. Такую форму функционирования принято называть воздействием.

Под воздействием производства на природную среду понимается процесс обмена веществом, энергией или информацией с природными компонентами, в результате которого в них происходят качественные и количественные изменения (нарушения или загрязнения) компонентов природной среды, превышающие предельно допустимые нормативы. В результате природный компонент для поддержания определенного качества требует проведения соответствующих природоохранных мероприятий.

Воздействие технологических процессов на природную среду целесообразно характеризовать показателями, которые позволяют сравнивать различные производства, проводить экологическую экспертизу технических решений, определять необходимую степень экологической эффективности проводимых мероприятий. Такими показателями являются:

интенсивность воздействия (I);

степень воздействия (N);

опасность воздействия (j).

Показатели интенсивности воздействия технологических процессов на природную среду характеризуют величину нарушения или загрязнения окружающей среды в единицу времени (I_3) г/с, кг/ч, т/год; (I_n) м²/с, га/год, ед/год. По этим показателям нормируются выбросы предприятия в воздушный или водный бассейн, площади нарушения и рекультивации земель и другие природоохранные показатели.

Показатели степени воздействия технологических процессов на природную среду характеризуют относительную величину поступления загрязняющих веществ в природную среду (N_3) от общего объема выделившихся веществ в виде выброса или сброса, а также нарушенность компонента (N_n) от общей его площади или количества. Степень воздействия определяется в процентах и используется при планировании показателей

эффективности работы очистных и пылегазоулавливающих сооружений, площади обработанных земель и т. д.

Показатели опасности воздействия на природную среду характеризуют в относительных единицах соотношение между реальной (фактической) интенсивностью воздействия и нормативной. Такими нормативами при загрязнении в настоящее время являются предельно допустимые выбросы в атмосферу (ПДВ) и предельно допустимые сбросы в гидросферу (ПДС). В дальнейшем такие нормативы — предельно допустимые нагрузки (ПДН) на природные компоненты будут разработаны и для других видов воздействия. Опасность воздействия определяется по соотношению

$$j_a = \frac{I_a}{ПДВ} \geq 1; \quad j_r = \frac{I_r}{ПДС} \geq 1; \quad j_n = \frac{I_n}{ПДН} \geq 1;$$

при $j \geq 1$ опасность воздействия существует; при $j < 1$ технологический процесс не воздействует на природную среду.

4.4. ИСТОЧНИКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Источниками воздействия на природные компоненты являются технологические процессы любого производства, в которых осуществляется обмен веществом, энергией и информацией с природной средой.

Выявление источника воздействия на природную среду, определение показателей, которые их характеризуют, — один из наиболее важных этапов инженерно-экологических исследований, от правильного решения которого зависит успех планируемых мероприятий. При этом целесообразно на первой стадии исследований выделить технологические процессы по их воздействию на природные компоненты: литосферу, гидросферу, атмосферу, фито-, зоо- и микробоценоз и классифицировать эти источники по типам нарушения и загрязнения этих компонентов.

К технологическим процессам, являющимся источниками геомеханических нарушений, относятся:

устройство промплощадок под буровые и другие геолого-разведочные работы;

строительство дорог, коммуникаций промышленного и коммунального назначения, зданий и сооружений предприятий;

проходка вскрывающих и подготовительных горных выработок,

добыча полезных ископаемых подземным и открытым способами;

складирование на землях пород и отходов производства;

засыпка естественных углублений рельефа (балок, оврагов, русел ручьев и т. д.);

строительство опор, акведуков и других устройств для прокладки хвостопроводов и водоводов больших диаметров;
рытье котлованов аварийного сброса хвостов при остановках пульпонасосов (вблизи насосных станций);
оврагообразование при сбросе сточных вод из хвостохранилищ.

Для выявления активного источника нарушения необходимо весь технологический процесс рассматривать как состоящий из отдельных операций. Например, технология добычи руды подземным способом включает следующие операции: ее отбойку и погрузку, транспорт, крепление очистного забоя и управление горным давлением и др. Задача состоит в том, чтобы в каждом технологическом процессе найти операцию, которая приводит к данной форме нарушений.

Основными качественными характеристиками источников геомеханических нарушений на горнодобывающих предприятиях являются подвижность или стационарность; прерывность, периодичность или постоянность; расположение относительно земной поверхности (наземный или подземный); способ образования выемок или насыпей (буровзрывной, механический, гидравлический и т. д.), направление перемещения (ЮЮЗ — юго-юго-запад; ССВ; ЮВВ и т. д.) и др. Качественные характеристики источников нарушений помогают создать общую ситуационную картину на промплощадке, в пределах земельного и горного отвода. Наряду с количественными, они являются важными компонентами оценки деятельности предприятия.

Основные количественные характеристики источников геомеханических нарушений следующие:

скорость продвижения фронта работ (суточная, месячная, годовая);

длина или площадь фронта работ;

глубина работ от поверхности;

мощность выносимых пород, толщина нарушаемого слоя почвы;

высота насыпки пород;

мощность обрушающихся при подземных горных работах пород, высота сводов обрушения, параметры зон сдвижения пород над очистными и подготовительными выработками;

объемы извлекаемых полезных ископаемых, пород, сопутствующих компонентов (суточные, годовые и др.);

объемы, площади и скорости движения сточных вод по рельефу.

Очевидно, что каждому источнику геомеханических нарушений присущи качественные и количественные характеристики особые, а не все, перечисленные выше. Количественные характеристики источников геомеханических нарушений позволяют показать динамику развития нарушений, помогают прогнозировать

вать их последствия и дают возможность наметить пути по снижению или исключению вредного влияния производства на окружающую среду.

Источниками гидродинамических (гидрологических и гидрогеологических) нарушений являются технологические процессы, связанные со строительством и эксплуатацией промышленных предприятий. Большинство гидрологических нарушений связано с предварительной подготовкой поверхности месторождения к его эксплуатации:

перенос русел водотоков, протекающих по поверхности над площадью залегания полезных ископаемых;

предварительное осушение поверхностных водоемов путем перекачивания воды из них в понижения рельефа вне горного отвода;

осушение площади земельного (горного) отвода путем откачивания воды из водоносного горизонта.

Гидрогеологические нарушения связаны непосредственно с процессом добычи и переработки полезных ископаемых:

повышение или понижение уровня подземных вод при разработке водоносных горизонтов;

истощение водоносных горизонтов над площадью отработки месторождения и за ее пределами путем поступления подземных вод в горные выработки с последующей откачкой в водоемы и водотоки;

заводнение подземных горизонтов при закачке в них вод из поверхностных объектов (захоронение отходов, разупрочнение пород).

Основными качественными характеристиками источников гидрогеологических нарушений являются: подвижность или стационарность; периодичность или постоянство действия; расположение (поверхностное или подземное) и т. д. Количественные параметры характеризуют объемы притоков или оттоков, площади затопления или осушения, интенсивность изменения уровня подземных вод, их напора и другие характеристики, необходимые для оценки интенсивности и степени воздействия.

К источникам аэродинамических нарушений на промышленных предприятиях относятся:

технологические процессы по строительству сооружений, объектов и установок, изменяющих скорость, направление и характер движения воздушных потоков над данной территорией;

создание отвалов горных пород, часто имеющих большую высоту и протяженность;

строительство надшахтных зданий («копров») большой высоты;

создание больших полостей, углублений в рельефе;

вентиляция промышленных и бытовых объектов;

процессы образования и затопления хвостохранилищ;

испарения с больших поверхностей хвостохранилищ и отстойных прудов, а также в результате тепло- и газовой выделения отдельных технологических агрегатов и металлургического предприятия в целом;

строительство высотных труб и вытяжек.

Отличительными качественными характеристиками источников этого типа нарушений является их расположение — взаимное и относительно «господствующего» направления ветра. Количественные параметры — геометрические размеры, неровность поверхности, температура и влажность воздуха будут служить основой для расчета скорости движения воздушных потоков и параметров рассеивания вредных веществ в атмосфере.

К источникам биоморфологических нарушений относятся:

прокладка новых транспортных и коммунальных коммуникаций (трубопроводов, линий электропередач и др.);

расчистка площадок под строительство;

снятие и складирование плодородного слоя почв;

вырубка лесов для производства строительных материалов и конструкций.

Иногда технологические процессы не направлены непосредственно на нарушение элементов природной среды (например, транспортирование грузов по тундре, бездорожью и т. д.). Такие нарушения носят косвенный характер, однако учет и выявление их источников необходимы для создания полной картины воздействия производства на природную среду.

К источникам загрязненной литосферы, т. е. загрязненной земель, почв, недр относятся:

складирование сыпучих и растворимых материалов непосредственно на почвах;

сброс сточных вод на земли (поля орошения), а не в водотоки и водоемы;

профилактическое заливание при тушении подземных пожаров;

складирование мусора, твердых отходов, металлолома и т. д.;

захоронение отходов производства в недрах;

пыление хвостохранилищ, породотвалов и др.

Непосредственные источники загрязнения литосферы, как правило, характеризуются локальностью воздействия, однако в дальнейшем ареал их распространения может увеличиваться путем движения загрязняющих веществ в почвах, недрах с помощью поверхностных и подземных вод. Большое внимание необходимо уделить загрязнению земель путем переноса загрязняющих веществ (например, пыли) через атмосферу с последующим осаждением на землю. Данный вид загрязнения

носит более масштабный характер и наносит большой ущерб сельскому хозяйству.

К источникам загрязнений гидросферы, т. е. загрязнений подземных и поверхностных вод на промышленных предприятиях, относятся:

промышленные водоотливы обогатительных фабрик и металлургических заводов:

водоотлив из шахты природных минерализованных и технических отработанных вод;

сброс сточных вод бытового, коммунального и промышленного хозяйства предприятий:

смыв атмосферными осадками загрязняющих веществ с промплощадок;

выпадение загрязненных осадков и пыли из атмосферы;

захоронение отходов в водоносные горизонты.

Наиболее мощным источником загрязнения водного бассейна на горноперерабатывающих предприятиях являются промышленные стоки и шахтный водоотлив. При этом из шахты на поверхность выдается воды в три и более раз больше, чем потребляется под землей. Основные потребители воды в шахтах и рудниках — пылеподавляющие установки (орошение на комбайнах, промывка скважин при бурении, водяные завесы у погрузочных пунктов и т. д.). Однако часто эти объемы воды ничтожны по сравнению с поступающими в горные выработки объемами подземных и поверхностных вод. Стекая самотеком по почве горных выработок, естественные и технические воды перемешиваются, образуя шахтные. Появление загрязняющих веществ в шахтных водах происходит при технологическом процессе, в котором вода принимает участие как вспомогательный ресурс или при ее движении по массиву горных пород и горным выработкам.

К источникам загрязнения воздушного бассейна — атмосферного воздуха на промышленных предприятиях относятся:

сжигание топлива в топках котлов промышленных и коммунальных котельных;

дробление и смешивание полезных компонентов при их переработке;

сушка промпродуктов на обогатительных и брикетных фабриках;

плавление металлов;

аспирационные системы шахт, обогатительных фабрик и металлургических заводов, зданий поверхностного комплекса;

растворение и разложение реагентов;

горение и пыление породных отвалов;

погрузочные и транспортные работы;

взрывные работы;

выделение газов из массива горных пород

Основными веществами, загрязняющими атмосферу в зоне действия горно-металлургических предприятий, являются: пыль, зола, сажа, сернистый ангидрид, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды, оксиды тяжелых и легких металлов, цементная и известковая пыль и т. д.

Качественные признаки, позволяющие отличать различные виды загрязнения атмосферы:

агрегатное состояние выбрасываемого вещества (твердое, жидкое, газообразное, смешанное)

токсичность выбрасываемых веществ.

способность веществ, выбрасываемых в атмосферу, к повышению токсичности при вступлении их в фотохимические реакции.

Основные количественные показатели:

количество выбрасываемого вещества в атмосферу;

концентрация вредных примесей;

скорость движения выбрасываемых веществ в месте выброса;

температура выбрасываемых веществ;

размеры выбрасываемых частиц;

давление газовых потоков в трубах и на выходе;

влажность газовых потоков.

Наличие этих количественных показателей даст возможность сделать расчет распространения веществ в атмосфере, определить концентрации веществ в приземном слое, оптимальную высоту выброса, дать прогноз состояния атмосферы в зависимости от ее параметров.

К источникам биологических загрязнений окружающей среды необходимо в первую очередь отнести транспортные операции по перевозке полезных ископаемых, промышленных отходов и т. д. Именно здесь возможно привнесение на территорию растений и организмов, ранее здесь не имевшихся, в результате чего могут возникнуть различные виды изменений в растительном и животном мире (болезни, эпидемии и т. д.).

Изучение технологических процессов как источников нарушения и загрязнения природной среды позволяет в дальнейшем решать следующие задачи:

комплексно обследовать любое предприятие и выявить все виды его воздействия на природную среду;

объективно оценить степень воздействия данного предприятия и его технологических процессов на природную среду;

определить эффективность и рациональность использования природных ресурсов.

Инвентаризация источников нарушения и загрязнения природной среды должна вестись одновременно с обследованием

предприятий по определению эффективности использования природных ресурсов путем заочлиения соответствующих форм по качественным и количественным параметрам. Материалы инвентаризации служат основой для прогноза состояния природной среды и планирования природоохранных материалов.

Выделяемые в технологических процессах вещества поступают в природную среду через специальные устройства (трубы, вентиляционные каналы, аэрационные фонари и т. д.), которые являются источниками выброса (при поступлении веществ в атмосферу) или сброса (при поступлении веществ в гидросферу и литосферу). Инвентаризация источников выброса и сброса заключается в паспортизации их параметров (высоты, диаметра и т. д.), а также параметров выбрасываемых веществ (объемов, температуры, концентрации и т. д.).

Параметры источников нарушения и загрязнения природной среды, выделения, а также выброса (сброса) загрязняющих веществ — основа при оценке воздействия предприятий на природную среду. Используя аналитические и статистические зависимости, математическое или имитационное моделирование, можно определить показатели интенсивности, степени воздействия, а значит и опасность или ее отсутствие при воздействии. Поэтому при инженерно-экологической экспертизе проектных решений начинают с изучения источников нарушения и загрязнения природной среды, а затем переходят к изучению самих изменений.

4.5. ФОРМЫ НАРУШЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Форма нарушения или загрязнения — это оконтуренная границей (в виде контура или ареала) структурная единица ППС, возникающая в результате воздействия горного производства в каком-либо природном компоненте. При большом разнообразии форм нарушения и загрязнения природной среды их целесообразно объединять в группы и типы. Формы нарушения и загрязнения, наиболее характерные для горнодобывающих предприятий, представлены в табл. 4.1.

Формы нарушений, объединенные в группу деформации, представляют собой изменения, происходящие в почвенном слое, подстилающих породах и в массиве горных пород в результате различных процессов, связанных с выемкой полезных ископаемых. Так, уплотнение и разрыхление наиболее характерны для процессов транспортирования грузов автомобильным или гусеничным (тракторы, вездеходы) транспортом, при длительном складировании тяжелых грузов, при мелких ремонтных работах подземных коммуникаций. Контур этих изменений может уходить за пределы ППС ввиду его большой протяженности и ограничивается после построения границы

Основные формы и характеристики изменения природной среды в зоне влияния горного производства

Вид	Тип	Группа	Форма	Показатель	Условное обозначение
1	2	3	4	5	6
Нарушения	Геомеханические	Деформации массива пород и земной поверхности	1.1. Изменение напряженного состояния, появление зон повышенных (удароопасных) и пониженных напряжений	Глубина, м Ширина (длина), м Объем, м ³ Коэффициент повышения (понижения) напряжений	H_n B_n V_n K_n
			1.2. Развитие зон трещиноватости или уплотнения массива вмещающих пород в зоне ведения горных работ	Глубина, м Ширина (длина), м Объем, м ³ Коэффициент трещиноватости (уплотнения)	H_T a_T B_T K_T
			1.3. Уплотнение поверхностного слоя	Глубина, м Ширина, м Площадь, м ² (га) Коэффициент уплотнения	$H_{уп}$ $n_{уп}$ $S_{уп}$ $K_{уп}$
			1.4. Разрыхление поверхностного слоя	Глубина, м Ширина, м Площадь, м ² (га) Коэффициент разрыхления	H_p n_p S_p K_p
			1.5. Прогиб поверхности без разрывов сплошности	Глубина, м Ширина (длина), м Площадь, м ² (га) Углы наклона, градус Глубина уровня грунтовых вод, м	$H_{пр}$ $n_{пр}$ $S_{пр}$ $\alpha_{пг}$ $U_{г.в}$
			1.6. Прогиб поверхности с разрывами и появлением трещин	Глубина развития разрывов трещины, м Раскрытие, м Длина, м Ширина зоны, м Площадь зоны прогиба, м ² (га)	$H_{гп}$ $\delta_{гп}$ $l_{гп}$ $n_{гп}$ $S_{гп}$

Инд	Тип	Группа	Форма	Показатель	Условное обозначение
1	2	3	4	5	6
Нарушения	Геомеханические	Провалы	1.7. Конусообразные провалы	Глубина, м Диаметр, м Угол откоса, градус Площадь, м ² (га)	H D α $S_{\text{кон}}$
			1.8. Кашпообразные провалы	Глубина min, м max, м Ширина (длина), м Углы откоса, градус Площадь, м ² (га)	$H_{\text{кан}}$ $H_{\text{кан}}$ $n_{\text{кан}}$ α $S_{\text{кан}}$
			1.9. Котловинные провалы	Глубина, м Ширина (длина), м Углы откоса, градус Площадь, м ² (га)	$H_{\text{кот}}$ $n_{\text{кот}}$ α $S_{\text{кот}}$
			1.10. Терассированные провалы и зоны обрушения	Высота (глубина), м Углы откоса, градус Ширина (длина), м Площадь, м ² (га)	$H_{\text{тер}}$ α $n_{\text{тер}}$ $S_{\text{тер}}$
		Выемки	2.1. Карьерные выемки	Глубина, м Ширина (длина), м Углы откоса, градус Площадь, м ² (га) Объем, м ³	$H_{\text{кар}}$ $n_{\text{кар}}$ α $S_{\text{кар}}$ $V_{\text{кар}}$
			2.2. Котлованные выемки	Глубина, м Ширина (длина), м Площадь, м ² (га) Объем, м ³	$H_{\text{котл}}$ $n_{\text{котл}}$ $S_{\text{котл}}$ $V_{\text{котл}}$
			2.3. Траншейные выемки	Глубина, м Угол откоса, градус Ширина (длина), м Площадь, м ² (га)	$H_{\text{тр}}$ α $n_{\text{тр}}$ $S_{\text{тр}}$
			2.4. Резервы (придорожные)	Глубина, м Ширина (длина), м Площадь, м ² (га)	$H_{\text{тр}}$ $n_{\text{тр}}$ —

Вид	Тип	Группа	Форма	Показатель	Условное обозначение
1	2	3	4	5	5
Нарушения	Геомеханические	Насыпи	3.1. Отвальные	Высота, м Ширина (длина), м Углы откоса, градус Площадь основания, m^2 (га) Площадь поверхности, m^2 (га) Объем, m^3	$H_{отв}$ $n_{отв}$ α $S_{осн}$ $S_{осп}$ $S_{отв}$
			3.2. Гидротехнические	Высота, м Ширина дамбы, м Ширина (длина) лотжа, м Площадь, m^2 (га) Объем, m^3	H_d H_d H_d $S_{хв}$ $V_{хв}$
			3.3. Кавальеры дорожные	Ширина дороги, м Ширина кавальера, м Высота, м Площадь, m^2 (га)	n_d n_k H_d S_d
		Застройка	4.1. Отдельные здания и сооружения	Площадь, m^2 (га) Высота, м Длина, м	$S_{з}$ $H_{з}$ $l_{з}$
			4.2. Промплощадки	Ширина, м	$n_{п}$
			4.3. Транспортные, энергетические и другие коммуникации		
	4.4. Жилой массив			—	
	Гидродинамические	Гидрологические (поверхностные)	5.1. Зарегулирование водохранилища канала	Площадь, m^2 (га) Длина, м Скорость, м/с Длина береговой линии, км Глубина, м Объем, тыс. m^3	$S_{вод}$ l_k ω_k $l_{бер}$ $H_{вод}$ $V_{вод}$
			5.2. Затопление рельефа водоема водотока	Площадь затопления, m^2 (га) Подъем уровня воды, м Объем, тыс. m^3	$S_{затопл}$ $\Delta h_{уров}$ $V_{затопл}$

Вид	Тип	Группа	Форма	Показатель	Условное обозначение
1	2	3	4	5	6
Нарушения	Гидродинамические	Гидрологические (поверхностные)	5.3. Истощение: водотоков водоемов	Расход воды в водотоке, м ³ /с Забор воды, м ³ /с Объем водоема, тыс. м ³	$Q_{водот}$ $Q_{забор}$ $V_{вод}$
		Гидрогеологические (подземные)	6.1. Подтопление (выход грунтовых вод на поверхность—затопление)	Глубина, м Ширина (длина), м Площадь, м ² (га) Изменение уровня грунтовых вод, м	$H_{з}$ $n_{з}, n_{п}$ $S_{з}, S_{п}$ $\Delta h_{уров}$
			6.2. Образование депрессионной воронки (осушение)	Изменение уровня грунтовых вод, м Радиус (диаметр) воронки депрессии, м Площадь, м ² (га)	$\Delta h_{уров}$ $R_{деп}$ $S_{осуш}$
			6.3. Заводнение	Расход, м ³ /с Объем, тыс. м ³ Радиус (диаметр) распространения, м (км) Площадь, м ² (км ²)	$Q_{зав}$ $V_{зав}$ $R_{зав}$ $S_{зав}$
			6.4. Подпор	Изменение уровня грунтовых вод, м Ширина затопления, м Площадь, м ²	$\Delta h_{уров}$ $n_{под}$ $S_{под}$
	Аэродинамические	Приземные	7.1. Разрежение (зона аэродинамической тени)	Высота препятствия, м Ширина препятствия, м Высота зоны, м Ширина зоны, м Изменение скорости потока, м/с	h h h_0 x_0 Δv
			7.2. Возмущение (изменение направления и скорости движения воздушных потоков в приземном слое)	Высота препятствия, м Угол отклонения направления, градус Длина (ширина) зоны возмущения, м	h α L_z
			7.3. Температурные инверсии	Площадь «острова тепла», м ² (га) Высота, м Повышение температуры, °С	$S_{тепл}$ h_i ΔT

Вид	Тип	Группа	Форма	Показатель	Условное обозначение
1	2	3	4	5	6
Нарушения	Бюморфологические	Фитоценологические	8.1. Повреждение (угнетение доминант, уменьшение продуктивности и ареала распространения)	Площадь, м ² (га) Ширина (длина), м Число видов, шт Объем, м ³ Снижение продуктивности, г/м ²	$S_{повр}$ $P_{повр}$ $N_{повр}$ $V_{повр}$ P
			8.2. Уничтожение (полная замена доминанты в фитоценозе)	Площадь, м ² (га) Ширина (длина), м Число видов, шт Объем, м ³	$S_{ун}$ $P_{ун}$ $N_{ун}$ $V_{ун}$
		Зооценологические	9.1. Распугивание 9.2. Уничтожение	Количество животных Ареал мсг обитания, м ² (га)	N S
			9.3. Интродукция (изменение видового состава зооценоза)	Снижение (увеличение) продуктивности, ц/га/год Видовой состав	ΔP —
		Макробоценологические	10.1. Угнетение 10.2. Уничтожение 10.3. Интродукция (изменение видового состава микробоценоза)	Количество микроорганизмов на 1 м ³ Ареал обитания, м ² (га) Видовой состав микроорганизмов Масса, г/м ²	— S — M
			Литосферные	Поверхности	1.1. Засорение земной поверхности твердыми, нерастворимыми веществами 1.2. Запыление токсодисперсными пылеватыми веществами 1.3. Замазучивание, загрязнение нефтепродуктами
2.1. Закисление (растворимыми соединениями) рН < 6,5 2.2. Раскисление рН > 8,5 2.3. Минерализация тяжелых металлов (мышьяка, ртути, радиоактивных веществ и т. д.)	Глубина, м Площадь, м ² (га) Интенсивность распространения, м/год Концентрации веществ в почвах, мг/кг	$H_{ф}$ $S_{ф}$ $I_{ф}$ C_i			
Загрязнения	Литосферные	Поверхности			

Вид	Тип	Группа	Форма	Показатель	Условное обозначение
1	2	3	4	5	6
Загрязнения	Литосферные	Массива горных пород	3.1. Заиление (глинистыми частицами и другими матерналами) 3.2. Загрязнение растворами металлов, органических и других соединений	Площадь, м ² (га) Мощность слоя, м Концентрации веществ в породах, мг/кг	S ^о _{под} m ^о _{под} C _i
	Гидросферные	Садробные (органические)	4.1. Евтрофия 4.2. Гипертрофия	Растворенный кислород, ‰, мг/л Прозрачность воды по диску Секки, м БПК ₅ , мгО ₂ /л БПК ₂₀ , мгО ₂ /л Перманганатная окисляемость по Кубелю, мгО ₂ /л Аммоний солевой, мг/л Нитраты, мг/л Нитриты, мг/л Фосфаты, мг/л Сероводород, мг/л Площадь, м ² (га) Объем, м ³ Численность микроорганизмов, экз/м ² Продуктивность водоема, т/га/год	
		Голобные	5.1. Засоление (полиголюбные, бетамезоголюбные, альфамезоголюбные); соленость 1—15 г/кг 5.2. Засоление (полиголюбные, гиперголюбные); соленость 15—30 г/кг и более	Соленость, г/кг Катионы, мг/л: кальций натрий калий магний Анионы, мг/л: хлориды сульфаты Площадь, м ² (га) Продуктивность, т/га/год	S ^о _{под} П ^о _{год}

Вид	Тип	Группа	Форма	Показатель	Условные обозначения
1	2	3	4	5	6
Загрязнения	Гидросферные	Загрязнения растворимыми химическими веществами, жидкими и газообразными веществами	6.1. Закисление: нормальные 6,5—8,5; кисловатые 6,4—5,0; кислые <5,0; подщелочные 8,6—9,5; щелочные >9,5	pH Площадь, м ² (га) Объем, м ³ Продуктивность, т/га/год	S ^{зак} V ^{зак} П ^{зак}
			6.2. Минерализация: очень мягкие < 1,5 мягкие 1,51—3,0 умеренно жесткие 3,01—6,0 жесткие 6,01—9,0 очень жесткие >9,0	Жесткость, мг-экв/л Площадь, м ² (га) Объем, м ³ Продуктивность, т/га/год	S ^{жест} V ^{жест} П ^{жест}
			6.3. Замутнение (взвешенными веществами)	Концентрация, мг/л Площадь, м ² (га) Объем, м ³ Продуктивность, т/га/год	C _т S ^{зам} V ^{зам} П ^{зам}
			6.4. Загазованность (расгорение газов SO ₂ , CO ₂ и др.)	Концентрация, см ³ /л Площадь, м ² (га)	C _г S ^{заг}
Атмосферные	Газообразными и паровыми веществами	7.1. Загазованность (сернистый ангидрид, оксид углерода, оксиды азота, соединения фтора, сероуглерод, хлор)	Концентрация в приземном слое атмосферы, мг/м ³ Расстояние от источника загрязнения, м Площадь загрязненной территории, м ²	C _г X _г S ^{заг}	
		7.2. Заражение кислотами, цианидами, ртутью, углеводородами, фенолами, органическими соединениями	Вид территории	—	
	Жидкими	8.1. Супергонким туманом (0,5×10 ⁶ мкм) 8.2. Тонкодисперсным 8.3. Грубодисперсным 8.4. Брызгами (10·10 ⁶ мкм)	Размеры частиц, мкм Концентрация, мг/м ³ Расстояние, м Площадь, м ² (га) Вид территории	d _г C _г X _г S _г —	

Вид	Тип	Группа	Форма	Показатель	Условное обозначение
1	2	3	4	5	6
Загрязнения	Атмосферные	Твердые	9.1. Запыление: пыль органическая и неорганическая $(1-10) \times 10^{-6}$ мкм сажа $(10-50) \cdot 10^{-6}$ мкм смолистые вещества $50 \cdot 10^{-6}$ мкм	Концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$ Площадь загрязненной территории, м^2 (га) Вид территории Расстояние от источника загрязнения, м	C_i $S_{\text{атм}}$ — X_i
			9.2. Зараженные канцерогенными веществами (свинец, соединения свинца и др.) до 10^{-6} мкм		
			9.3. Задымление	см. пункт 9.1	—
Биоценозные	Фитоценоза	10.1. Самозаращение 10.2. Некроз	Количество видов, шт/ м^2 Ареал распространения, $\text{м}^2/\text{га}$ Интенсивность распространения, м	N, Φ $S_3 \Phi$ $I_3 \Phi$	
		Зоо- и микробоценозов	11.1. Увеличение численности определенного вида животных и микроорганизмов	Количество видов, шт/ м^2 Ареал распространения, $\text{м}^2/\text{га}$ Интенсивность распространения, м	N_3^3 S_3^3 I_3^3

ППС. Изменения напряженного состояния массива пород и прогиб могут возникнуть при добыче любых полезных ископаемых подземным способом и при заборе воды из подземных горизонтов. Величина прогиба ($H_{\text{пр}}$) — от нескольких миллиметров до нескольких метров. Контур прогибов в натуре определить бывает трудно, поэтому необходимо использовать методику построения зон сдвижения в массиве горных пород.

Трещины также характерны в основном для добычи полезных ископаемых подземным способом, но могут возникнуть и при сползании бортов карьера, у других выемок.

Контур трещин может быть выявлен для каждой формы отдельно, когда их размеры велики, или следует оконтуривать всю зону развития трещиноватости.

Формы нарушений, объединенные в группу провалы, полностью соответствуют специфике отработки месторождений полезных ископаемых подземным способом. Однако провалы возникают и при наличии карстовых пород и их осушении. Форма провалов зависит от параметров горных работ, горно-геологических условий и рельефа. Кольцевые провалы образуются при отработке рудных месторождений системами разработки с обрушением. Контур в этом случае четкий и легко фиксируется на аэрофотоснимке и в натуре. Каньонообразные провалы характерны для отработки угольных крутых мощных пластов щитовыми способами, сляями с обрушением; при этом контур такого провала вытянут по простиранию пласта. При отработке сближенных мощных пластов может образоваться система из нескольких (по количеству пластов) каньонообразных провалов. В этом случае оконтуривается сразу вся система по крайним формам. Котловинные провалы характерны для отработки мощных рудных и пластовых месторождений с обрушением или с целиками, разрушающимися через промежуток времени. Отличительная особенность таких провалов — обнажение почвенного слоя, а иногда и материнских пород по контуру. Террасированные провалы образуются при отработке месторождений под склонами гор и сопкок системами разработки с обрушением. Также сопровождаются обнажением почв и материнских пород по контуру.

Формы нарушения, объединенные в группу выемки, связаны с работами по добыче полезных ископаемых и строительством зданий, сооружений, коммуникаций. Карьерные выемки могут быть разнообразных форм и с различными параметрами в зависимости от условий залегания добываемого полезного ископаемого. Котловинные и траншейные выемки часто имеют место непродолжительное время, необходимое для закладки фундамента или прокладки трубопровода, но в некоторых случаях (вскрывающая или транспортная траншея карьера, при прокладывании дорог) они могут существовать долго. Резервные выемки вдоль дорог имеют незначительные параметры, но большое распространение. Придонные выемки образуются при добыче полезных ископаемых по руслам рек, прокладке трубопроводов через водные преграды, добыче твердых полезных ископаемых на шельфе. Контур этих выемок может быть определен по проектам проведения работ с привязкой на местности.

Формы нарушений, составляющие группу насыпи, сопутствуют добыче и переработке полезных ископаемых, дорожному строительству и образуются при складировании промпродуктов, исходного сырья, отходов. Отвальные насыпи образуются при складировании пород, извлеченных из массива при проходке горных выработок на шахтах и рудниках, вскрышных

работах на карьерах и разрезах. В зависимости от технологической схемы горных и отвальных работ отвальные насыпи могут быть самыми разнообразными, разных форм. Особая специфика ведения работ требует выделения в отдельную форму гидротехнических насыпей (гидроотвалов, хвостохранилищ), контур которых в некоторых случаях определяется по зеркалу воды. И, наконец, дорожные и кавальерные насыпи характерны для всех ППС и так же, как «уплотненные» и «разрыхления», оконтуриваются по длине границами ППС.

Формы нарушений, объединенные в группу застройки, можно отнести к наиболее стабильным структурным единицам ППС. Занимая соответствующее место в системе здания и сооружения, коммуникации могут иметь отдельные контуры, а могут входить в промплощадки и жилой массив и тогда включаются в контур указанных форм без выделения (если в том нет необходимости для дальнейших исследований). Учитывая постоянство расположения этих форм в системе, целесообразно использовать их на картоснове для привязки при любых структурных построениях ППС.

Перечисленные выше формы геомеханических нарушений являются наиболее часто встречающимися в ППС, образовавшихся в зоне действия горнодобывающих и перерабатывающих минеральное сырье предприятий. Они — результат в основном прямого воздействия процессов производства и зависят от их параметров, т. е. существует корреляционная зависимость между показателями технологических процессов и приведенными в табл. 4.1. Это позволяет по выявленным формам нарушения найти «источник» их возникновения, т. е. перейти к анализу функционирования системы для разработки прогноза изменений, оценки последствий, выбора мероприятий и т. д. В перечисленные формы не включены изменения, которые возникают в ППС как последствия первичных нарушений в результате взаимодействия с природными процессами (эрозия) или независимо от процессов производства (оползни, обвалы).

Гидродинамические нарушения связаны с изменением размещения, режима и динамики поверхностных, грунтовых и подземных вод. Группа поверхностных гидрологических нарушений связана с морфологическими изменениями водоемов и водотоков (см. табл. 4.1). Так, зарегулирование проявляется в структуре ППС как водохранилища или каналы. Изменения в естественной динамике и расположении водотоков и водоемов связаны с необходимостью осушения поверхности над месторождением или наоборот, с созданием водохранилищ для водоснабжения. Контур нарушений в этих случаях четко выражен. При переносе и зарегулировании водотоков часто в ППС входит «старое» русло или «ложе» водосма.

Затопление характерно для тех случаев, когда производство имеет избыток воды, которая не может быть использована сразу в водообороте. В этом случае воды могут быть сброшены на земли, в водотоки или в водоемы. В каждом таком случае происходит затопление дополнительных площадей земель, т. е. изменяется контур «зеркала» воды. При наличии мощных водозаборов на водотоках и водоемах может происходить обратный процесс и возникать истощение как форма нарушения, которая может быть показана контуром «зеркала» воды.

Формы гидрогеологических нарушений, объединенные в группу подземные, являются наиболее специфичными формами нарушений в ППС. Специфика состоит в том, что для их характеристики необходимо выявить не только территориальное (площадное), но и вертикальное (слоевое) распределение. Наиболее характерными формами нарушений, связанных с грунтовыми и подземными водами и оказывающих влияние на функционирование ППС, являются затопление (подтопление) и осушение. Затопление поверхности грунтовыми водами связано с геомеханическими нарушениями (прогиб) и определяется их уровнем на подработанной территории. Контур затопления имеет ярко выраженную сезонную динамику, что требует выработки определенного подхода к его выделению и анализу. Часть прогиба не покрывается «зеркалом» затопления, но на этом участке уровень грунтовых вод оказывается ближе к поверхности, чем раньше. Такая форма является подтоплением, контур которого определяется контурами затопления и прогиба. Затопление и подтопление территории может происходить и в результате возведения препятствий на пути движения грунтовых вод (при строительстве зданий, сооружений, коммуникаций). С целью выделения этих особенностей подобные нарушения предлагается выделить в форму подпор.

Осушение значительных территорий происходит в результате дренажа грунтовых и подземных вод горными выработками и скважинами. Контур нарушения определяется параметрами воронки депрессии, которая в момент составления структуры фиксируется по границе восстановления нормального уровня грунтовых вод. Контур депрессионной воронки — очень важная морфологическая структурная единица, так как, имея значительные размеры, часто определяет одну из границ ППС. Заводнение как форма гидрогеологических нарушений специфична и возникает при захоронении жидких отходов производства, специальных способах отработки месторождений (выщелачивание, растворение), предварительной обработке массива горных пород. Необходимость ее оконтуривания вызвана тем, что поступившие в массив горных пород воды и содержащиеся

в них вещества могут взаимодействовать с природными водами, вновь оказавшись на поверхности.

Выявление и фиксация контуров форм гидрогеологических нарушений, а также неизменных естественных водотоков и водоемов, грунтовых вод, «верховодки» позволяют представить существующую в ППС морфологическую структуру компонента «гидросфера».

Аэродинамические нарушения в ППС могут возникать в результате возведения высоких зданий, сооружений, отвалов, глубоких выемок. Вместе с естественными возмущениями, которые определяются орографией территории, в ППС должны быть выявлены разрежения и возмущения, связанные с размещением элементов нооценоза. Аэродинамические ветровые тени оконтуриваются границей их возникновения и могут быть определены по параметрам (высоте, глубине, длине и ширине) препятствия, которое их вызывает. Контур возмущения по направлению также определяется расчетом или путем натурных измерений. Особую форму атмосферных нарушений представляют температурные инверсии, возникающие в результате поступления в атмосферу больших потоков тепловой энергии, выделяемой нооценозом. Эти формы оконтуриваются по разнице температур в приземных слоях атмосферы над объектами нооценоза и в естественных условиях над природными компонентами ППС.

Выявление и фиксация контуров форм аэродинамических нарушений совместно с климатическими факторами (скорость и направление ветра, динамика осадков, влажности) позволяют представить существующую в ППС морфологическую структуру компонента «атмосфера». Выявление ее необходимо для определения функциональных параметров, связанных с рассеиванием загрязняющих веществ.

Биоморфологические нарушения в ППС могут возникать в результате строительства и эксплуатации элементов нооценоза на территории ППС, а также одновременно с геомеханическими или гидрогеологическими нарушениями, вызванными добычей полезных ископаемых.

Повреждение и уничтожение растительности (группа фитоценологических нарушений) — наиболее часто возникающая форма этого типа нарушений, контур которой может быть легко выявлен. Труднее оконтурить формы зооценологических нарушений: распугивание, уничтожение, интродукция. Трудность состоит в том, что в естественных условиях популяции животных занимают определенный ареал распространения по территории. Поэтому фиксацию нарушений этого типа необходимо вести по изменению контура естественного ареала. Аналогично можно выявить и зафиксировать микробоценологические нарушения, однако необходимо

учитывать их слоевое распределение в растительности, подстилке, почвах.

Выявление и фиксация контуров форм биоморфологических нарушений одновременно с выделением естественных (неизменных) природных компонентов (фитоценозов, зооценозов и микробоценозов) позволяют определить морфологическую структуру биогеоценозов. Последующее изучение функционирования ППС с учетом биоморфологических изменений позволяет оценить устойчивость измененных экологических систем, их продуктивность и другие параметры.

Выделившиеся из технологических процессов вещества в форме жидких, твердых и газообразных выбросов, а также различные виды энергии, попадая в природные компоненты, рассеиваются, накапливаются или мигрируют в них и образуют особый вид изменения качественных характеристик природных компонентов — загрязнение. Формы этого вида изменений могут быть оконтурены условной линией — границей ареала по количественным показателям концентрации загрязняющих веществ. Необходимо отметить, что формы загрязнений очень подвижны, изменчивы в пространстве и во времени, жестко связаны с технологическими процессами и значительно зависят от природных условий, способности природных компонентов к самоочищению. Поэтому фиксация этих форм и включение их в морфологическую структуру ППС — сложный методический и практический процесс. Однако без выявления форм загрязнения природных компонентов нельзя анализировать и исследовать их функционирование.

Одним из возможных методических решений является выделение форм загрязнения по аналогии с формами нарушения природных компонентов. В соответствии с названием компонентов, в которых зафиксировано наличие загрязняющих веществ, можно выделить загрязнения: литосферы, гидросферы, атмосферы и биоценоотические (загрязнения компонентов биоценозов). Конкретные формы загрязнения, которые могут быть выявлены и зафиксированы ареалом, приведены в табл. 4.1. Эта классификация изменений природных компонентов содержит показатели, которые характеризуют конкретную форму как морфологическую единицу ППС и могут быть отражены на специальной карте-схеме морфологической структуры.

Загрязнения литосферы могут быть объединены в группы загрязнение поверхности, почв и массива пород по принципу их «слоевого» расположения в природной среде. Первые две группы иногда объединяются понятием «загрязнения почв и земель», а третья — «загрязнение недр».

Все формы загрязнения природных компонентов должны в первую очередь отражать специфику их образования, что является основой любой морфологической структуры. Образова-

ние этих форм определяется в основном видом веществ, поступающих в природные компоненты, их физическим состоянием и химическими свойствами.

Засорение как форма поверхностного загрязнения возникает при процессах строительства, транспорта, складирования различных материалов, упаковок, твердых отходов. То есть речь идет о скоплении на поверхности земли различных нерастворимых веществ в виде мусора, металлолома, отдельных кусков горных пород (разбросанных взрывом). К этой форме загрязнения может быть отнесено и скопление на поверхности пыли, но при исследовании целесообразно выделить запыление как особую, специфическую для горнодобывающего производства форму загрязнения. Кроме того, запыление поверхности происходит, как правило, через атмосферу при осаждении тонкодисперсных, пылеватых частиц и может возникать на больших расстояниях от места их выделения. Этим засорение и запыление и отличаются друг от друга, имея одинаковое право на выделение в процессе исследований.

Замазучивание поверхности происходит при разливах нефти, мазута, горюче-смазочных материалов в процессе их транспортирования или использования. Эти формы обладают специфичным видом, характером распространения и накладывают свои условия на функционирование ППС.

Ареал распространения поверхностных форм загрязнения может быть выявлен визуально, в процессе обследования. Граница ареала в этом случае остается постоянной до каких-то функциональных изменений (например, проведение еще одного массового взрыва) и только замазучивание территории может распространиться до ликвидации источника (например, ликвидация аварии на нефтепроводе).

Загрязнение почв связано с характеристикой водной вытяжки из почвы и определением ареала загрязнения (закисление при $pH < 6,5$; раскисление при $pH > 6,5$).

В особую форму загрязнения — **з а р а ж е н и е** — целесообразно выделить случаи загрязнения тяжелыми металлами, радиоактивными и другими высокотоксичными веществами (ртуть, мышьяк, ванадий). Такое выделение подчеркивает особенности функционирования ППС при этих формах изменения.

Ареал распространения загрязнения почв может быть определен путем отбора проб с их последующим анализом и сравнением их результатов с концентрацией фонового (кларковского) содержания данного вещества. Особенностью этих форм загрязнения является постоянная их динамика как в пространстве и времени (перемещение границ ареала), так и по содержанию веществ. Поэтому при выявлении морфологической структуры необходимо четко фиксировать и временной интервал.

Загрязнение гидросферы может быть разделено на две группы: сапробные (органические) и химические. Первая группа отличается тем, что состояние водотоков оценивается по содержанию в воде мельчайших микроорганизмов и других веществ (трофо-сапробные показатели), приведенными в табл. 4.1. Евтрофия, или гипертрофия различается классом сапробности, который может быть определен: отношением общего количества микроорганизмов (млн. кл/мл) к количеству сапрофитов (тыс. кл/мл) или значения BPK_5 (mgO_2/l) к перманганатной окисляемости (mgO/l). Указанные формы, выделенные в водотоках и водоемах, огибаются границей ареала их распространения на основе отбора и анализа проб воды.

Аналогично определяются ареалы распространения в водотоках и водоемах других форм загрязнения гидросферы: закисления, раскисления, минерализация солями тяжелых металлов. Различны только показатели, по которым они выделяются (см. табл. 4.1).

Загрязнения атмосферы разделяются на группы по физическому состоянию загрязняющих веществ: газообразные и парообразные, жидкие и твердые. Формы загрязнения удобно выделять по качественным признакам, характеризующим загрязняющие вещества: запыление, загазование или заражение твердыми или газообразными веществами. Особые формы составляют жидкие загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу в форме тумана различной дисперсности частиц.

Характерной особенностью ареалов загрязнения гидросферы и атмосферы является их изменчивость в зависимости от параметров процесса, в результате которого вещества поступили в эти компоненты, и особенностей их естественного состояния. В водотоках и водоемах ареалы могут иметь формы, показанные на рис. 4.4. Береговой выпуск сточных вод приводит к определенной форме (в зависимости от содержащихся в них веществ) и особому ареалу загрязнения водотока (рис. 4.4, а). При той же форме загрязнения (например, засоленные воды) ареал при русловом выпуске преобразуется в другую конфигурацию. Загрязняющие вещества в водоеме распространяются по другим законам и поэтому ареалы форм загрязнения будут иные (рис. 4.4, б).

Конфигурация ареалов загрязнения атмосферы (рис. 4.5) зависит от параметров источников выброса загрязняющих веществ (точечный, линейный, площадной), метеорологических условий атмосферы и целого ряда других факторов. Ареал может иметь конфигурацию «факела» (рис. 4.5, а, б), «пылегазового облака» или «шлейфа» (рис. 4.5, в). В процессе длительного действия источника загрязнения ареал может менять свое направление в соответствии с направлением ветра, обра-

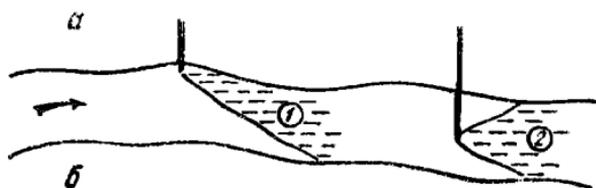


Рис. 4.4. Конфигурация ареалов гидросферного загрязнения:
1 — береговой выпуск;
2 — русловой выпуск

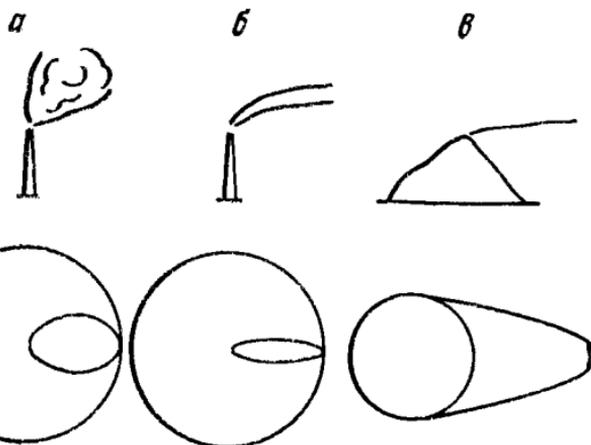
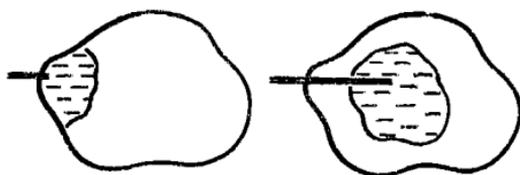


Рис. 4.5. Конфигурация ареалов атмосферного загрязнения

зую в конечном итоге зоны своего влияния и воздействия, конфигурация которых зависит от формы ареалов. Так, например, точечный источник выброса создаст вокруг себя зону в виде концентрической окружности с центром в устье источника (см. рис. 4.5, а). Возможны и другие конфигурации зон загрязнения природных компонентов.

Загрязнения биоценозов целесообразно разделить на две группы: фитоценозов и зоо- и микроценозов, что позволяет дифференцировать их в процессе обследования. Наиболее часто встречающимися формами загрязнения биоценозов являются самозаращение (фитоценозы) и увеличение численности отдельных видов организмов (в зоо- и микроценозах). В первом случае выявляются «пионерные» виды растительности на отвалах, бортах карьеров и других формах геомеханических нарушений, а также в контуре гидрогеологических нарушений. В этих местах возможно появление растений, распространение которых может представлять угрозу для сельскохозяйственных, лесохозяйственных и рыбохозяйственных угодий. Размножение микроорганизмов, видов животных на рассматриваемой территории связано с биоморфологическими

нарушениями, а также с выносом микроорганизмов в природную среду с жидкими и твердыми отходами производства. На подработанных подземными горными работами площадках лесных массивов появляются благоприятные условия для размножения вредителей (при гниении деревьев).

Некроз можно расценивать как последствие загрязнения воздушного бассейна, почв. Но при оценке функционирования системы в конкретный момент времени площадь поражения должна выделяться в фитоценозах соответствующими ареалами для правильного определения дальнейшего направления развития системы.

Рассмотренные выше формы загрязнения природных компонентов оказывают существенное влияние на функциональные параметры ППС. Поэтому территории ППК, оказавшиеся внутри ареалов распространения различных форм загрязнения природных компонентов, попадают в соответствующие зоны экологических изменений.

Контрольные вопросы

1. Что является объектом и предметом исследования в инженерной экологии?
2. Что такое биогеоценоз?
3. Что отличает влияние от воздействия?
4. Какие источники загрязнения земель могут быть при подземной разработке калийных солей?
5. Какие формы аэродинамических нарушений могут возникнуть на площадке шахты?
6. Что такое затопление и подтопление? Каков механизм возникновения этих форм?
7. Какие показатели характеризуют опасность загрязнения природных компонентов?
8. Что такое ПДК, ПДВ, ПДС, ПДН?
9. Как определить фоновую концентрацию вещества?

5. ОСНОВЫ ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА¹

5.1. ПРИНЦИПЫ И РАЗВИТИЕ ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СССР

В комплексе природоохранных мероприятий важное место занимают правовые меры охраны природы. Они заключаются в том, что государство в лице своих законодательных органов разрабатывает общеобязательные правовые нормы, в которых устанавливает:

¹ В написании раздела принимал участие Н. А. Михайлов.

круг объектов природы, подлежащих охране со стороны закона;

предупредительные, запретительные, восстановительные меры, ограждающие эти объекты от загрязнения, нарушения, использования, уничтожения и иных действий, причиняющих вред выделенным объектам,

ответственность за нарушение этих правовых норм со стороны природопользователя,

систему контроля за исполнением установленных правовых норм охраны природы.

Правовая охрана природы в СССР представляет собой закрепленную в законодательстве систему государственных мероприятий, обеспечивающих сохранение, улучшение или восстановление качества природной среды, организацию рационального использования природных ресурсов с учетом интересов настоящих и будущих поколений

В условиях возросшей социальной и политической активности, заинтересованности всех слоев населения в улучшении состояния природной среды, рациональном использовании и воспроизводстве природных богатств приняты принципиально важные решения по коренной перестройке дела охраны природы в стране

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 7 января 1988 г. «О коренной перестройке дела охраны природы в стране» указывалось, что борьба за экологическую безопасность на земле должна рассматриваться как одна из самых ответственных и благородных задач советских людей. В целях совершенствования системы управления охраной природы и регулирования использования природных ресурсов образован союзно-республиканский Государственный комитет СССР по охране природы (Госкомприрода СССР).

Госкомприрода СССР — организационная система управления природоохранной деятельностью в стране на всех уровнях управления. В его структуре образованы следующие управления: Главное управление экономики природопользования, Главное управление научно-технического прогресса и экологических нормативов, Главное управление государственной экологической экспертизы, Главное контрольно-инспекционное управление, Управление международных отношений в области охраны окружающей среды, Управление экологической пропаганды и др. Стратегию управления и функционирования механизма управления природоохранной деятельностью в стране определяют Главные управления экономики природопользования и научно-технического прогресса и экологических нормативов.

В качестве основных задач на Госкомприроду СССР возложено:

осуществление комплексного управления природоохранной деятельностью в стране, разработка и проведение единой научно-технической политики в охране природы и рациональном использовании природных ресурсов, координация деятельности министерств и ведомств в этой области;

государственный контроль за использованием и охраной земель, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, растительного (в том числе лесов) и животного мира (в том числе рыбных запасов), морской среды и природных ресурсов территориальных вод СССР, континентального шельфа и экономической зоны СССР, а также общераспространенных полезных ископаемых;

подготовка и представление в Госплан СССР предложений по вопросам охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов для включения их в проекты государственных планов СССР;

разработка предложений по совершенствованию экономического механизма природопользования, утверждения экономических нормативов, правил и стандартов по регулированию использования природных ресурсов и охране природной среды от загрязнения и других вредных воздействий,

осуществление государственной экологической экспертизы генеральных схем развития и размещения производительных сил страны и отраслей народного хозяйства, контроля за соблюдением экологических норм при разработке новой техники, технологии, материалов, веществ, а также проектов на строительство (реконструкцию) предприятий и иных объектов, оказывающих воздействие на состояние окружающей среды и природных ресурсов;

выдача в установленном порядке разрешений на захоронение (складирование) промышленных, бытовых и иных отходов, выбросы вредных веществ в окружающую среду, на специальное водопользование, на пользование животным миром и по треблению атмосферного воздуха для производственных нужд; предоставление недр в пользование для проведения геологоразведочных работ, утверждение расчетной лесосеки и контроль за отводом земель под все виды хозяйственной деятельности;

руководство заповедным делом и осуществление государственного контроля за ведением охотничьего хозяйства в стране, а также ведение государственного кадастра животного мира и Красной книги СССР;

организация распространения знаний о природе среди широких слоев населения, работы по воспитанию граждан и особенно молодежи в духе бережного отношения и любви к природе; планирование и осуществление сотрудничества по вопросам охраны природы с зарубежными странами и международными организациями

Госкомприроде СССР, государственным комитетам союзных республик по охране природы и их органам на местах предоставляются необходимые полномочия и, в частности, право налагать запреты на строительство, реконструкцию или расширение объектов промышленного и иного назначения; проведение работ по эксплуатации природных ресурсов, осуществляемых с нарушением природоохранного законодательства; приостанавливать работу промышленных и других предприятий, грубо нарушающих нормы и правила охраны окружающей среды; предъявлять иски предприятиям (объединениям) и организациям, а также гражданам о взыскании средств в возмещение ущерба, причиненного государству загрязнением окружающей среды и нерациональным использованием природных ресурсов.

Решения Госкомприроды СССР, принимаемые в пределах его компетенции, являются обязательными для исполнения всеми министерствами, ведомствами, объединениями, предприятиями и организациями.

В условиях работы предприятий на принципах полного хозрасчета и самофинансирования, широкой демократизации общественных отношений признано необходимым перейти от административных к преимущественно экономическим методам управления природоохранной деятельностью. Установлено, что до объединений, предприятий и организаций в составе долгосрочных экономических нормативов доводятся нормативы платы за природные ресурсы, а также за выбросы загрязняющих веществ в природную среду. Предусматривается, что экономические нормативы платы за природные ресурсы должны стимулировать рациональное и комплексное использование земли, воды, леса, полезных ископаемых и других ресурсов, а экономические нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ в природную среду — своевременное выполнение мероприятий по ликвидации (предотвращению) загрязнения с учетом особенностей природных комплексов.

За превышение допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в природную среду и аварийное загрязнение с объединений, предприятий и организаций взимается повышенная (в кратном размере по отношению к экономическому нормативу) плата, источником которой является хозрасчетный доход коллектива.

Взимаемые с объединений, предприятий и организаций средства за загрязнение окружающей среды, нерациональное использование природных ресурсов и другие нарушения природоохранного законодательства направляются исполкомами Советов народных депутатов на выполнение мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

Для непредвиденных расходов на охрану природы и оздо-

рование окружающей среды, восстановления потерь в природной среде и компенсацию причиненного вреда создаются союзный, республиканские и местные фонды охраны окружающей природной среды. Такие фонды образуются при государственных комитетах по охране природы Союза ССР, союзных и автономных республик, комитетах при охране природы областей, краев, районов, городов, автономных областей и округов за счет отчислений от платежей за пользование природными ресурсами и выбросы вредных веществ, от штрафов, взысканных в административном или уголовном порядке, добровольных пожертвований населения и других источников. Порядок образования и использования указанных фондов определяется положениями, утвержденными Кабинетом министров СССР, Правительствами союзных республик.

Запрещается расходование средств союзного, республиканского, местных фондов охраны окружающей среды на цели, не связанные с природоохранной деятельностью.

Для покрытия непредвиденных расходов по восстановлению потерь в природной среде, возмещения ущерба, причиненного здоровью и имуществу граждан, возникших в результате стихийных бедствий, крупных аварий и катастроф, образуются страховые фонды охраны окружающей среды. Указанные фонды создаются за счет ассигнований государства, отчислений предприятий, объединений, организаций, деятельность которых представляет особую опасность для окружающей природной среды и населения.

Порядок образования и расходования указанных фондов устанавливается Кабинетом министров СССР.

Общественные фонды охраны окружающей среды образуются за счет средств населения, взносов общественных организаций и других источников. Они создаются общественными экологическими организациями населения и расходуются на цели охраны окружающей среды.

Порядок образования и расходования указанных фондов определяется положением, утверждаемым общественной организацией.

5.2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАВА

ГОСУДАРСТВЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ НА ПРИРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Природа как объект охраны в настоящее время рассматривается как единый комплекс, состоящий из отдельных компонентов и элементов. Законодательство рассматривает ее в комплексе взаимодействующих экологических систем, во взаимосвязи ее составных частей, элементов и явлений.

При этом, осуществляя правовую защиту отдельных компо-

нентов и элементов природной среды с учетом их взаимосвязи, закон обеспечивает охрану природы в целом.

Дифференцированный подход к охране природы означает выделение в ней отдельных объектов охраны с учетом их экологического, а также экономического, культурно-просветительного значения для общества. К ним относятся природные объекты, природные ресурсы, природно-территориальные и территориальные комплексы.

1. Природными объектами, охраняемыми законом, являются составные части природной среды, представляющие законченный экологический комплекс, взаимосвязанный с окружающей естественной средой и выполняющий свойственные ему экологические функции. К ним относятся: земля, недра, воды, леса, атмосферный воздух. Все перечисленные компоненты природной среды, вместе с населяющим их животным миром, представляют собой естественную среду обитания человека, охватывающую все составные части биосферы: атмосферу, литосферу, гидросферу, фауну и флору.

Атмосферный воздух охраняется от загрязнения вредными для здоровья человека и окружающей среды веществами, а также звуком, вибрацией, влиянием магнитных полей, от истощения его кислородных запасов, разрушения структуры атмосферы, в особенности верхнего тонкого слоя озона, защищающего Землю от губительного воздействия солнечной радиации.

Земля как объект правовой охраны понимается в смысле земной поверхности и почвы. Почвы охраняются от истощения, потери ее плодородия, загрязнения вредными веществами, сточными водами, отходами производственно-хозяйственной деятельности.

Недра охраняются от истощения содержащихся в них запасов полезных ископаемых, нарушения и загрязнения массива горных пород в результате добычи и переработки полезных ископаемых, хранения и захоронения отходов производства и иных действий.

Воды как предмет охраны включают в себя континентальные (поверхностные и подземные воды), морские воды и океаны. Все водные объекты охраняются от загрязнения и истощения.

Леса и иная древесно-кустарниковая растительность охраняются от незаконных порубок, пожаров, иных действий, которые ведут к их уничтожению, истощению, загрязнению вредными веществами, отходами и выбросами производства.

Животный мир как объект правовой охраны включает в себя дикую наземную и водную фауну, наземных и водных животных, находящихся в состоянии естественной свободы.

2. Природные ресурсы в сфере взаимодействия об-

щества и природы представляются как любое природное вещество или явление природы, служащее для удовлетворения каких-либо потребностей людей.

Природный ресурс — понятие не экологическое, а экономическое. Оно выражает потребительское отношение общества к природе. Включение природного ресурса в систему правовой защиты природы объясняется тем, что природное вещество, получившее экономическое значение, продолжает существовать в неотделимом состоянии с природой, а всякое его изъятие отсюда вызывает изменения в экологических процессах природной среды.

3. Природным комплексом, подлежащим охране, считается участок природной среды (земельного, водного, лесного пространства, пространства недр), специально обособленный с целью заповедной охраны: сохранения участков с естественной средой и для защиты их от разрушительного влияния производственно-хозяйственной деятельности людей. Степень заповедования определяется законодательством. Для заповедников устанавливается полный запрет на все виды деятельности (кроме охраны, исследовательской работы и ограниченных экскурсий). Заказники имеют запрет на эксплуатацию одного или нескольких объектов природы (запрет охоты, рыбной ловли). Национальные природные парки, лесопарки, курорты сочетают в своем режиме хозяйственные запреты с разрешением использования среды для отдыха, лечения, экскурсий, туризма.

Природопользователям запрещается: самовольно менять или ухудшать состояние объектов природы, уничтожать, загрязнять, повреждать природные объекты, совершать действия, причиняющие ущерб природе и ее ресурсам. Природопользователи обязаны выполнять мероприятия по рациональному использованию ресурсов природы, проводить природоохранные и восстановительные работы, направленные на сохранение и улучшение окружающей их естественной природной среды.

5.3. КОНСТИТУЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ В СССР

Конституция СССР определяет основную цель природоохранительной деятельности государства и общества — обеспечение интересов настоящего и будущего поколений советских людей. В ней также получают свое отражение проверенные на практике формы природоохранительной деятельности государства и общественных организаций.

Конституционные положения в области охраны природы и рационального использования природных ресурсов включают основу для развития всего природоохранительного законодательства. Основные положения и принципы Конституции СССР

находят свое отражение и конкретизируются в соответствующих законах, решениях и постановлениях партии и правительства.

5.4. СИСТЕМА ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ АКТОВ ОБ ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

Существующая в настоящее время система законодательных актов в области охраны природы и рационального использования ее ресурсов включает в себя нормативно-правовые акты, подразделяемые в зависимости от их юридической силы:

законы;

подзаконные правительственные акты;

ведомственные акты;

решения местных Советов.

Законы, принятые Верховным Советом СССР, Верховными Советами союзных и автономных республик, обладают высшей юридической силой.

На основе законов органами государственного управления принимаются подзаконные нормативные акты. Виды этих актов образуют последующие звенья законодательной системы:

правительственные акты — постановления Кабинета министров СССР, постановления Правительства союзных и автономных республик;

ведомственные нормативные акты — приказы, инструкции, положения министерств, государственных комитетов, главных управлений и других ведомств;

решения местных советов по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

По кругу регулируемых объектов все акты подразделяются на комплексные и отраслевые, по сфере действия — на союзные, республиканские и местные нормативные акты.

К действующим союзным актам природоохранительного законодательства относятся Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о земле (1968 г.), недрах (1975 г.), водах (1970 г.), лесах (1977 г.), охране растительного и животного мира, о здравоохранении (1969 г.), указы Президиума Верховного Совета СССР, определяющие административную ответственность за нарушение природоохранительного законодательства, а также решаемые другие вопросы охраны природы.

Актами республиканского законодательства являются законы об охране природы в союзных республиках и кодексы союзных республик (земельные, водные, лесные, кодексы о недрах), законы о здравоохранении и т. д.

Советское природоохранительное законодательство включает в себя «Систему стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов». В систему стандартов входят:

экологические стандарты, устанавливающие предельно допустимые нормы содержания вредных веществ в атмосфере, водоемах и почве;

производственно-хозяйственные стандарты, определяющие предельно допустимые нормы выброса вредных веществ предприятиями и организациями во внешнюю среду, предельно допустимые нормы нагрузки хозяйственной или рекреационной деятельности на природную среду, санитарно-защитные и другие нормативы;

терминологические стандарты, унифицирующие терминологию в области охраны природы и рационального использования ее ресурсов.

Система нормативно-технических документов в области природопользования включает в себя экологические стандарты, правила, нормы, положения, указания, инструкции и другие документы следующих категорий:

международные в рамках Организации Объединенных Наций (ООН) или ее организаций. Это стандарты международной неправительственной организации по стандартизации (ИСО); стандарты, рекомендации, указания, инструктивные материалы Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и других организаций. Статус этих документов рекомендательный;

международные межправительственных организаций Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ), Европейского Экономического Сообщества (ЕЭС) и других организаций многостороннего или двустороннего сотрудничества. Это соглашения, договоры, стандарты и другие документы. Статус этих документов для подписавших их сторон обязательный;

международные правительственных организаций в рамках профессиональной специализации по направлениям деятельности типа Европейской организации Контроля Качества (ЕОКК), Международной Электротехнической Комиссии (МЭК) и др. Это положения, стандарты, указания, рекомендации и другие документы. Статус этих документов для подписавших их сторон в своей национальной практике рекомендательный;

национальные. Для СССР — это система государственных стандартов (ГОСТ); строительных норм и правил (СНиП), санитарных норм (СН) и других общесоюзных межведомственных нормативно-технических документов. Статус этих документов обязательный для всех министерств и ведомств, их организаций, а также групп и отдельных лиц, осуществляющих свою деятельность на территории страны;

отраслевые или ведомственные. Для СССР это отраслевые инструкции, указания, нормы и другие отраслевые

нормативно-технические документы. Статус этих документов обязательный для всех предприятий и организаций отрасли;

территориальные. Для СССР это система республиканских стандартов (РСТ), республиканских строительных норм (РСН), другие нормативно-технические документы, а также бассейновые, областные, районные, городские стандарты и иные нормативно-технические документы. Объективная реальность, особенно в области природопользования и природоохранной деятельности, предопределяет необходимость создания у нас наряду с республиканскими стандартами (РСТ) территориальных стандартов (ТСТ). Статус их обязательный для всех организаций и предприятий, а также групп или отдельных лиц, деятельность которых осуществляется в пределах данной территории, независимо от их государственной, ведомственной или иной подчиненности;

фирменные. Для СССР это стандарты предприятий или объединений, а также другие нормативно-технические документы организаций и предприятий. Статус этих документов обязательный для всех работающих на предприятии (фирме).

Стандарты содержат технические, экономические, организационные, санитарно-гигиенические правила. Юридическую силу они получают через закон, требующий от предприятий, организаций, учреждений и граждан соблюдения утвержденных стандартов и устанавливающий ответственность за их несоблюдение и невыполнение.

Стандартизация в области охраны природы создается с целью решения следующих задач.

1. Ограничение поступающих в окружающую природную среду промышленных, транспортных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод и пылегазовых выбросов с целью обеспечения содержания загрязняющих веществ в атмосфере, водоемах и почве в пределах допустимых концентраций.

2. Обеспечение рационального использования и охраны водотоков, внутренних водоемов, морей в национальных границах СССР, их водных и биологических ресурсов.

3. Охрана и рациональное использование земельных ресурсов, соблюдение оптимальных норм отвода земли для нужд строительства, промышленности и транспорта.

4. Рациональное и комплексное использование биологических ресурсов, минеральных ресурсов и охрана недр.

5. Сохранение и рациональное использование биологических ресурсов, сохранение растительности и животного мира, охрана природно-заповедных фондов.

Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов включает следующие комплексы стандартов (по ГОСТ 17.00.01—76):

0 — организационно-методический;

Система стандартов в области охраны природы (по группам)

Шифр группы	Наименование группы стандартов
0	Основные положения
1	Термины, определения, классификации
2	Показатели качества природных сред, параметры загрязнения выбросами и сбросами и показатели интенсивности использования природных ресурсов
3	Правила охраны природы и рационального использования природных ресурсов
4	Методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственных воздействий
5	Требования к средствам контроля и измерений состояния окружающей природной среды
6	Требования к устройствам, аппаратам и сооружениям по защите окружающей среды от загрязнений
7	Прочие стандарты

1 — в области охраны и рационального использования вод (гидросфера);

2 — в области защиты атмосферы (атмосфера);

3 — в области охраны и рационального использования почв (почвы);

4 — в области улучшения использования земель (земли);

5 — в области охраны флоры (флора);

6 — в области охраны фауны (фауна);

7 — в области охраны и преобразования ландшафтов (ландшафты);

8 — в области охраны и рационального использования недр (недра).

Типовая структура стандартов по группам представлена в табл. 5.1.

5.5. ОРГАНЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ И РАЦИОНАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Система органов государственного управления природопользованием и охраной природы состоит из органов общей и отраслевой компетенции.

Органы общей компетенции определяют общее направление природоохранительной деятельности: в масштабе страны — Верховный Совет СССР, Кабинет министров СССР, Госкомприрода СССР. В масштабе республик — Верховные Советы и Правительства союзных и автономных республик. В масштабах областей, краев, городов и районов — областные, краевые, городские, районные, сельские и поселковые Советы народных депутатов, их исполнительные комитеты и комитеты

по охране природы. В пределах своих полномочий эти органы издают соответствующие нормативные акты, а исполнительные организуют их выполнение и контроль за соблюдением законов об охране природы.

Верховный Совет СССР принимает законодательные акты по охране природы и рациональному использованию ее ресурсов, обладающие высшей силой закона. Кабинет министров СССР издает постановления и распоряжения, в которых излагаются конкретные меры по охране природы, осуществляемые министерствами и ведомствами в рамках своих отраслей; Госплан СССР разрабатывает планы по охране и использованию природных ресурсов и представляет их в Кабинет министров СССР. Государственный комитет по охране природы выполняет функции координации научных исследований, деятельности отраслевых органов, развития международных связей по защите окружающей природной среды и рациональному природопользованию.

Органы отраслевой компетенции — это министерства и ведомства СССР, союзных республик, их отделы, управления в областях, краях, городах и районах. Эти органы планируют и реализуют меры по охране природной среды и рациональному использованию ее ресурсов в ходе хозяйственной деятельности подчиненных им предприятий, учреждений, организаций.

Госкомприроды СССР и союзных республик обеспечивают работу службы наблюдений и контроля за уровнем загрязнения внешней природной среды (вод, воздуха, почвы). На них возложены задачи координации деятельности всех органов, связанных с использованием природных ресурсов, осуществления контроля за соблюдением правил охраны природы, организация заповедного дела, охрана редких достопримечательных объектов среды, учет природных ресурсов, прогноз возможных изменений природной среды.

Министерство здравоохранения СССР осуществляет государственный контроль за проведением мероприятий по оздоровлению окружающей среды и борьбе с загрязнениями воздуха и вод, используемых для питьевых, бытовых, лечебных и иных нужд населения.

Министерство внутренних дел СССР совместно с органами здравоохранения контролирует соблюдение санитарного режима населенных мест и оказывает содействие природоохранным органам в проведении мероприятий по предупреждению нарушений и в борьбе с нарушителями правил охраны природы.

В работе органов государства активное участие принимают общественные организации (общество охраны природы, общества охотников, рыболовов) и широкие слои общественности.

Контроль за деятельностью исполнительных распорядитель-

ных органов государственной власти и государственного управления осуществляют постоянная комиссия по охране природы Верховного Совета СССР, депутатские комиссии Верховных Советов союзных республик, областей, городских, районных, сельских и поселковых советов.

5.6. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В соответствии с требованием природоохранного законодательства при строительстве и эксплуатации горных предприятий должна обеспечиваться безопасность для жизни и здоровья населения, охрана атмосферного воздуха, земель, лесов, вод, животного мира и других объектов окружающей природной среды. Одновременно должна обеспечиваться сохранность зданий и сооружений на поверхности, а также сохранность заповедников, памятников природы, истории и культуры.

Предприятия обязаны осуществлять систематический контроль за состоянием природной среды и за ходом и эффективностью выполнения природоохранных мероприятий, предусмотренных проектом. На предприятиях должны действовать службы, обеспечивающие инструментальный контроль и прогноз состояния природной среды в зоне вредного воздействия на окружающую среду.

Если в процессе строительства или эксплуатации горного предприятия выявляется необходимость применения более эффективных мер охраны окружающей природной среды, требующих существенных изменений в организации природопользования, предприятие обязано обеспечить пересмотр первоначального проекта и добиться выполнения всех требований природоохранного законодательства.

Предприятия, ведущие горные и строительные и иные работы на выделенных для них землях, обязаны по завершению работ на этих землях за свой счет привести их в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном, рыбном хозяйстве или для использования в других областях народного хозяйства. Сроки передачи земель прежним (или новым) землепользователям устанавливаются проектом и согласованными с органами, предоставляющими земельные участки в пользование промышленным предприятиям.

При строительстве горных предприятий и выполнении любых работ, связанных с нарушением почвенного покрова, предприятия обязаны снимать и хранить плодородный почвенный слой и в дальнейшем использовать при рекультивации или для повышения плодородия соседних малопродуктивных земельных угодий. При необходимости должен осуществляться комплекс ме-

роприятий по предотвращению разрушения почв в результате водной и ветровой эрозий, засоления, заболачивания или других форм утраты плодородных земельных угодий. Отвалы вскрышных или пустых пород, а также склады временно неиспользованных минеральных ресурсов должны оформляться с учетом требований охраны окружающей природной среды.

Горные предприятия должны обеспечивать рациональное использование и охрану поверхностных и подземных вод, обеспечивая первоочередное удовлетворение нужд населения, охрану вод от загрязнения и истощения, а также предупреждая и устраняя вредное воздействие сточных и шахтных вод на природные объекты. Если вредному воздействию подвергаются водоемы рыбохозяйственного значения, то все применяемые природоохранные мероприятия должны согласовываться с органами рыбоохраны.

Во всех случаях горные предприятия обязаны вести систематический контроль за состоянием подземных и поверхностных вод в зоне влияния производственной деятельности и соблюдать установленные планы, технологические нормы и правила водопользования, установленные для данного конкретного района.

Сброс неочищенных сточных и шахтных вод в водные объекты запрещается. Условия сброса сточных и шахтных вод в водные объекты должны отвечать установленным требованиям Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами и Правил охраны прибрежных вод морей. Сброс сточных и шахтных вод в водные объекты, отнесенные к категории лечебных, а также в местах нереста, нагула и зимования рыб запрещается.

Учет водопотребления и водоотведения должен осуществляться в соответствии с Положением о государственном учете вод и их использовании.

Если при ведении горных работ вскрыты подземные водоносные горизонты, то предприятие обязано своевременно сообщить об этом органам по регулированию использования и охране вод и принять меры к охране вскрытого водоносного горизонта от нарушения и загрязнения. Буровые скважины, вскрывшие водоносные горизонты, должны оборудоваться регулирующими устройствами, а их ликвидация осуществляться в установленном порядке с применением специальных мероприятий.

Запрещается ввод в эксплуатацию предприятий и их объектов, не обеспеченных устройствами для очистки сточных и шахтных вод. Не разрешается ввод водозаборных сооружений без рыбозащитных устройств, буровых водозаборных скважин — без оборудования их водорегулирующими устройствами, а в необходимых случаях — зон санитарной охраны.

Не разрешается ввод в эксплуатацию водохранилищ, хвостохранилищ и гидроствалов до осуществления предусмотренных

проектом мероприятий по подготовке ложа, в том числе по оборудованию перечисленных гидротехнических сооружений противодиффузионными завесами и экранами, предотвращающих загрязнение подземных и поверхностных вод.

Производство горных работ при строительстве и эксплуатации горных предприятий, буровзрывные работы, размещение и эксплуатация отвалов пород, хранилищ отходов производства должны производиться с соблюдением правил по предотвращению или сокращению загрязнения атмосферного воздуха способами, согласованными с органами Госкомгидромета СССР. Размещение в населенных пунктах отвалов пород, хранилищ, являющихся источником загрязнения атмосферного воздуха пылью, вредными газами, дурнопахнущими веществами, а также сжигание отходов вне специальных установок на территории предприятия и населенных пунктов запрещаются. Предприятия обязаны обеспечить своевременный вывоз загрязняющих атмосферный воздух отходов на другие предприятия для использования или в места их хранения (захоронения).

Горные предприятия должны строго соблюдать установленные нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) в атмосферу, при этом в общее количество выбросов вредных веществ в атмосферу включаются выбросы от всех возможных источников загрязнения. Вредное воздействие на атмосферный воздух химических, физических и биологических факторов, для которых не установлены соответствующие нормативы, могут допускаться только в исключительных случаях по разрешениям, выданным на определенный срок органами Госкомприроды СССР. В течение этого срока должны быть установлены предельно допустимые нормы вредного воздействия на атмосферу данного фактора и проведены мероприятия по охране воздуха.

При превышении установленных нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу предприятие обязано немедленно сообщить об этом органам по контролю за охраной атмосферного воздуха и принять меры к ликвидации допущенных нарушений.

Предприятия, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, должны иметь сооружения, оснащенные оборудованием и аппаратурой для улавливания, подавления или очистки от загрязняющих веществ выбросов в атмосферу, а также обеспечить эффективную и бесперебойную их работу. Одновременно должен обеспечиваться систематический учет количества загрязняющих веществ и их состав.

Разработка месторождений полезных ископаемых допускается при условии соблюдения требований Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах и при наличии: геологического отчета с подсчетом запасов полезных ископаемых;

акта приемки-передачи разведанного месторождения для промышленного освоения;

утвержденного проекта на строительство нового или расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующего предприятия и разработку месторождения;

акта, удостоверяющего горный отвод;

государственного акта на право пользования землей (при отводе земельного участка в постоянное пользование), акта или другого документа, предусмотренного законодательством союзной республики (при отводе земельного участка во временное пользование);

разрешения на специальное водопользование в случае влияния разработки месторождений на состояние поверхностных и подземных вод.

Недра для добычи полезных ископаемых предоставляются в пользование на основании акта, удостоверяющего горный отвод. Горные отводы для разработки месторождений полезных ископаемых (кроме общераспространенных) предоставляются в установленном порядке органами Госпроматомнадзора СССР.

Границы горного отвода определяются контурами разведанного месторождения или его частей с учетом зон сдвижения горных пород или разностей бортов карьеров. Запрещается оставлять за пределами горного отвода участки месторождения, не пригодные для самостоятельной разработки. Разработка месторождений полезных ископаемых за пределами горного отвода запрещается.

Отвод земельного участка для строительства предприятия и разработки месторождения полезных ископаемых осуществляется после его оформления в порядке, установленном Основами земельного законодательства Союза ССР и союзных республик.

Пользование недрами может быть бессрочным или временным. Бессрочным (постоянным) признается пользование недрами без заранее установленного срока. В случаях временного пользования недра предоставляются на срок не свыше 10 лет. При необходимости срок временного пользования может быть продлен.

Сроки пользования недрами для разработки месторождения общераспространенных полезных ископаемых исчисляются со дня регистрации горного отвода в органах Госпроматомнадзора.

Пользователи недр обязаны обеспечивать:

полноту геологического изучения; рациональное, комплексное использование и охрану недр; безопасное для работников и населения ведение работ, связанных с использованием недр; охрану атмосферного воздуха, земель, лесов, вод и других объектов окружающей природной среды, а также зданий и сооружений от вредного влияния работ, связанных с использованием недр;

сохранность заповедников, памятников природы, истории и культуры от вредного влияния работ, связанных с использованием недр;

приведение земельных участков, нарушенных при пользовании недрами, в безопасное состояние, а также в состояние, пригодное для использования их в народном хозяйстве.

Право пользования недрами прекращается полностью или частично в случаях: отмены надобности в пользовании недрами; истечения установленного срока пользования недрами; возникновения необходимости изъятия участка недр для других государственных или общественных нужд; ликвидации предприятия, учреждения, организации, которым были предоставлены недра в пользование; возникновения явной угрозы здоровью населения.

Право пользования недрами может быть прекращено, если пользователь использует недра не в соответствии с той целью, для которой они предоставлены; не выполняет перечисленных выше обязанностей, а также не соблюдает требований охраны и рационального использования недр.

Площадка для строительства предприятия по добыче полезных ископаемых выбирается в соответствии с Основами законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах, земельным, водным и другими законодательствами СССР и союзных республик, а также в соответствии с требованиями Инструкции СНиП 1.02.01.85 Госстроя СССР.

Места расположения предприятий по добыче полезных ископаемых до начала проектных работ согласовываются с органами исполнительными и распорядительными соответствующих Советов народных депутатов, Госпроматомнадзора СССР и другими заинтересованными органами.

В проекте предприятия предусматриваются следующие вопросы охраны окружающей среды:

размещение наземных и подземных сооружений предприятия, способы вскрытия и системы разработки месторождения полезных ископаемых, применение средств механизации и автоматизации производственных процессов, обеспечивающих наиболее полное, комплексное и экономически целесообразное извлечение из недр и рациональное, эффективное использование балансовых запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых, а также сохранение в недрах или складирование забалансовых запасов для их последующего промышленного освоения;

подготовка добытых полезных ископаемых, обеспечивающая применение прогрессивных схем обогащения и эффективной переработки минерального сырья, рациональное, комплексное извлечение содержащихся в нем компонентов, имеющих промышленное значение;

рациональное использование вскрышных и вмещающих пород и отходов производства при разработке месторождения полезных ископаемых;

обезвреживание или захоронение в соответствии с действующим законодательством вредных отходов производства;

раздельное складирование и сохранение попутно добываемых, временно неиспользуемых полезных ископаемых, а также отходов производства, содержащих полезные ископаемые и компоненты; обоснование вместимости складов, порядка и технологии складирования, условий и сроков сохранения и вовлечения в использование полезных ископаемых и отходов производства;

мероприятия по предотвращению потерь сырья и его порчи;

технические средства по достоверному учету количества и качества добываемого минерального сырья;

меры, обеспечивающие безопасность работников предприятия и населения, охрану недр, атмосферного воздуха, земель, лесов, вод и других объектов окружающей природной среды, зданий, сооружений, заповедников, памятников природы, истории и культуры от вредного влияния работ, связанных с использованием недрами;

приведение земельных участков и водоемов, нарушенных при пользовании недрами, в безопасное состояние, а также в состояние, пригодное для использования их в народном хозяйстве в соответствии с действующим законодательством.

Меры по охране окружающей природной среды в проекте предприятия наряду с другими вопросами также должны предусматривать решения:

по снижению отчуждения земель под горные разработки;

по выбору технологий добычи и первичной переработки минерального сырья с наименьшими выбросами в окружающую природную среду;

по организации контроля за состоянием окружающей природной среды и прогнозированию ее изменения, связанного с использованием недрами.

В проектах предприятий по подземной добыче природных каменных строительных материалов, гипса, известняка, каменных и калийных солей должна рассматриваться целевая подготовка выработок с учетом обеспечения их долговременной сохранности для использования в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Основные данные по проектным решениям в части обеспечения рационального, комплексного использования разрабатываемого месторождения и добываемых полезных ископаемых, охраны недр и окружающей природной среды должны быть сведены в специальном разделе проекта «Охрана недр и окружающей природной среды».

5.7. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

Нарушение природоохранного законодательства возникает тогда, когда не соблюдаются, не используются, не применяются нормы права, содержащие правила охраны природной среды, и не осуществляются мероприятия по сохранению, улучшению природных объектов и оздоровлению окружающей среды.

Несоблюдение природоохранного законодательства означает нарушение, невыполнение тех запретов, которые установлены с целью охраны природы. Неисполнение состоит в нарушении, невыполнении тех обязанностей, которые возлагаются на природопользователей по охране и рациональному использованию природной среды. Неприменение свидетельствует о неиспользовании полномочий, предоставленных органами управления и контроля по реализации законов об охране природы, по осуществлению мер охраны природы, предусмотренных государственными планами.

Виды нарушений природоохранного законодательства указываются в законах об охране природы основных законодательств о земле, недрах, водах, лесном законодательстве и других отдельных нормативных актах. В общем виде нарушения подразделяются на следующие группы.

1. Бесхозяйственное использование земли, порча сельскохозяйственных и других земель, загрязнение их отходами производства и сточными водами, невыполнение обязательных мероприятий по улучшению земель, охране почв от ветровой, водной эрозии и других процессов, ухудшающих ее состояние; несвоевременный возврат земельных участков при временном занятии земель, невыполнении обязанностей по приведению их в состояние, пригодное для использования по назначению, и уничтожение почвенного покрова.

2. Невыполнение правил по геологическому изучению недр, их разработке, охране минеральных ресурсов, консервации неиспользованных минеральных ресурсов на поверхности, охране окружающей среды от вредного влияния работ, связанных с разработкой недр.

3. Бесхозяйственное использование вод, их загрязнение и засорение, невыполнение требований водоохранного режима, допущение истощения водных запасов.

4. Невыполнение правил лесопользования, незаконная порубка деревьев, нарушение правил пожарной безопасности в лесах, повреждение растущих деревьев и кустарников, загрязнение лесных площадей промышленными, сельскохозяйственными отходами, химикатами и сточными водами и другие действия, причиняющие ущерб лесному хозяйству.

5. Загрязнение атмосферного воздуха опасными для здоровья людей и внешней среды веществами.

6. Загрязнение среды обитания наземных и водных животных, нарушения правил охоты и рыболовства, уничтожение редких и исчезающих животных и птиц.

7. Уничтожение или повреждение памятников природы, нарушение режима заповедных и других охраняемых зон.

Основанием возложения ответственности в области охраны природы служит природоохранное правонарушение — противоправное поведение, нарушающее правила охраны природы.

Объективная сторона данного правонарушения состоит в противоправном поведении, выражающемся в нарушении законодательства, охраняющего природу. Оно совершается в форме активных действий (незаконные порубка деревьев, охота и т. д.) либо оценивается как бездействие (неисполнение предписаний закона по очистке сточных вод, других природоохранных мероприятий).

Природоохранное законодательство предусматривает две формы вины — умысел и неосторожность.

При умышленном нарушении законов об охране природы виновное лицо сознает, что следствием его поведения окажется причинение вреда окружающей природной среде и желает этого (прямой умысел) либо сознательно допускает наступление вредных результатов (косвенный умысел). Мотивы и цели виновного могут быть разными: корыстная заинтересованность — присвоение древесины для удовлетворения личных потребностей, выполнение производственного плана и получение премии за это (загрязнение водоемов и воздуха), хулиганские побуждения и т. д.

При нарушении законодательства по причине неосторожности причинение вреда природе проявляется в виде небрежного, халатного поведения. Например, несоблюдение правил пожарной безопасности в лесу, невыполнение требований эксплуатации энергоустановок, транспортных средств и других технических устройств, неиспользование мероприятий по борьбе с эрозией почв, по очистке водоемов, применению ядохимикатов, разработке недр и т. д.

Виды природоохранительной ответственности различаются по характеру применяемых санкций: материальная, гражданская, административная, уголовная, дисциплинарная.

Материальная ответственность регулируется специальными нормативными актами и выражается во взыскании ущерба, причиненного природной среде (народному хозяйству) на основе установленной таксы его исчисления.

Таксовый принцип применяется при возложении материальной ответственности за лесонарушение, незаконную охоту и рыбную ловлю. Таксы утверждаются постановлениями Кабинета

та министров СССР и Правительствами союзных республик по отдельным природным объектам.

Если размер суммы, подлежащей взысканию в возмещение ущерба, причиненного природным объектам, не регулируется специальным законодательством, применяется общая гражданская ответственность, предусмотренная ст. 88 Основ гражданского законодательства Союза ССР и союзных республик. При разрешении таких исков суды обязаны исходить из принципа полного возмещения вреда.

Возмещение ущерба, причиненного природе, не освобождает виновных лиц от привлечения в зависимости от характера нарушения к административной или уголовной ответственности.

Административная ответственность в области охраны природы регулируется указами Президиума Верховного Совета СССР и союзных республик. Она предусматривается в виде следующих мер наказания: предупреждение, штраф, возложение обязанности устранить причиненный вред, приостановление или полное запрещение производственно-хозяйственной деятельности, нарушающей правила охраны природы, причиняющей ущерб объектам природы; представление об отстранении от должности лиц, систематически нарушающих природоохранные законодательства, либо не принимающих мер к устранению таких нарушений.

Возложение административной ответственности производится по решению исполкомов Советов народных депутатов, их административных комиссий, отделов внутренних дел, специальных служб охраны природы в пределах прав, предоставленных им по закону.

Уголовная ответственность в области охраны природы регулируется уголовными кодексами союзных республик. УК РСФСР предусматривает двенадцать составов преступлений, связанных с нарушением природоохранного законодательства. Основная часть их рассматривается как хозяйственные преступления, часть как преступления против социалистической собственности и против общественной безопасности и здоровья населения. Это — умышленное или неосторожное уничтожение или повреждение лесных массивов путем поджога; производство лесосплава или взрывных работ с нарушением правил охраны рыбных запасов, правил разработки недр; умышленная порча посевов и повреждение ползащитных и иных насаждений, загрязнение водоемов, морской среды и воздуха и др.

Дисциплинарная ответственность в области охраны природы применяется в соответствии с действующим порядком при наличии в поведении виновного лица состава дисциплинарного проступка. Основанием служит неисполнение или ненадлежащее исполнение лицом своих трудовых обязанностей, результа-

том которого явились нарушение правил охраны природы, причинение ущерба объектам природы.

Контрольные вопросы

1. Какие права у контролирующих органов в области охраны природной среды?
2. Какова структура стандартов в области охраны природы?
3. Какие задачи у органов управления охраной и регулирования использованием природных ресурсов в СССР?
4. Какие основные требования по охране недр, атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, земель регламентированы законодательством при строительстве и эксплуатации горных предприятий?
5. Какие виды ответственности за нарушение природоохранного законодательства у руководителей предприятий?

6. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОХРАНЕ И РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И НЕДР

Недра — условно выделяемая верхняя часть земной коры, располагающаяся под поверхностью суши и дном Мирового океана и простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения современными техническими средствами. Обеспечение научно обоснованного рационального и комплексного использования и охрана недр регулируются Основами законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах и другими актами законодательства.

Законодательством предусмотрены различные формы разрешения на использование недр: для разработки месторождений полезных ископаемых — в виде горного отвода, для геологического изучения недр — в виде государственной регистрации геологоразведочных работ.

При добыче полезных ископаемых границы горного отвода определяются контурами разведанного месторождения или его частей с учетом зон сдвижения горных пород или разросов бортов карьеров. Основная задача горного предприятия при пользовании горным отводом — комплексное и эффективное использование минеральных ресурсов месторождения, охрана недр и других компонентов природной среды.

Опыт показывает, что следствием деятельности горных предприятий являются перемещение больших породных масс, изменение режимов поверхностных, грунтовых и подземных вод в пределах больших регионов, нарушение структуры и продук-

тивности почв, интенсификация эрозийной работы ветра и воды, активизация химических и геохимических процессов, а в ряде случаев и изменение микроклимата. Развитие горных работ в районах с суровыми климатическими условиями Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока, Казахстана и Средней Азии сопровождается, как правило, более тяжелыми экологическими нарушениями, чем в центральных районах страны, где климат более благоприятен, а природная среда более устойчива к различного рода воздействиям.

Особенностью горных работ является временный их характер: при истощении месторождения их производство прекращают. В связи с этим горные работы целесообразно вести так, чтобы формируемые при этом новые ландшафты, выемки, отвалы, инженерные поверхностные и подземные комплексы могли бы в последующем с максимальным эффектом использоваться для других народнохозяйственных целей. Это обеспечит снижение вредного воздействия горных работ на окружающую среду и уменьшит затраты на ее восстановление.

При разработке месторождений полезных ископаемых все минеральные ресурсы, добываемые из недр, подразделяются на три группы: главные, сопутствующие и попутно извлекаемые.

К главным (основным) относятся минеральные ресурсы, добыча которых — основная цель данного перерабатывающего предприятия.

К сопутствующим относятся минеральные ресурсы, входящие в состав добытого минерального сырья, отделение которых на стадии добычи технически невозможно или экономически нецелесообразно.

К попутно извлекаемым относятся минеральные ресурсы, извлечение которых из недр осуществляется вынужденно при выполнении определенных технологических операций. Попутно извлекаемые минеральные ресурсы, как правило, не смешиваются с главными. Они отдельно выдаются и складываются на поверхности, образуя отходы, и могут входить в состав организованных и неорганизованных выбросов производства. К этой группе минеральных ресурсов относятся, например, вскрышные породы.

Попутно извлекаемые минеральные ресурсы могут представлять значительную ценность для горноперерабатывающего предприятия и использоваться как вспомогательные для выполнения ряда технологических операций (например, для закладки выработанного пространства, строительства гидротехнических сооружений, дорог и т. д.).

Часть попутно извлекаемых минеральных ресурсов может с большой эффективностью использоваться в других отраслях народного хозяйства. В ряде случаев после их накопления они могут стать сырьевой базой для ряда производств в будущем.

Одновременно следует отметить, что выданные на поверхность попутно извлеченные минеральные ресурсы могут оказать существенное экологическое влияние на окружающую природную среду. Поэтому их рациональное использование и охрана — важная народнохозяйственная задача.

Одна из важнейших характеристик при оценке эффективности использования месторождений полезных ископаемых — кондиции на минеральное сырье, которые представляют собой совокупность требований к качеству полезных ископаемых в недрах. Кондиции дают возможность разделить все запасы месторождения по их народнохозяйственному значению на балансовые и забалансовые. Они устанавливаются по данным детальной или эксплуатационной разведки на основании технико-экономических расчетов. Кондиции по каждому месторождению периодически пересматриваются с учетом достижений научно-технического прогресса в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, изменения состояния сырьевой базы и оптовых цен.

При обосновании кондиций рассчитывается ряд показателей, важнейшие из которых следующие: минимальное промышленное содержание полезных ископаемых, компонентов в подсчетном блоке, запасы которого относятся к балансовым; бортовое содержание полезных компонентов в пробе для оконтуривания балансовых запасов в случае отсутствия четких границ рудных тел с вмещающими породами; минимальные мощности рудных тел (пластов), включаемых в подсчет балансовых запасов.

Под минимальным промышленным содержанием понимается наименьшее среднее содержание металла в руде, при котором добыча и переработка полезного ископаемого экономически целесообразна,

$$a_{\min} = \frac{(c_d + c_o + c_{\text{пер}} + E_n k'_{\text{уд}}) 100}{(1 - p) k_{\text{и.о}} k_{\text{и.пер}} \Pi} \quad (6.1)$$

где c_d , c_o и $c_{\text{пер}}$ — соответственно себестоимость добычи, обогащения и переработки 1 т добытой сырой руды, руб.; $k_{\text{уд}}$ — капитальные вложения в строительство предприятия, приходящиеся на 1 т руды; p — коэффициент разубоживания руды, доли единицы; $k_{\text{и.о}}$ — коэффициент извлечения полезного компонента при обогащении; $k_{\text{и.пер}}$ — коэффициент извлечения полезного компонента при переработке (металлургическом переделе); Π — оптовая цена 1 т полезного компонента в готовой продукции, руб.

Величина E_n в зависимости от среднего содержания полезного компонента в балансовых запасах колеблется от 0 до 0,15.

Приведенная формула используется только для ориентировочных подсчетов минерального промышленного содержания

полезного компонента, так как все Показатели в формуле Принимаются постоянными. На практике применяется вариантный метод определения минимального промышленного содержания полезного компонента.

Бортовое содержание — это минимальное содержание полезного компонента в краевых пробах, ограничивающих блок запасов, при котором затраты на добычу и переработку полезного ископаемого окупаются доходами от его реализации по отпускным ценам.

При обосновании минимального промышленного и бортового содержания в многокомпонентных месторождениях часто все полезные компоненты приводятся к одному условному, как правило, основному. В этих случаях определяются переводные коэффициенты ценности каждого компонента относительно основного

$$k_{\text{пер}} = \frac{P_i k_{ni} a_i}{P_o k_{n.o} a_o} \quad \text{или} \quad k_{\text{пер}} = \frac{C_i k_{ni} a_i}{C_o k_{n.o} a_o}, \quad (6.2)$$

где P_i и P_o — прибыль от реализации 1 т соответственно i -го и основного полезного компонента, руб.; k_{ni} и $k_{n.o}$ — коэффициенты извлечения соответственно i -го и основного полезного компонента при переработке (в конечном продукте); a_i и a_o — содержание соответственно i -го и основного компонента в 1 т руды, %; C_i и C_o — цена 1 т i -го и основного полезного компонентов, руб.

Определение всех показателей при обосновании кондиций на минеральное сырье производится методом вариантов.

Исходные показатели при проектировании и эксплуатации горных предприятий — утвержденные балансовые и забалансовые запасы. Балансовые запасы полезных ископаемых — это запасы, использование которых экономически целесообразно при существующей или осваиваемой прогрессивной технологии добычи и переработки минерального сырья с соблюдением требований законодательных актов по рациональному использованию недр и охране окружающей среды. В группу балансовых запасов включаются запасы, удовлетворяющие требованиям кондиций по качеству, количеству, технологическим свойствам минерального сырья и горнотехническим условиям эксплуатации месторождения.

Забалансовые запасы полезных ископаемых — это запасы, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно или технически или технологически невозможно, но которые в дальнейшем могут быть переведены в балансовые. Забалансовые запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются и учитываются, если в технико-экономическом обосновании кондиций доказана возможность

их сохранности в недрах для последующего извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем.

По степени изученности запасы полезных ископаемых подразделяются на разведанные — категории А, В, С и предварительно оцененные категория С₂. При разделении на категории учитывается различие в достоверности определения основных параметров, снижающейся от категории А к С₂. Для твердых полезных ископаемых критерии установления категорий — изученность форм, размеров и условий залегания тел (пластов) полезного ископаемого, характера и закономерностей изменчивости их морфологии, внутреннего строения, качества и технологических свойств, гидрогеологических, инженерно-геологических, горно-геологических и других условий освоения месторождения. На комплексных месторождениях запасы сопутствующих и попутно извлекаемых компонентов, имеющих промышленное значение, определяются в контурах подсчета запасов основных компонентов (главных минеральных ресурсов) и оцениваются по категориям в соответствии со степенью их изученности, характером распределения, формами нахождения и технологией извлечения из недр.

Запасы попутных компонентов определяются отдельно в контурах подсчета балансовых и забалансовых запасов полезных ископаемых. При проектировании горных предприятий используются утвержденные в установленном порядке запасы полезных ископаемых с учетом сложности геологического строения месторождения. При этом соотношение запасов различных категорий принимается в соответствии с данными табл. 6.1.

При проектировании предприятий по добыче твердых полезных ископаемых определяются промышленные запасы, т. е. та часть балансовых запасов, которая должна извлекаться из недр по проекту или плану развития горных работ (за вычетом про-

Таблица 6.1

Соотношение балансовых запасов различных категорий, используемых при проектировании предприятий по добыче полезных ископаемых, %

Категория запасов	Металлические и нерудные полезные ископаемые				Угли и горючие сланцы		
	Группы месторождений по сложности геологического строения						
	простое	сложное	очень сложное	весьма сложное	простое	сложное	очень сложное
А+В	30	20	—	—	50	50	—
В том числе А (не менее)	10	—	—	—	20	—	—
С ₁	60	80	80	50	50	—	—
С ₂	—	—	20	50	—	50	100

ектных потерь). При разработке рудных месторождений выделяются также эксплуатационные запасы полезных ископаемых — это промышленные запасы с учетом разубоживания

Большое значение при разработке месторождений полезных ископаемых имеет качество выдаваемой на поверхность руды, содержание в ней полезного компонента, влажность, гранулометрический состав и ряд других показателей, определяющих эффективность дальнейшей переработки и использования. Снижение содержания полезных компонентов в выданных на поверхность рудах оценивается по величине разубоживания. Разубоживание — это выраженное в процентах изменение (снижение) содержания полезных компонентов в добытом полезном ископаемом по сравнению с содержанием их в балансовых запасах вследствие примешивания к ним пород, а также потерь обогащенной мелочи, выщелачивания полезных компонентов.

В настоящее время добыча и переработка полезных ископаемых связаны со значительными потерями минерального сырья. Необходимость оставлять в недрах предохранительные и охраняемые целики, а также имеющиеся технологические потери полезных ископаемых в очистных выработках, при транспортировании и дальнейшей переработке добытой горной массы снижают эффективность использования минеральных ресурсов.

Потери полезного ископаемого при эксплуатации месторождения — это часть балансовых запасов, не извлекаемая из недр при его разработке, добытая и направленная в породные отвалы, оставленная на местах складирования, погрузки и транспортирования.

Существующие методы обогащения не обеспечивают полного извлечения полезного компонента. В результате с отходами производства теряется большое количество минеральных ресурсов. При хранении отходов обогащения в отвалах и хвостохранилищах часть их теряется безвозвратно в результате водной, ветровой и биологической эрозии. Все виды этих потерь минерального сырья приводят к значительным экологическим нарушениям в окружающей природной среде.

Таким образом, важнейшими параметрами, характеризующими степень использования недр, являются показатели потерь и разубоживания полезных ископаемых при их добыче. При подземном способе добычи потери угля составляют 30—40%, и только в последние годы благодаря усовершенствованию технологии производства наметилось их снижение до 20—30%. На открытых горных работах потери угля достигают 10%. При добыче железных руд открытым способом потери составляют 3—5%, а в целом по отрасли — 6—7%. При добыче вольфрамо-молибденовых руд потери достигают при подземной добыче 10—12%, открытой — 3—5%. Общие потери полезных ископаемых

при добыче и переработке руд составляют 25—30%, из которых 10—12% приходится на добычу. На относительно крупных морфологически простых месторождениях медных руд при добыче подземным способом потери составляют 10—13%, открытом — 3,0—3,5%; на более сложных свинцово-цинковых месторождениях — соответственно 12—16% и 5—7%. При разработке наиболее морфологически сложных ртутных, редкометалльных и золоторудных месторождений потери могут достигать 30% и более.

Необходимость компенсации ущерба от потерь полезных ископаемых эксплуатацией других месторождений ведет к затратам на строительство новых предприятий с отторжением земель из общенационального земельного фонда, дополнительному загрязнению окружающей среды, нарушению поверхности и горных массивов над отрабатываемыми месторождениями. Поэтому снижение потерь полезных ископаемых на действующих горных предприятиях — важнейшее средство улучшения и сохранения окружающей среды для настоящих и будущих поколений. Создание в этих целях более прогрессивных технологии и систем разработки месторождений открытым и подземным способами — одна из важнейших задач.

Не менее важным условием общего оздоровления окружающей среды является также снижение разубоживания полезных ископаемых, т. е. их обеднения в результате смешивания с породами при добыче и транспортировании. Вследствие разубоживания руд в последующие процессы переработки и складирования хвостов обогащения вовлекается на 20—25% больше горной массы, чем это могло бы быть при «чистой» выемке. Помимо экономического ущерба это наносит существенный урон окружающей среде, поскольку требуется выделение более значительных площадей для размещения хвостохранилищ, отрицательное воздействие которых увеличивается. Например, разубоживание при добыче железных руд в целом по отрасли достигает 5—6%, в том числе на карьерах 3—4%, при добыче медных руд — 7—8%, при добыче свинцово-цинковых руд — 18—20% на подземных рудниках и 12—16% — на карьерах, при добыче вольфрамо-молибденовых руд — 25—27% на подземных рудниках и 5—7% на карьерах. Как и потери, разубоживание руд особо велико при разработке морфологически сложных рудных месторождений цветных, редких и благородных металлов, где показатели разубоживания достигают 50%.

Чрезвычайно важно для сохранения окружающей среды в процессе разработки месторождений полезных ископаемых комплексное использование содержащихся в рудах и углях сопутствующих и попутно извлекаемых минеральных компонентов. Комплексное извлечение сопутствующих компонентов, а также использование пород в промышленности, строительстве и дру-

гих отраслях позволяют сократить общее количество горных предприятий и, следовательно, достичь значительного экологического эффекта.

Наибольшие нарушения поверхности наблюдаются при применении открытого способа разработки месторождений.

Под разработку месторождений полезных ископаемых открытым способом отводятся значительные территории. Известны карьеры, занимающие площади до 3000 га (при глубине разработки до 800 м).

Карьерные выемки и отвалы в большинстве случаев представляют собой безжизненные территории. Часто нарушенные территории являются центрами эрозионных процессов, в результате чего выводятся из строя значительные участки земель, прилегающих к карьерам и отвалам. Разрушая среду — поверхность и породный массив — открытые горные работы в наибольшей степени изменяют и ландшафты. В населенных районах они уничтожают привычные, существовавшие веками пейзажи, исторические места с их разнообразными природными и национальными памятниками.

Особо следует отметить разрушающее действие открытых горных работ в пустынных и полупустынных, а также тундровых районах. При разработке месторождений открытым способом в аридных районах много внимания приходится уделять стабилизации отвалов, предохранению их от интенсивной ветровой и водной эрозии с тем, чтобы снизить степень загрязнения атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод на обширных территориях. В районах же с многолетней мерзлотой нарушение почвенного покрова влечет за собой быстрое развитие весьма экологически опасных термокарстовых процессов.

При ведении открытых горных работ важное значение имеет обеспечение устойчивости бортов карьеров и откосов отвалов. Достигается это путем выбора оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов и за счет применения соответствующих технологий ведения горных и отвальных работ, а также специальных инженерных мер их защиты от разрушения и увеличения устойчивости.

Расчет устойчивости бортов карьеров и откосов отвалов рассматривается в специальных курсах и широко представлен в соответствующей литературе.

Отрицательным фактором влияния открытого способа разработки на окружающую среду является также изменение гидрогеологии прилегающих к карьерам территорий. Борьба с водопритоками из вскрытых и залегающих ниже водоносных горизонтов приводит к развитию больших по размерам депрессионных воронок, в пределах которых из-за обезвоживания существенно изменяются экологическая обстановка, видовой состав и продуктивность растительных сообществ. Нарушение структу-

ры почв ускоряет развитие эрозийных процессов на территориях, прилегающих к карьерам, вызывая нарушения поверхности.

Выемка полезных ископаемых подземным способом приводит к нарушению равновесия окружающего массива пород и деформациям поверхности. Сдвигание и деформации массива горных пород и поверхности могут привести к частичному или полному нарушению сельскохозяйственных и лесных угодий, представлять опасность для водоемов и водотоков, изменить режим грунтовых и подземных вод, разрушать промышленные и гражданские здания и сооружения.

В современных условиях рациональное использование минеральных ресурсов и охрану недр необходимо рассматривать как единую проблему, связанную с удовлетворением потребностей настоящих и соблюдением интересов будущих поколений. В связи с этим под рациональным использованием минеральных ресурсов и охраной недр при добыче и переработке полезных ископаемых следует понимать:

наиболее полную и экономически целесообразную выемку балансовых и сохранение для последующего извлечения забалансовых запасов;

получение минерального сырья заданного качества при минимальных объемах вскрышных пород;

комплексное и наиболее полное извлечение главных и сопутствующих полезных компонентов при обогащении и последующей переработке минерального сырья;

рациональное использование или эффективная консервация минеральных отходов горноперерабатывающего производства; снижение до минимума степени нарушения окружающего массива горных пород и поверхности;

соблюдение действующих нормативов качества окружающей среды, а также сохранение заданной (оптимальной) продуктивности сельскохозяйственных, лесных и других угодий, оказавшихся в зоне влияния горноперерабатывающего предприятия;

эффективное использование в народном хозяйстве горных выработок и выработанных пространств после завершения горных работ.

Рациональное использование минеральных ресурсов и охрана недр могут обеспечиваться только при разработке и реализации комплекса мероприятий (табл. 6.2), выбор и обоснование которых должны осуществляться на основании детального технико-эколого-экономического анализа. При этом одновременно должны обеспечиваться добыча и переработка необходимого объема и качества минерального сырья и соблюдаться действующие нормативы по использованию и охране недр, земель, поверхностных и подземных вод и атмосферного воздуха. Все при-

**Мероприятия по рациональному использованию
минеральных ресурсов и охране недр**

Группа мероприятий	Круг решаемых задач	Варианты направлений работ
Технологические	<p>Предотвращение потерь и обеспечение заданного уровня качества минерального сырья: снижение интенсивности нарушения массива пород и поверхности</p> <p>Повышение эффективности использования минеральных ресурсов, обеспечение необходимого уровня качества окружающей среды</p>	<p>Выбор оптимальных экологически стойких способов отработки месторождения (открытого, подземного и др.), схем вскрытия и систем разработок рудных тел (пластов); способов управления горным давлением с обрушением, частичной или полной закладкой выработанного пространства; применение техники и технологии отбойки полезного ископаемого в очистных выработках; транспорт горной массы; использование для извлечения выработанного пространства попутно извлекаемых минеральных ресурсов (пород); эффективное использование горных выработок после завершения горных работ</p> <p>Совершенствование техники и технологии переработки и использования главных, сопутствующих и попутно извлекаемых минеральных ресурсов; снижение выбросов в воздушный бассейн вредных веществ; организация оборотного водоснабжения при переработке минерального сырья; выбор экологически безопасных способов складирования и консервации минеральных отходов и некондиционных руд в отвалах и хвостохранилищах</p>
Защитно-профилактические	<p>Охрана некондиционных запасов в недрах, сохранение подрабатываемых водоносных горизонтов, водных объектов, сооружений на поверхности</p> <p>Снижение размеров депрессионных воронок, сохранение режимов и качества грунтовых вод в пределах мульд оседания и местах расположения отвалов и хвостохранилищ</p>	<p>Оставление специальных защитных целиков, применение закладки с повышенными прочностными характеристиками, усиление, упрочнение бортов карьеров и откосов отвалов и хвостохранилищ</p> <p>Устройство защитных цементационных завес вокруг карьеров, зон обрушений и на других участках, где образуются депрессионные воронки и имеет место интенсивное загрязнение подземных вод, водоупонизающих дренажных систем на подтопляемых (затопляемых) участках; специальных оросительных систем по поддержанию необходимого влажностного режима почв в пределах сельскохозяйственных и лесных угодий, в местах нарушения режимов грунтовых вод с использованием карьерных (шахтных) вод; организация водоснабжения населения в районах развития депрессионных воронок</p>

Группа мероприятий	Круг решаемых задач	Варианты направлений работ
Экологические	<p>Предотвращение возникновения и тушение возникших эндогенных пожаров</p> <p>Обеспечение необходимого уровня качества окружающей природной среды</p>	<p>Отвод подземных и поверхностных вод от зон обрушения пожароопасных участков; предотвращение движения воздуха и газов через зоны трещиноватости и обрушения; заливание (глинизация) массивов пород в зонах обрушения и трещиноватости на запожаренных участках; применение специальных пожаробезопасных технологий отсыпки новых отвалов и использование комплекса мер по тушению горящих</p> <p>Устройство зеленых санитарно-защитных зон вокруг шахт, карьеров, отвалов, хвостохранилищ и других сооружений. Биологическая рекультивация по предотвращению водной и ветровой эрозии поверхностей отвалов и хвостохранилищ, по борьбе с оползневыми явлениями бортов карьеров и откосов отвалов; биологическая очистка шахтных и карьерных вод на полях орошения и др.</p>
Организационные	<p>Организация комплексности и повышение эффективности использования минеральных ресурсов и охраны окружающей среды на действующих горных предприятиях</p>	<p>Разработка и реализация комплексных планов на основании территориально-отраслевых принципов планирования и выполнения мероприятий по охране окружающей среды и повышению эффективности использования минеральных ресурсов, разработка планов ликвидации экологических последствий аварий на шахтах и карьерах, связанных с обрушением больших масс пород; организация систем контроля и прогноза состояния массивов пород, бортов карьеров и откосов отвалов и др., повышение квалификации специалистов, занятых вопросами обеспечения эффективности использования минеральных ресурсов и охраной окружающей среды</p>

Принимаемые решения на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации горных и перерабатывающих предприятий должны быть технически возможны, экологически состоятельны (безопасны) и экономически целесообразны. Принимаемые технологические и организационные решения обосновываются в результате анализа возможных вариантов. Принятое оптимальное решение должно обеспечивать получение необходимого тех-

нологического результата с наименьшими экономическими затратами при условии соблюдения всех действующих нормативов по использованию природных ресурсов и достижению необходимого уровня качества окружающей природной среды с учетом интересов настоящих и будущих поколений.

6.2. ТЕХНИКО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Анализ и оценка эффективности использования минеральных ресурсов и охраны недр при добыче и переработке полезных ископаемых в настоящее время приобретает важное значение при разработке программы дальнейшего совершенствования горного производства. От полноты этой оценки и глубины анализа реальных возможностей (резервов) предприятия зависит техническая направленность и обоснованность разрабатываемых планов, уровень его технико-экономических показателей. Анализ эффективности использования минеральных ресурсов и охраны недр включает в себя оценку:

геологической изученности района, обеспеченности производства разведанными запасами минерального сырья на планируемый период и последующие годы;

эффективности работ по добыче и переработке минерального сырья (оценку эффективности использования минеральных ресурсов при их добыче и переработке);

степени нарушений и загрязнений окружающего массива пород, подземных вод и воздушного бассейна;

эффективности профилактических и защитных мероприятий по снижению нарушений и загрязнений окружающего массива горных пород, подземных вод и воздушного бассейна;

эффективности и выбора рациональных направлений использования горных выработок и выработанных пространств после завершения горных работ;

эффективности использования, консервации и захоронения отходов при добыче и переработке полезных ископаемых.

В качестве основной исходной геологической документации, используемой при анализе, являются геологические планы и разрезы месторождения. На планах и разрезах указываются балансовые и забалансовые запасы и категории их разведанности. Одновременно даются сведения о вмещающих породах, наличии водонапорных горизонтов, загазованных участков массива, мест геологических нарушений и другие инженерно-геологические и гидрогеологические данные, необходимые для выбора и обоснования мероприятий по рациональному использованию минеральных ресурсов и охране недр. К геологическим картам

прикладывается инвентаризационная ведомость минеральных ресурсов месторождения и ведомость справочных инженерно-геологических характеристик массива горных пород в зоне ведения горных работ. Все необходимые геологические, инженерно-геологические и гидрогеологические данные готовит и представляет геологическая служба предприятия. В необходимых случаях этой службой должна быть выполнена доразведка месторождения в соответствии с типовыми и отраслевыми положениями о ведомственной геологической службе. Доразведка осуществляется путем всестороннего комплексного геологического, геофизического, гидрогеологического и инженерно-геологического изучения месторождения или отдельных его участков.

Критерии оценки эффективности использования главных (основных) минеральных ресурсов месторождения. Эффективность использования главных минеральных ресурсов целесообразно оценивать по четырем направлениям:

эффективность использования балансовых запасов;

эффективность охраны забалансовых запасов;

экологические изменения в результате добычи и переработки главных минеральных ресурсов;

экономический ущерб народному хозяйству в результате нерационального использования минеральных ресурсов и экологических изменений в окружающей среде.

Полнота и качество обработки балансовых запасов месторождений выражаются коэффициентами извлечения полезного ископаемого из недр (K_n) и качества (K_k)

$$K_n = \frac{D}{B_n} \cdot \frac{a}{c}, \quad K_k = \frac{a}{c}, \quad (6.3)$$

где D — объем добытого полезного ископаемого; B_n — объем погашенных балансовых запасов; a и c — содержание главного полезного компонента соответственно в добытой руде и в погашенных балансовых запасах.

Наряду с указанными коэффициентами на горнодобывающих предприятиях используются показатели, характеризующие потери и разубоживание полезных ископаемых.

Потери главного полезного ископаемого исчисляются в процентах и определяются по формулам:

$$K_{n, п} = \frac{П}{B_n} \cdot 100 \quad (6.4)$$

где $П$ — количество потеранных запасов полезного ископаемого. Потери полезного компонента ($K_{п, к}$)

$$K_{п, к} = \frac{П c_n}{B_{н, к}} \cdot 100, \quad (6.5)$$

где c_n — содержание полезного компонента в местах потер полезных ископаемых.

Разубоживание (P) руды рассчитывается по формуле

$$P = \frac{c-a}{c} 100 = (1 - K_{\text{н}}) 100 = \frac{B}{D} 100, \quad (6.6)$$

где B — количество породы, примешанной в добытую руду.

Для многокомпонентных руд коэффициент извлечения всех полезных компонентов определяется по формуле

$$K_{\text{н}} = \frac{\sum_{i=1}^m D a_i}{\sum_{i=1}^m B_i c_i}, \quad (6.7)$$

где $i=1, \dots, m$ — число полезных компонентов в руде

Уровень полноты использования минеральных ресурсов характеризуется коэффициентом безотходности (K_6), выражающимся отношением суммарного физического объема всех минеральных ресурсов, добываемых горным предприятием, ко всей массе, добытой из недр, включая вскрышные породы (попутно извлекаемые ресурсы) и некондиционное сырье.

$$K_6 = \frac{D}{B_{\text{н}} + Q_{\text{н}}} 100, \quad (6.8)$$

где D — суммарный физический объем минеральных ресурсов, добытых горным предприятием; $B_{\text{н}} + Q_{\text{н}}$ — суммарный объем вскрышных пород и некондиционного сырья.

Рекомендуется рассчитывать коэффициенты безотходности: фактически достигнутый $K_6^{\text{ф}}$, характеризующий современный достигнутый уровень полноты использования минерального сырья, и технический достижимый $K_6^{\text{т}}$, отражающий технически возможный и экономически целесообразный уровень использования.

Повышение полноты использования минерального сырья осуществляется на основании норматива прироста коэффициента безотходности (ΔK_6), который устанавливается по разности между технически достижимым ($K_6^{\text{т}}$) и фактически достигнутым коэффициентами безотходности ($K_6^{\text{ф}}$) и представляет резерв повышения полноты использования минерального сырья

$$\Delta K_6 = K_6^{\text{т}} - K_6^{\text{ф}}. \quad (6.9)$$

Важнейший показатель уровня комплексного использования минерального сырья — коэффициент полноты извлечения главного полезного компонента при переработке (обогащении) минерального сырья ($K_{\text{п.н}}$). Он выражается отношением суммарного количества главного полезного компонента, перешедшего во все виды товарной продукции и полуфабрикатов, к тому его

количеству, которое содержится в минеральном сырье, поступившем на переработку,

$$K_{п. и} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} A_i b_i}{Q a}, \quad (6.10)$$

где A_i — количество i -й товарной продукции или полуфабриката, в котором содержится главный полезный компонент; b_i — содержание главного полезного компонента в i -й товарной продукции или полуфабриката; Q — объем минерального сырья, поступившего на переработку; a — содержание главного полезного компонента в минеральном сырье, поступившем на переработку; n — количество видов товарной продукции или полуфабрикатов, в которые переходит главный полезный компонент.

Технически достижимый коэффициент полноты извлечения представляет собой технически возможный и экономически обоснованный показатель, устанавливаемый на основе учета последних достижений отечественной и зарубежной науки и техники.

Разность между технически достижимым и фактически достигнутым коэффициентами полноты извлечения главного полезного компонента представляет собой резерв повышения полноты извлечения полезного компонента при переработке минерального сырья и является нормативом прироста полноты извлечения ($\Delta K_{п. и}$)

$$\Delta K_{п. и} = K_{п. и}^т - K_{п. и}^ф. \quad (6.11)$$

Результирующим показателем уровня комплексного использования минерального сырья является коэффициент комплексности, представляющий собой отношение ценности извлекаемых главных полезных компонентов к стоимости всех полезных компонентов в исходном сырье по оптовым ценам,

$$K_{к. и} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_i C_i}{\sum_{i=1}^m H_i C_i}, \quad (6.12)$$

где M_i — количество i -го полезного компонента, перешедшего в соответствующий вид товарной продукции, т; H_i — количество i -го полезного компонента, содержащегося в исходном минеральном сырье, т; C_i — оптовая цена i -го полезного компонента, руб/т; n — количество извлеченных полезных компонентов; m — количество всех полезных компонентов в исходном минеральном сырье.

Рассчитываются фактически достигнутый коэффициент комплексности использования минерального сырья ($K_{к. и}^ф$), отража-

ющий существующий уровень комплексного извлечения полезных компонентов, и технически достижимый ($K_{к.н}^T$), устанавливаемый на основании учета последних достижений отечественной и зарубежной науки и техники.

Разность между технически достижимым и фактически достигнутым коэффициентами комплексности представляет собой резерв повышения комплексного извлечения всех полезных компонентов из минерального сырья при его переработке ($\Delta K_{к.н}$)

$$\Delta K_{к.н} = K_{к.н}^T - K_{к.н}^Ф \quad (6.13)$$

Сквозной коэффициент извлечения полезного компонента на всех стадиях добычи, обогащения и переработки минерального сырья

$$K_{н.с} = K_{н.д} K_{н.о} K_{пер} \quad (6.14)$$

где $K_{н.д}$, $K_{н.о}$, $K_{пер}$ — коэффициенты извлечения полезного компонента соответственно при добыче, обогащении и последующей переработке.

При выемке балансовых запасов месторождения могут иметь место снижения качества оставляемых забалансовых запасов за счет развития систем трещин и действия различных физических, химических и биологических процессов, изменяющих содержание минеральных компонентов, обуславливающих возникновение эндогенных пожаров и других нежелательных явлений, происходящих в массиве горных пород.

На практике встречаются случаи, когда в результате выемки балансовых запасов разработка части или всех забалансовых запасов становится вообще невозможной из-за развития зон обрушения, затопления и других последствий работы горнодобывающего предприятия. Иногда одновременно с разработкой балансовых запасов на поверхность выдается определенный объем некондиционных, которые складываются в отвалах. В этих случаях возникает необходимость консервации добытых забалансовых минеральных ресурсов и обеспечения их сохранности в течение длительного времени.

Общее количество потерь забалансовых некондиционных минеральных ресурсов в результате ведения горных работ по выемке кондиционных (подработка, обрушение, эндогенные пожары и другие явления) можно оценить по величине коэффициента безвозвратных потерь

$$K_{п.н.з} = \frac{П_{н.к}}{Q_{н.к}} \quad (6.15)$$

где $K_{п.н.з}$ — коэффициент безвозвратных потерь забалансовых запасов минерального сырья в недрах; $П_{н.к}$ — количество некондиционных запасов минерального сырья, добыча которого стала невозможной в результате ведения горных работ по выемке

кондиционных запасов на выделенном участке; $Q_{н,к}$ — количество некондиционных запасов минерального сырья на выделенном участке месторождения.

Эффективность складирования и хранения некондиционных запасов, выданных на поверхность, может оцениваться по величине коэффициента консервации и коэффициента эффективности охраны некондиционных запасов в период их хранения. Первый характеризует эффективность горных работ по добыче, транспорту и складированию некондиционного минерального сырья и сохранность в нем главных минеральных ресурсов. Второй — эффективность мер по сохранению содержания полезных компонентов в минеральном сырье и сохранность их технологических свойств.

Проектный и фактический коэффициенты консервации вычисляются по формулам:

$$K_{\text{конс}}^n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(q_i - \Pi_i^n)}{q_i}; \quad (6.16)$$

$$K_{\text{конс}}^\phi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(q_i - \Pi_i^\phi)}{q_i}; \quad (6.17)$$

$$\begin{aligned} \Pi_i^n &= \Pi_{н}^n + \Pi_{\text{вод}}^n + \Pi_{\text{возд}}^n; \\ \Pi_i^\phi &= \Pi_{н}^\phi + \Pi_{\text{вод}}^\phi + \Pi_{\text{возд}}^\phi; \end{aligned} \quad (6.18)$$

где $K_{\text{конс}}^n$, $K_{\text{конс}}^\phi$ — проектный и фактический коэффициенты консервации минерального ресурса (минерального сырья); q_i — запасы каждого минерального ресурса в некондиционных рудах; Π_i^n , Π_i^ϕ — общие проектные и фактические потери минерального ресурса; $\Pi_{н}^n$, $\Pi_{\text{вод}}^n$, $\Pi_{\text{возд}}^n$, $\Pi_{н}^\phi$, $\Pi_{\text{вод}}^\phi$, $\Pi_{\text{возд}}^\phi$ — проектные и фактические потери выделенного минерального ресурса соответственно в недрах при добыче, с выбросами в водный и воздушный бассейны, при последующей переработке минерального сырья; n — количество главных минеральных ресурсов, консервируемых в отвалах.

В период хранения законсервированных некондиционных запасов в результате водной и ветровой эрозии, развития процессов химического и биологического выщелачивания изменяется содержание полезных компонентов. В ряде случаев законсервированные минеральные ресурсы со временем вообще теряют свою ценность как сырье для горноперерабатывающего производства. В процессе хранения может изменяться и ряд технологических свойств минерального сырья, что также снижает его ценность. Коэффициент эффективности охраны некондиционных запасов, законсервированных в отвалах или специальных хранилищах, вычисляется по формулам:

$$K_{\text{о. ох}}^n = \frac{\sum K_i^n}{n} N_{\text{общ}}^n; \quad (6.19)$$

$$K_{\text{э.ох}}^{\Phi} = \frac{\sum K_i^{\Phi}}{n} N^{\Phi}_{\text{общ}};$$

$$K_i^n = \frac{1}{\beta_i^n}; \quad K_i^{\Phi} = \frac{1}{\beta_i^{\Phi}};$$

$$N^{\Phi}_{\text{общ}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{i=m} \frac{m_i \pm \Delta I_i^{\Phi}}{I_i^{\Phi}};$$

$$N^n_{\text{общ}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{i=m} \frac{m_i \pm \Delta I_i^n}{I_i^n};$$

$$\beta_i^n = \frac{P^n_{\text{вет.эр}} + P^n_{\text{вод.эр}} + P^n_{\text{х.в}} + P^n_{\text{б.з}} + P^n_{\text{т}}}{q_i};$$

$$\beta_i^{\Phi} = \frac{P^{\Phi}_{\text{вет.эр}} + P^{\Phi}_{\text{вод.эр}} + P^{\Phi}_{\text{х.в}} + P^{\Phi}_{\text{б.з}} + P^{\Phi}_{\text{т}}}{q_i};$$

(6.20)

где $K_{\text{э.ох}}^n$, $K_{\text{э.ох}}^{\Phi}$ — проектный и фактический коэффициенты эффективности охраны законсервированного минерального сырья в течение заданного срока хранения; K_i^n , K_i^{Φ} — проектный и фактический коэффициенты эффективности хранения отдельного минерального ресурса, входящего в состав минерального сырья; β_i^n , β_i^{Φ} — проектные и фактические относительные потери отдельного минерального ресурса в течение заданного периода их хранения; $N^n_{\text{общ}}$, $N^{\Phi}_{\text{общ}}$ — проектный и фактический коэффициенты относительного изменения общих технологических свойств минерального сырья; n — количество главных минеральных ресурсов, входящих в состав минерального сырья; $P^n_{\text{вет.эр}}$, $P^{\Phi}_{\text{вет.эр}}$, $P^n_{\text{вод.эр}}$, $P^{\Phi}_{\text{вод.эр}}$ — проектные и фактические потери минерального ресурса в результате ветровой и водной эрозии в течение заданного срока хранения; $P^n_{\text{х.в}}$, $P^{\Phi}_{\text{х.в}}$, $P^n_{\text{б.з}}$, $P^{\Phi}_{\text{б.з}}$ — проектные и фактические потери минерального ресурса в результате химического и биологического выщелачивания в течение заданного срока хранения; q_i — запасы минерального ресурса, поступившие в отвал (хвостохранилище) для консервации; $P^n_{\text{т}}$, $P^{\Phi}_{\text{т}}$ — проектные и фактические потери минерального ресурса в результате использования минерального сырья не по назначению для технологических целей (закладка выработанного пространства, заполнение провалов на поверхности, строительство дорог, дамб и других сооружений); ΔI_i^n , ΔI_i^{Φ} — проектное и фактическое отклонения показателя качества минерального сырья в процессе его хранения; m — количество критериев качества минерального ресурса, изменяющихся в результате хранения в отвалах и хвостохранилищах.

При оценке эффективности добычи и переработки главных минеральных ресурсов большое значение имеют учет и оценка экологических изменений в зоне влияния горноперерабатывающих предприятий. В результате извлечения из недр и переработки минерального сырья происходит нарушение земель, де-

градируют почвы, загрязняются водный и воздушный бассейны выбросами, имеющими в своем составе главные минеральные ресурсы. В результате на значительных территориях может снижаться продуктивность сельскохозяйственных, лесных, рыбных и других угодий, оказавшихся в зоне влияния горноперерабатывающего предприятия.

Характер экологических изменений, происходящих в результате нарушений земель в зоне ведения горных работ по извлечению минерального сырья, оценивается по величине коэффициента экологических последствий. В данном случае имеется в виду нарушение той части земельного отвода, которое связано только с ведением горных работ (без тех, которые происходят в результате хранения сопутствующих и попутно извлекаемых минеральных ресурсов),

$$K_{\text{экол. з. о}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} f_i c_i}{Q_{\text{м. с}}}, \quad (6.21)$$

где $K_{\text{экол. з. о}}$ — коэффициент экологических последствий отчуждения земель для земельных отводов предприятий по выемке минерального сырья и его переработке; f_i — площадь i -го сельскохозяйственного, лесного и другого угодья, оказавшаяся в границах земельного отвода предприятия; c_i — первоначальная средняя стоимость сельскохозяйственной, лесной и другой продукции, получаемой с единицы площади i -го угодья (по данным прежних землепользователей); $Q_{\text{м. с}}$ — общий объем добытого кондиционного минерального сырья, содержащего главные минеральные ресурсы или объем продукции (полуфабриката), сходящей с технологической линии перерабатывающего предприятия; n — количество выделенных угодий в пределах земельного отвода предприятия.

Последствия экологических изменений за пределами земельного отвода и эффективность природоохранных мероприятий по ликвидации этих последствий можно оценить по величине коэффициента экологических последствий по деградированным угодьям и коэффициента экологической эффективности природоохранных мероприятий

$$K_{\text{экол. л. у}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} S_i (c_i - l_i)}{Q_{\text{м. с}}}; \quad (6.22)$$

$$K_{\text{эф. ох. м}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} S_i (c_i - l_i)}{S_i c_i}; \quad (6.23)$$

где $K_{\text{экол. л. у}}$ — коэффициент экологических последствий по деградированным угодьям; $K_{\text{эф. ох. м}}$ — коэффициент экологической эффективности природоохранных мероприятий; S_i — площадь

i -го деградированного угодья за пределами земельного отвода, оказавшаяся в зоне влияния горных работ по выемке минерального сырья, а также выбросов, содержащих компоненты главных минеральных ресурсов; l_i — средняя стоимость сельскохозяйственной, лесной и других видов продукции, получаемой в течение года с i -го деградированного угодья; n — количество деградированных угодий за пределами земельного отвода предприятия.

Коэффициенты экологических последствий отчуждения земель для складирования некондиционных запасов минерального сырья и коэффициент экологических последствий по деградированным угодьям в зоне вредного влияния складов (отвалов) определяется по формулам:

$$K_{\text{экол. з. о}}^{\text{н. з}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} f_i c_i}{Q_{\text{н. з}}^{\Phi}}, \quad (6.24)$$

$$K_{\text{экол. д. у}}^{\text{н. з}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} S_i (c_i - l_i)}{Q_{\text{н. з}}^{\Phi}}, \quad (6.25)$$

где $Q_{\text{н. з}}^{\Phi}$ — фактическое количество законсервированного некондиционного минерального сырья.

Большое значение при общей оценке эффективности добычи и переработки главных минеральных ресурсов имеют экономические показатели, характеризующие величину ущерба, наносимого народному хозяйству.

Ущерб от потерь в недрах выражается произведением количества недоизвлеченного минерального ресурса на его ценность:

$$Y_{\text{н}} = B_{\text{н}} (K_{\text{н}}^{\text{н}} - K_{\text{н}}^{\Phi}) S, \quad (6.26)$$

где $B_{\text{н}}$ — объем погашаемых балансовых запасов, т; $K_{\text{н}}^{\text{н}}$, $K_{\text{н}}^{\Phi}$ — коэффициенты извлечения запасов из недр, плановый (проектный) и фактический; S — ценность 1 т недоизвлеченных запасов, руб.

$$S = \frac{C - Z_{\text{пр}}}{P}, \quad (6.27)$$

C — оптовая цена единицы конечной товарной продукции; $Z_{\text{пр}}$ — предстоящие приведенные затраты на получение единицы конечной товарной продукции; P — удельный расход балансовых запасов на получение единицы конечной товарной продукции,

$$Z_{\text{пр}} = C_{\text{пр}} + E_{\text{н}} K_{\text{уд. пр}}, \quad (6.28)$$

$C_{\text{пр}}$ — предстоящие эксплуатационные расходы на добычу 1 т теряемых запасов; $K_{\text{уд. пр}}$ — предстоящие капитальные вложения,

необходимые для извлечения 1 т теряемых запасов; E_n — нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений, равный 0,12.

Влияние потерь минеральных ресурсов на экономическую эффективность добычи полезных ископаемых:

а) на величину прибыли (Π_c)

$$\Pi_c = \sum_{i=1}^n (C_i C_i) Q_{\text{год } i} - Y_n, \quad (6.29)$$

где C_i — оптовая цена 1 т i -й конечной продукции; C_i — себестоимость производства 1 т i -й конечной продукции; $Q_{\text{год } i}$ — годовой объем производства i -й конечной продукции; n — количество различных видов конечной продукции.

Снижение затрат на производство конечной продукции при некотором росте потерь находит свое отражение в себестоимости. Изменение качества добываемого и перерабатываемого минерального сырья отражается на объеме выпускаемой конечной продукции и оптовой цене на нее;

б) на экономическую эффективность капитальных вложений

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_i) Q_{\text{год } i} - Y_n}{K}, \quad (6.30)$$

где K — общие капитальные вложения в разведку месторождения, проектирование и строительство горного предприятия, освоение проектной и поддержание действующей мощности, в охрану и рациональное использование природных ресурсов;

в) на рентабельность производства

$$R = \frac{\Pi_{\text{бал}} - Y_n}{\overline{\Phi}_{\text{осн}} + \overline{\Phi}_{\text{об}}} 100, \quad (6.31)$$

где $\Pi_{\text{бал}}$ — балансовая прибыль от реализации всех видов продукции и услуг; $\overline{\Phi}_{\text{осн}}$ — среднегодовая стоимость основных производственных фондов горного предприятия; $\overline{\Phi}_{\text{об}}$ — то же, нормируемых оборотных средств.

Для выбора наиболее экономичных способа добычи, системы разработки и технологии для каждого варианта рассматриваются прибыль, коэффициент эффективности капитальных вложений и рентабельность производства с всесторонним учетом ущерба, наносимого народному хозяйству в результате потерь полезных ископаемых, нарушения и загрязнения окружающей среды. Сопоставление этих показателей по разработанным вариантам позволяет выбрать тот, который обеспечивает наиболее рациональное использование минеральных ресурсов, повышение эффективности их добычи и охраны окружающей среды.

При обогащении и дальнейшей переработке минерального

сырья выбор оптимального варианта осуществляется исходя из условий получения максимального экономического эффекта во всех звеньях технологического процесса при обеспечении действующих нормативов качества окружающей природной среды и рационального использования минеральных ресурсов

$$\mathcal{E}_p - \mathcal{Z}_{np} \rightarrow \max, \quad (6.32)$$

где \mathcal{E}_p — экономический результат, получаемый во всех звеньях технологического процесса; \mathcal{Z}_{np} — приведенные затраты на общий объем конечной продукции,

$$\mathcal{E}_p = \sum_{i=1}^n Q_{Ti} U_{Ti} G_{Ti}, \quad (6.33)$$

Q_{Ti} — объем производства i -й товарной продукции; U_{Ti} — оптовая цена единицы i -й товарной продукции; G_{Ti} — объем различных видов выпускаемой товарной продукции,

$$\mathcal{Z}_{np} = \sum_{i=1}^n (C_i + E_n K_i), \quad (6.34)$$

C_i — себестоимость производства годового объема i -й товарной продукции; K_i — капитальные вложения, необходимые для производства i -й товарной продукции.

В экономическом результате учитываются не только стоимость товарной продукции, но и прирост ценности или снижение ущерба другим природным ресурсам. Следовательно, приведенные затраты в этом случае включают необходимые расходы на прирост ценности природных ресурсов и на снижение ущерба окружающей среде.

Экономический ущерб от потерь при переработке минеральных ресурсов определяется

$$U_{\text{д. сыр}} = (\mathcal{E}_p^n - \mathcal{Z}_{np}^n) (\mathcal{E}_p^ф - \mathcal{Z}_{np}^ф), \quad (6.35)$$

где \mathcal{E}_p^n , $\mathcal{Z}_{np}^н$ — экономический результат проектный (плановый) и фактический, получаемый во всех звеньях технологического процесса обогащения и дальнейшей переработки минерального сырья; $\mathcal{E}_p^ф$, $\mathcal{Z}_{np}^ф$ — приведенные затраты плановые и фактические на получение общего объема конечной продукции.

Экономический ущерб, причиненный народному хозяйству в результате изменений природной среды, обусловленных деятельностью горного предприятия, определяется как сумма затрат:

на предупреждение воздействия изменений природной среды на реципиенты;

на компенсацию потерь, обусловленных изменением состояния реципиентов под воздействием изменений природной среды.

Экономический ущерб народному хозяйству ($У$) определяется по формуле

$$У_{н. х} = У_a + У_b + У_3, \quad (6.36)$$

где $У_a$, $У_b$, $У_3$ — экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству в результате изменения атмосферы, водного бассейна, земельных ресурсов.

Суммарный экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству горным предприятием,

$$У_{с. н. х} = У_a + У_b + У_3 + У_{п} + У_{п. пер}, \quad (6.37)$$

где $У_{п}$ — экономический ущерб от потерь минеральных ресурсов в недрах и при переработке минерального сырья.

Критерии оценки эффективности использования и охраны сопутствующих минеральных ресурсов месторождения. Все сопутствующие минеральные ресурсы могут представлять определенную ценность для народного хозяйства, в настоящий период или в будущем. Для ее определения необходимо дать оценку:

эффективности использования и охраны сопутствующих ресурсов на действующих технологических линиях;

возможных вариантов использования сопутствующих минеральных ресурсов в различных отраслях народного хозяйства;

эффективности хранения (консервации) сопутствующих минеральных ресурсов в отвалах, хвостохранилищах, других подземных и наземных объектах;

экологической опасности (безопасности) хранения сопутствующих минеральных ресурсов в отвалах, хвостохранилищах и других объектах;

эффективности использования сопутствующих минеральных ресурсов с учетом ущерба, наносимого народному хозяйству в результате нарушения и загрязнения окружающей среды при их переработке.

На каждом месторождении все сопутствующие минеральные ресурсы разделяются на две группы:

к первой относятся сопутствующие минеральные ресурсы, использование которых технически возможно, экономически целесообразно или экологически необходимо в условиях данного конкретного района;

ко второй относятся все сопутствующие минеральные ресурсы, использование которых в настоящее время технически невозможно или экономически нецелесообразно, а их хранение (захоронение) не представляет экологической опасности для окружающей среды.

Для первой группы необходимо разрабатывать мероприятия по обеспечению или повышению эффективности их использования, а для второй — мероприятия, гарантирующие сохранность

законсервированных минеральных ресурсов и заданный уровень качества окружающей природной среды.

Сопутствующие минеральные ресурсы наряду с основными могут представлять определенную ценность как сырье, извлечение и обогащение которого может дать определенный экономический эффект.

Полнота использования каждого отдельно взятого сопутствующего минерального ресурса оценивается по величине коэффициента его использования

$$K_{с.р}^i = V_{н.с}^i / V_{об}^i, \quad (6.38)$$

где $K_{с.р}^i$ — коэффициент использования сопутствующего минерального ресурса; $V_{н.с}^i$ — количество сопутствующего ресурса, извлекаемого (используемого) из единицы объема добытого минерального сырья; $V_{об}^i$ — количество сопутствующего ресурса, содержащегося в единице объема минерального сырья.

Полнота использования всех сопутствующих минеральных ресурсов месторождения оценивается по величине коэффициента полноты их использования

$$K_{с.р}^m = \frac{\sum K_{с.р}^i}{n}, \quad (6.39)$$

где $K_{с.р}^m$ — коэффициент полноты использования сопутствующих минеральных ресурсов месторождения; n — количество сопутствующих минеральных ресурсов, содержащихся в добытом минеральном сырье.

В тех случаях, когда извлечение сопутствующих минеральных ресурсов при обогащении и дальнейшей переработке технически невозможно или экономически нецелесообразно, они попадают в разряд минеральных отходов горноперерабатывающего производства. В связи с этим должна ставиться и решаться задача по консервации и сохранению сопутствующих ресурсов с целью обеспечения их использования в будущем. Эффективность консервации оценивается по величине коэффициентов консервации

$$K_i^n = \frac{q_i - \Pi_i^n}{q_i}; \quad K_i^\Phi = \frac{q_i - \Pi_i^\Phi}{q_i}; \quad (6.40)$$

$$K_{конс}^n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(q_i - \Pi_i^n)}{q_i}; \quad K_{конс}^\Phi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(q_i - \Pi_i^\Phi)}{q_i}; \quad (6.41)$$

$$\Pi_i^n = \Pi_{н}^n + \Pi_{вод}^n + \Pi_{возд}^n; \quad \Pi_i^\Phi = \Pi_{н}^\Phi + \Pi_{вод}^\Phi + \Pi_{возд}^\Phi,$$

где K_i^n , K_i^Φ — проектный и фактический коэффициенты консервации отдельно взятого сопутствующего ресурса; $K_{конс}^n$, $K_{конс}^\Phi$ — суммарные проектный и фактический коэффициенты консервации всех сопутствующих ресурсов; q_i — количество со-

путствующего ресурса, содержащегося в минеральном сырье, добываемого из недр в течение контрольного периода (год, квартал, месяц, сутки, смена); P_i^n , P_i^Φ — проектные и фактические потери сопутствующих ресурсов при их добыче, переработке и складировании; P_n^n , $P_n^{\text{вод}}$, $P_n^{\text{возд}}$, P_n^Φ , $P_n^{\Phi_{\text{вод}}}$, $P_n^{\Phi_{\text{возд}}}$ — проектные и фактические потери сопутствующих ресурсов в горных выработках (технологические потери в недрах), с выбросами предприятия в водный и воздушный бассейны

О сохранности технологических свойств законсервированных сопутствующих минеральных ресурсов можно судить по коэффициенту эффективности охраны сопутствующих ресурсов в отвалах и хвостохранилищах

$$K_{\text{э.ох}}^n = \frac{\sum K_i^n}{n} N_{\text{общ}}^n; \quad K_{\text{э.ох}}^\Phi = \frac{\sum K_i^\Phi}{n} N_{\text{общ}}^\Phi; \quad (6.42)$$

$$K_i^n = \frac{1}{\beta_i^n}; \quad K_i^\Phi = \frac{1}{\beta_i^\Phi},$$

где $K_{\text{э.ох}}^n$, $K_{\text{э.ох}}^\Phi$ — проектный и фактический коэффициенты эффективности охраны всех законсервированных сопутствующих ресурсов, входящих в отходы производства; K_i^n , K_i^Φ — проектный и фактический коэффициенты эффективности охраны отдельно взятого сопутствующего минерального ресурса; n — количество сопутствующих минеральных ресурсов, входящих в состав законсервированных отходов производства; β_i^n , β_i^Φ — проектные и фактические относительные потери сопутствующих ресурсов в течение заданного срока их хранения на экспериментальном участке (хранилище); $N_{\text{общ}}^n$, $N_{\text{общ}}^\Phi$ — проектный и фактический коэффициенты изменения технологических свойств законсервированного минерального сырья в течение заданного срока хранения.

Значения β_i^n , β_i^Φ , $N_{\text{общ}}^n$, $N_{\text{общ}}^\Phi$ определяются по формулам, аналогичным (7.21—7.24).

Критерий оценки эффективности использования и охраны попутно извлекаемых минеральных ресурсов. Самостоятельное значение имеют вопросы рационального использования и охраны попутно извлекаемых (попутно добываемых) твердых минеральных ресурсов. Эти ресурсы, как правило, не входят в состав минерального сырья, которое перерабатывается на обогатительной фабрике и других производствах. Попутно извлекаемые твердые минеральные ресурсы попадают в отходы и могут входить в состав организованных и неорганизованных выбросов горного предприятия. Извлечение из недр, транспорт и хранение попутно извлекаемых минеральных ресурсов требуют значительных затрат и часто приводят к неблагоприятным экологическим последствиям. Поэтому, чем меньше мы извлекаем из недр попутных компонентов, тем меньше наносимый экологи-

ческий ущерб и выше эффективность горноперерабатывающего производства в целом.

Под рациональным использованием и охраной попутно извлекаемых минеральных ресурсов следует понимать.

извлечение из недр минимально возможного их количества, обеспечивая при этом наименьшие нарушения окружающей среды;

наиболее полное и эффективное их использование при удовлетворении нужд горнодобывающего предприятия и в других отраслях народного хозяйства;

обеспечение с наименьшими затратами наиболее полной сохранности при их хранении или захоронении, обеспечивая при этом исключение или снижение экологического ущерба природной среде.

Соответствие добываемого количества попутно извлекаемых минеральных ресурсов проектным и теоретическим (минимально возможным) значениям можно оценить по величине коэффициента рациональности извлечения и коэффициентов фактического и теоретического резервов предприятия (технологической линии). Коэффициент рациональности извлечения представляет собой отношение объема фактически добытого попутно извлекаемого ресурса к его проектному значению и показывает, на сколько процентов добывается больше или меньше этого ресурса на каждую единицу минерального сырья (полезного ископаемого). Два других коэффициента показывают, на сколько можно снизить объем попутно извлекаемых ресурсов при лучшей организации производства и достижении проектных показателей, а также при совершенствовании технологии добычи полезных ископаемых при достижении теоретически возможных результатов,

$$K_{p.из} = Q_{п.р}^н / Q_{п.р}^ф \quad (6.43)$$

$$K_{резерв.доб}^ф = \frac{Q_{п.р}^ф - Q_{п.р}^н}{Q^ф} 100, \quad (6.44)$$

$$K_{резерв.доб}^т = \frac{Q_{п.р}^ф - Q_{п.р}^т}{Q^ф} 100, \quad (6.45)$$

где $K_{p.из}$ — коэффициент рациональности извлечения попутно извлекаемых ресурсов при существующей технологии добычи полезных ископаемых; $K_{резерв.доб}^ф$ — фактический резерв повышения рациональности добычи попутно извлекаемых ресурсов предприятия (технологической линии); $K_{резерв.доб}^т$ — теоретически возможный резерв повышения рациональности извлечения попутно извлекаемых ресурсов с учетом развития техники и технологии добычи и переработки полезных ископаемых; $Q_{п.р}^ф$, $Q_{п.р}^н$, $Q_{п.р}^т$ — фактическое, проектное и теоретическое (мини-

мально возможное) количество попутно извлекаемого минерального ресурса на единицу добываемого минерального сырья.

Первый и второй коэффициенты отражают эффективность действующей технологии и оборудования; они показывают, насколько полно используются существующие возможности по реализации проектных решений. Теоретический коэффициент резерва дает возможность оценить перспективы дальнейшего развития горного производства с позиции снижения объемов попутно извлекаемых ресурсов. Наиболее оптимальными техническими решениями будут те, в результате которых полностью прекращается извлечение из недр попутно извлекаемых ресурсов при общем повышении экономического и экологического эффекта разработки месторождения полезного ископаемого.

Полнота использования попутно извлекаемых ресурсов оценивается по величине коэффициентов их использования

$$K_{\text{исп}}^{\Phi} = \frac{\sum K_{i}^{\Phi}}{100n}, \quad (6.46) \quad K_{\text{исп}}^n = \frac{\sum K_{i}^n}{100n}; \quad (6.47)$$

$$K_{i}^{\Phi} = \frac{G_{\text{исп}}^{\Phi}}{G_{\text{общ}}^{\Phi}} 100; \quad (6.48) \quad K_{i}^n = \frac{G_{\text{исп}}^n}{G_{\text{общ}}^n} 100, \quad (6.49)$$

где $K_{\text{исп}}^{\Phi}$, $K_{\text{исп}}^n$ — фактический и проектный обобщенные коэффициенты использования попутно извлекаемых минеральных ресурсов; K_{i}^{Φ} , K_{i}^n — фактический и проектный коэффициенты использования отдельного попутно извлекаемого минерального ресурса; $G_{\text{исп}}^{\Phi}$, $G_{\text{исп}}^n$ — фактический и проектный объемы использования попутно извлекаемого минерального ресурса; $G_{\text{общ}}^{\Phi}$, $G_{\text{общ}}^n$ — общий фактический и проектный объем попутно извлекаемого минерального ресурса из недр; n — количество попутно извлекаемых минеральных ресурсов (компонентов).

Первые два коэффициента дают общие представления об использовании всех попутно извлекаемых ресурсов. При этом оцениваются проектные решения и фактические результаты по каждому отдельно взятому ресурсу.

Резерв предприятия по использованию попутно извлекаемого ресурса можно оценить по величине коэффициента резерва, который показывает, на сколько процентов можно повысить использование ресурса по сравнению с фактическим, если будут достигнуты проектные показатели

$$K_{\text{резерв. исп}} = \frac{G_{\text{пр}}^n G_{\text{пр}}^{\Phi}}{G_{\text{пр}}^{\Phi}} 100, \quad (6.50)$$

где $K_{\text{резерв. исп}}$ — коэффициент резерва эффективности использования.

Эффективность складирования и хранения (захоронения) попутно извлекаемых минеральных ресурсов может оцениваться по величине коэффициентов их консервации и эффективности

охраны. Первый характеризует эффективность всех работ по извлечению, транспорту и складированию ресурсов и дает представление об их потерях с выбросами производства в водный и воздушный бассейны. Второй характеризует эффективность мер по защите ресурсов от всех видов потерь в период длительного хранения. В тех случаях, когда это представляется необходимым, учитывается возможность изменения технологических свойств ресурсов, снижающих их ценность как сырья, при возможных вариантах их эффективного использования.

Для определения эффективности складирования и хранения попутно извлекаемых минеральных ресурсов необходимо выполнить ряд наблюдений на контрольных участках и установить исходные данные для вычисления соответствующих коэффициентов.

Коэффициенты консервации вычисляются по формулам:

$$K^n_i = \frac{q_i - \Pi^n_i}{q_i}; \quad (6.51)$$

$$K^\Phi_i = \frac{q_i - \Pi^\Phi_i}{q_i}; \quad (6.52)$$

$$K^n_{\text{конс}} = \frac{1}{n} \sum \frac{(q_i - \Pi^n_i)}{q_i}; \quad (6.53)$$

$$K^\Phi_{\text{конс}} = \frac{1}{n} \sum \frac{(q_i - \Pi^\Phi_i)}{q_i}; \quad (6.54)$$

$$\Pi^n_i = \Pi^n_{\text{вод}} + \Pi^n_{\text{возд}} + \Pi^n_n; \quad \Pi^\Phi_i = \Pi^\Phi_{\text{вод}} + \Pi^\Phi_{\text{возд}} + \Pi^\Phi_n,$$

где $\Pi^n_{\text{конс}}$, $\Pi^\Phi_{\text{конс}}$ — проектный и фактический коэффициенты консервации отдельно взятого попутно извлекаемого минерального компонента; $\Pi^n_{\text{конс}}$, $\Pi^\Phi_{\text{конс}}$ — проектный и фактический обобщенные коэффициенты консервации попутно извлекаемых минеральных ресурсов; q_i — количество отдельно взятого попутно извлекаемого минерального ресурса, получаемого в течение контрольного периода (год, квартал, месяц, сутки, смена); Π^n_n , Π^Φ_n — проектные и фактические потери попутно извлекаемых минеральных ресурсов при их извлечении, транспортировании и складировании в течение контрольного периода; $\Pi^n_{\text{вод}}$, $\Pi^n_{\text{возд}}$, $\Pi^\Phi_{\text{вод}}$, $\Pi^\Phi_{\text{возд}}$, Π^n_n , Π^Φ_n — проектные и фактические потери попутно извлекаемых минеральных ресурсов в водный и воздушный бассейны, а также оставленные в горных выработках и других местах в течение контрольного периода.

Общие потери попутно извлекаемых минеральных ресурсов при их добыче, транспортировании и складировании можно определить по формулам:

$$P^n_{i \text{ скл}} = K^n_i P^n_{\text{изв. н. р.}}; \quad (6.55)$$

$$P^\Phi_{i \text{ скл}} = K^\Phi_i P^\Phi_{\text{изв. н. р.}}; \quad (6.56)$$

$$P_{\text{скл}}^n = \sum P_{i \text{скл}}^n; \quad (6.57)$$

$$P_{\text{скл}}^\phi = \sum P_{i \text{скл}}^\phi; \quad (6.58)$$

где $P_{i \text{скл}}^n$, $\sum P_{i \text{скл}}^\phi$ — фактические и проектные потери отдельного попутно извлекаемого ресурса при его складировании; $P_{i \text{скл}}^n$, $P_{i \text{скл}}^\phi$ — общие фактические и проектные потери всех попутно извлекаемых ресурсов; $P_{i \text{изв.п.р.}}^n$, $P_{i \text{изв.п.р.}}^\phi$ — количество попутно извлекаемого ресурса, подлежащего выемке; K_i^n , K_i^ϕ — фактический и проектный коэффициенты консервации попутно извлекаемых минеральных ресурсов.

Коэффициент резерва предприятия по повышению эффективности работ по складированию (консервации) попутно извлекаемых минеральных ресурсов определяется по формуле

$$K_{\text{резерв.конс}}^i = \frac{P_{i \text{скл}}^\phi - P_{i \text{скл}}^n}{P_{i \text{скл}}^n}, \quad (6.59)$$

где $K_{\text{резерв.конс}}^i$ — коэффициенты резерва эффективности работ по складированию отдельного минерального ресурса.

Для определения эффективности охраны попутно извлекаемых минеральных ресурсов необходимо дать оценку:

величины потерь ресурса;

изменения качества законсервированного минерального ресурса.

Общие потери ресурса в результате складирования и хранения можно определить по формулам:

$$P_{i \text{хр}}^\phi = \sum_{i=1}^m P_{i \text{хр}}^\phi; \quad (6.60) \quad P_{i \text{хр}}^n = \sum_{i=1}^m P_{i \text{хр}}^n; \quad (6.61)$$

$$P_{i \text{хр}}^\phi = \beta_i (1 - K_i^\phi) P_{i \text{изв.п.р.}}^\phi T;$$

$$P_{i \text{хр}}^n = \beta_i (1 - K_i^n) P_{i \text{изв.п.р.}}^n T;$$

$$\beta_i^\phi = \frac{P_i^\phi}{q_i}; \quad \beta_i^n = \frac{P_i^n}{q_i},$$

где $P_{i \text{хр}}^\phi$, $P_{i \text{хр}}^n$ — количество фактических и проектных потерь ресурса при его хранении в течение заданного промежутка времени; T — срок хранения ресурсов; β_i^n , β_i^ϕ — проектный и фактический коэффициенты потерь отдельно взятого ресурса в течение заданного периода их хранения; N_i^n , N_i^ϕ — проектный и фактический коэффициенты изменения техникологических свойств в процессе хранения; m — количество попутно извлекаемых минеральных ресурсов; P_i — средние фактические потери минерального ресурса в процессе его хранения на экспериментальном участке в течение года; q_i — общее количество попутно извлеченного минерального ресурса, переданное на хранение на экспериментальный участок (хранилище) в течение года.

Коэффициент резерва предприятия по повышению эффектив-

ности работ по охране попутно извлеченного минерального ресурса может определяться по формуле

$$K^i_{\text{резерв. хр}} = \frac{P^{\Phi}_I \text{ хр} - P^{\Phi}_I \text{ хр}^n}{P_I \text{ хр}^n}, \quad (6.62)$$

где $K^i_{\text{резерв. хр}}$ — резерв повышения эффективности работ по охране отдельного попутно извлекаемого ресурса.

Эффективность охраны попутно извлекаемых ресурсов можно определить через коэффициенты эффективности их охраны

$$E_{\Phi_i} = [1 - \beta_i (1 - K_{\Phi_i})] 100; \quad (6.63)$$

$$E^n_i = [1 - \beta_i (1 - K^n_i)] 100. \quad (6.64)$$

где E_{Φ_i} , E^n_i — фактический и проектный коэффициенты эффективности охраны попутно извлекаемого минерального ресурса.

Коэффициенты эффективности охраны показывают, какой процент попутно извлекаемых минеральных ресурсов сохранится после заданного срока его хранения.

Экономическая эффективность деятельности предприятия по добыче, хранению и использованию попутно извлекаемых ресурсов складывается из нескольких показателей.

Общие затраты предприятия по добыче, транспорту, складированию и хранению (захоронению), выпуску в окружающую среду жидких и газообразных выбросов, содержащих попутно извлекаемые минеральные ресурсы, могут быть определены по формулам:

$$Z^{\Phi} = \sum_{i=1}^n Z^{\Phi}_i, \quad Z^n = \sum_{i=1}^n Z^n_i; \quad (6.65)$$

$$Z^{\Phi}_i = \frac{1}{G_{\text{м.с}}^{\Phi}} (Z^{\Phi}_{\text{доб}} + Z^{\Phi}_{\text{тр}} + Z^{\Phi}_{\text{конд}} + Z^{\Phi}_{\text{конс}} + Z^{\Phi}_{\text{хран}}) G_{\Phi_i};$$

$$Z^n_i = \frac{1}{G_{\text{м.с}}^n} (Z^n_{\text{доб}} + Z^n_{\text{тр}} + Z^n_{\text{конд}} + Z^n_{\text{конс}} + Z^n_{\text{хран}}) G^n_i.$$

где Z^{Φ} , Z^n — общие фактические и проектные затраты по консервации или захоронению попутно извлекаемых минеральных ресурсов; Z^{Φ}_i , Z^n_i — фактические и установленные проектом затраты по добыче, консервации или захоронению отдельного попутно извлекаемого минерального ресурса; $Z^{\Phi}_{\text{доб}}$, $Z^{\Phi}_{\text{тр}}$, $Z^{\Phi}_{\text{конд}}$, $Z^{\Phi}_{\text{конс}}$, $Z^{\Phi}_{\text{хран}}$, $Z^n_{\text{доб}}$, $Z^n_{\text{тр}}$, $Z^n_{\text{конд}}$, $Z^n_{\text{конс}}$, $Z^n_{\text{хран}}$ — фактические и установленные проектом затраты на добычу, транспорт, кондиционирование (очистку), консервацию (складирование) и хранение единицы (м^3 , т) попутно извлекаемого минерального ресурса; G_i^{Φ} , G_i^n — фактическое и предусмотренное проектом количество попутно извлеченного минерального ресурса в течение года; $G_{\text{м.с}}^{\Phi}$, $G_{\text{м.с}}^n$ — годовой объем добытого предприятием минерального сырья, фактически и по плану.

Разница между проектными и фактическими удельными затратами характеризует эффективность работы предприятия по извлечению и хранению попутно извлекаемых минеральных ресурсов. Если фактические затраты превышают проектные, то эта разница указывает на экономический ущерб, который наносится предприятию в результате извлечения большего объема попутно извлекаемых ресурсов, чем предусмотрено проектом, или увеличения затрат на транспорт, консервацию, очистку (кондиционирование). Зная производительность рассматриваемого подразделения — горизонта, участка, добычной единицы; можно определить общие затраты на добычу, хранение попутно извлекаемых минеральных ресурсов

$$Z_{д.х}^{фi} = Z_i^{фi} G^{фi}, \quad (6.66)$$

$$Z_{д.х}^{пi} = Z_i^{пi} G^{пi}, \quad (6.67)$$

где $Z_{д.х}^{фi}$, $Z_{д.х}^{пi}$ — фактические и плановые приведенные затраты по добыче и хранению попутно извлекаемых ресурсов подразделения — горизонта, участка, выемочной единицы; $G^{фi}$, $G^{пi}$ — фактический и плановый объемы добычи минерального сырья подразделения.

Если в результате совершенствования технологии добычи полезного ископаемого — главных минеральных ресурсов — будет снижен общий объем попутно извлекаемых минеральных ресурсов или затраты на их транспорт, кондиционирование (очистку) и складирование, то разница между проектными и фактическими значениями будет характеризовать величину экономического эффекта от внедренных разработанных мероприятий

$$Z_{д.х}^i = (Z_{д.х}^{фi} - Z_{д.х}^{пi}); \quad (6.68)$$

$$Z_{д.х}^{об} = \sum_{i=1}^n (Z_{д.х}^{фi} - Z_{д.х}^{пi}), \quad (6.69)$$

где $Z_{д.х}^i$, $Z_{д.х}^{об}$ — показатели эффективности деятельности предприятия по добыче и хранению отдельного попутно извлекаемого ресурса.

Если показатель эффективности окажется со знаком «плюс», то будет получен экономический эффект от внедрения мероприятий по совершенствованию добычи основных минеральных ресурсов, а также по снижению затрат на добычу, транспорт и хранение попутно извлекаемых ресурсов.

Если показатель со знаком «минус», то будет иметь место экономический ущерб в результате невыполнения проектных показателей.

Общий экономический эффект (ущерб) работ по выемке и хранению попутно извлекаемых ресурсов определяется как раз-

ность фактических и плановых затрат, приходящихся на каждую выемочную единицу,

$$\Delta Z_i = Z_{д. х}^{ф} - Z_{д. х}^{п} \quad (6.70)$$

Если ΔZ_i со знаком «минус», то предприятию наносится ущерб и необходимо ставить вопрос о совершенствовании технологии и организации работ.

Эффективность работы горного предприятия по использованию попутно извлекаемых минеральных ресурсов определяется по формулам:

$$P\Phi_i = [C\Phi_i - (Z_{доб}^{\Phi} + Z_{тр}^{\Phi} + Z_{конд}^{\Phi} + Z_{п}^{\Phi})] G_{прод}^{\Phi i}; \quad (6.71)$$

$$P^{\pi}_i = [C^{\pi}_i - (Z_{доб}^{\pi} + Z_{тр}^{\pi} + Z_{конд}^{\pi} + Z_{п}^{\pi})] G_{прод}^{\pi i}; \quad (6.72)$$

$$P\Phi = \sum_{i=1}^n P\Phi_i; \quad (6.73)$$

$$P^{\pi} = \sum_{i=1}^n P^{\pi}_i, \quad (6.74)$$

где $P\Phi$, P^{π} , $P\Phi_i$, P^{π}_i — фактические и установленные проектом значения прибыли предприятия при использовании отдельно взятого и всех попутно извлекаемых ресурсов; $Z_{п}^{\Phi}$, $Z_{п}^{\pi}$ — фактические и установленные проектом затраты на переработку попутно извлекаемых ресурсов на единицу готового продукта; C_i^{Φ} , C_i^{π} — стоимость единицы продукции из i -го попутно извлекаемого ресурса; $G_{прод}^{\Phi}$, $G_{прод}^{\pi}$ — фактический и запланированный объемы готовой продукции из попутно извлекаемых ресурсов.

Оценка деятельности горного предприятия по добыче и переработке полезных ископаемых — важнейшее и необходимое условие при разработке комплекса природоохранных мероприятий на текущий период и составлении обоснованных планов его экономического и социального развития на длительную перспективу. В современных условиях технологическими процессами на всех этапах добычи и переработки полезных ископаемых необходимо управлять с учетом требований по охране окружающей среды и действующих нормативов рационального использования главных, сопутствующих и попутно извлекаемых минеральных ресурсов.

Контрольные вопросы

1. Какие могут быть потери полезного ископаемого при отработке месторождения подземным способом?
2. Какие показатели характеризуют эффективность отработки месторождения?
3. Как оценить эффективность консервации запасов?

7. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

7.1. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

При добыче и переработке полезных ископаемых оценка эффективности использования земельных ресурсов требует определения ряда показателей, характеризующих использование, нарушение и загрязнение земель.

Каждое горное предприятие располагает земельным отводом, который выделяется ему в порядке, установленном Основами земельного законодательства Союза ССР и союзных республик. В пределах земельного отвода горного предприятия выделяются участки, занятые промышленными зданиями и сооружениями и жилыми массивами (промышленные площадки и жилые районы), используемые постоянно (постоянный земельный отвод). Карьерные выемки, внутренние и внешние отвалы, зоны обрушения, дороги и другие технологические объекты, связанные с краткосрочным использованием земель, располагаются на земельных отводах, предоставляемых предприятию на срок от 3 до 10 лет.

Площади земельных отводов, выделяемых горнодобывающим предприятиям, зависят от горно-геологических условий, выбранного способа отработки месторождения, параметров схем вскрытия и систем разработки, способа отвалообразования вскрышных пород и ряда других технологических факторов. Например, основными землеемкими технологическими объектами при открытом способе отработки месторождений являются: вскрывающие траншеи, карьерные выемки, внешние и внутренние отвалы пород, хвостохранилища, технологические дороги, линии электропередач. Земли, выделенные для этих объектов на длительный срок, исключаются из хозяйственного пользования и в большинстве своем являются эрозийноопасными территориями, способствующими загрязнению прилегающих земельных угодий.

Часть земель в пределах земельных отводов не используется для технологических нужд, что снижает эффективность их применения в целом.

В ряде случаев при интенсивном загрязнении атмосферного воздуха вокруг промышленных предприятий и отдельных технологических объектов выделяются санитарно-защитные зоны, в пределах которых земли используются не полностью. Разме-

ры и форма санитарно защитных зон определяются параметрами технологических процессов и эффективностью действия очистных сооружений и других защитных мероприятий.

Коэффициент эффективности использования земель в пределах земельного отвода определяется по формуле

$$K_{\text{эф}} = \frac{\sum (S_i^{\text{т}} + S_i^{\text{с-з}})}{S_{\text{отв}}}, \quad (7.1)$$

где $S_i^{\text{т}}$ — площадь земель, занятых i -м сооружением, технологическим объектом, га; $S_i^{\text{с-з}}$ — площадь земель в пределах санитарно-защитной зоны i -го сооружения, технологического объекта, га; $S_{\text{отв}}$ — площадь земельного отвода предприятия, га.

Коэффициент эффективности в пределах земельного отвода позволяет дать оценку полноты использования земель на действующих предприятиях и выявить участки, которые досрочно можно вернуть прежним землепользователям или использовать для удовлетворения потребностей самого предприятия, например, для организации собственного подсобного предприятия по производству сельскохозяйственной продукции. При проектировании новых и реконструкции действующих горных предприятий по значению коэффициента эффективности использования земель можно оценивать различные варианты расположения технологических объектов и определять оптимальные формы и размеры земельных отводов.

Как уже отмечалось, значительные площади земельных угодий подвергаются вредному воздействию горных работ за пределами земельных отводов, где снижаются объемы и качество сельскохозяйственной продукции. Каждый технологический объект имеет свою зону влияния и зону влияния предприятия в целом, т. е. границы возникшего природно промышленного комплекса определяются размерами и формой зон влияния отдельных технологических объектов предприятия. Размеры зон вредного влияния зависят от способа отработки и схемы вскрытия месторождения, применяемой техники и ряда других факторов, определяющих характер и интенсивность нарушения и загрязнения подземных вод (размеры депрессионной воронки, концентрация загрязняющих веществ, интенсивность геохимического воздействия и др.) и атмосферного воздуха (распространение и объем пылегазового облака при массовых взрывах, ареал распространения пыли вокруг хвостохранилища и др.). Размеры зон вредного влияния технологических объектов, т. е. границы зон экологических нарушений, определяются по результатам обследования состояния окружающей природной среды и получения фактических данных о снижении продуктивности и качества продукции на соответствующих сельскохозяйственных и лесных угодьях. Размеры зон вредного

Удельная землеемкость карьера, га/млн. м³

Год	Технологическая	Экологическая	
		с учетом геохимического воздействия	с учетом воздействия пылевых выбросов из карьера и отвалоу
1987	50	160	7000
1988	32	112	4000
1989	30	93	3000

влияния технологических объектов на природную среду во времени и в результате перемещения фронта горных работ могут меняться. Например, увеличение размеров зон влияния может наблюдаться при росте объемов добычи (развитии горного предприятия), а уменьшение — при реализации эффективных мер защиты земель от нарушения и загрязнения.

В табл. 7.1 представлены данные, характеризующие изменение текущей технологической и экологической удельной землеемкости карьера по выданной горной массе.

Из представленных данных видно, что размеры зон фактически нарушенных земель значительно превышают площади, занятые собственно объектами горного предприятия. Снижение удельной землеемкости по годам объясняется увеличением производственной мощности карьера по горной массе.

Общая площадь земель, используемая, нарушаемая и загрязняемая при добыче и переработке полезных ископаемых, включает в себя территории, занятые земельными отводами предприятий, отдельных технологических объектов; санитарно-защитные зоны вокруг технологических объектов (если они не входят в пределы земельных отводов) и зоны экологических изменений (вредного действия технологических объектов на природную среду). Таким образом, общая площадь, занятая природно-промышленным комплексом $S_{п.п.к.}$, определяется

$$S_{п.п.к.} = \sum_{i=1}^n (S_i^{з.о.} + S_i^{с-з.з.} + S_i^{з.э.н.}), \quad (7.2)$$

где $S_i^{з.о.}$, $S_i^{с-з.з.}$, $S_i^{з.э.н.}$, S_i — площадь земельного отвода соответственно для i -го технологического объекта, санитарно-защитной зоны и зоны экологических изменений; n — количество технологических объектов, имеющих обособленную зону экологических изменений.

Для оценки эффективности использования земельных ресурсов при добыче и переработке полезных ископаемых может применяться показатель удельной землеемкости, т. е. площадь используемых, нарушаемых или загрязняемых земель, отнесенная к единице продукции (выданной горной массы, до-

бытого и обогащенного полезного ископаемого и т. д.). Его целесообразно использовать при выборе оптимальных технологических решений при проектировании горных предприятий, а также мероприятий по охране и повышению эффективности использования земельных ресурсов.

Интегральный показатель эффективности использования земель горного предприятия будет включать в себя несколько частных, в сумме характеризующих общую удельную замлеемость, вычисляемых с учетом конкретных условий.

Принципиально могут выделяться четыре варианта условий. Первый, когда каждый технологический объект предприятия (шахта, карьер, обогатительная фабрика и т. д.) имеет свой обособленный земельный отвод и зону экологических изменений за его пределами. При этом зона экологических изменений не связана с действием других технологических объектов предприятия. Для этого случая расчетные формулы по определению интегрального показателя эффективности использования земель будут иметь вид:

$$K_{\text{ип}}^{\text{эф.з}} = \sum_{i=1}^n K_i^{\text{эф.з}};$$

$$K^{\text{эф.з}} = K_i^{\text{т}} + K_i^{\text{с-з.з}} + K_i^{\text{н.з}} + K_i^{\text{з.э.и}}; \quad (7.3)$$

$$K_i^{\text{т}} = \frac{S_i^{\text{т}}}{V}; \quad K_i^{\text{с-з.з}} = \frac{S_i^{\text{с-з.з}}}{V}; \quad K_i^{\text{н.з}} = \frac{S_i^{\text{н.з}}}{V};$$

$$K_i^{\text{з.э.и}} = \frac{S_i^{\text{з.э.и}}}{V},$$

где $K_{\text{ип}}^{\text{эф.з}}$, $K_i^{\text{эф.з}}$ — коэффициенты эффективности использования земель соответственно для предприятия в целом и для отдельного технологического объекта; $K_i^{\text{т}}$, $K_i^{\text{с-з.з}}$, $K_i^{\text{н.з}}$, $K_i^{\text{з.э.и}}$ — коэффициенты замлеемости зон: технологической, санитарно-защитной, неиспользуемых земель и экологических изменений; $S_i^{\text{т}}$, $S_i^{\text{с-з.з}}$, $S_i^{\text{н.з}}$, $S_i^{\text{з.э.и}}$ — площадь зон соответственно технологической, санитарно-защитной, неиспользуемых земель и с экологическими изменениями; V — объем продукции, производимой технологическим объектом в единицу времени.

Технологическая зона в данном случае включает в себя земли: в пределах земельного отвода; занятые зданиями и сооружениями на территории промышленных площадок; участки в пределах зон нарушения поверхности, развивающихся в результате ведения горных работ; занятые линиями электропередач, технологическими дорогами и другими коммуникациями.

Санитарно-защитные зоны устраиваются вокруг технологических объектов, загрязняющих окружающую среду в пределах, превышающих установленные нормативы.

Неиспользуемые земли — это земли в пределах земельных отводов, не занятые зданиями и сооружениями, санитарно-защитными зонами, технологическими дорогами и другими коммуникациями. Общая площадь неиспользуемых земель определяется по формуле

$$S_i^{н.з} = S_i^{з.о} - (S_i^T + S_i^{с.з.з}), \quad (7.4)$$

где $S_i^{з.о}$ — площадь земельного отвода технологического объекта.

Зона экологических изменений в данном случае включает в себя сельскохозяйственные, лесохозяйственные и другие угодья и участки, расположенные за пределами земельных отводов и подвергающиеся вредному воздействию со стороны технологического объекта, где имеют место снижение продуктивности экологических систем и ухудшение качества их продукции. Размеры зон экологических изменений определяются по формуле

$$S_i^{з.э.н} = S_i^{н.н} - S_i^{з.о}, \quad (7.5)$$

где $S_i^{н.н}$ — площадь зоны вредного влияния технологического объекта на окружающую среду, где имеют место экологические изменения.

Второй вариант характеризует условия, когда каждый технологический объект имеет свой земельный отвод, а зона экологических изменений одинакова. Зоны влияния отдельных объектов объединяются в одну, и выделить локальные зоны вокруг каждого технологического объекта нет возможности или необходимости.

В этом случае интегральный показатель эффективности использования земель предприятия вычисляется по формуле

$$K_{пр}^{эф.з} = \sum_{i=1}^n (K^T + K^{с.з.з}) + K_{пр}^{н.з} + K_{пр}^{з.э.н};$$

$$K_{пр}^{н.з} = \frac{q_i \left[S_{пр}^{з.о} + \sum_{i=1}^n (S_i^T + S_i^{с.з.з}) \right]}{G_i}; \quad (7.6)$$

$$q_i = \frac{S_i^T}{S_{пр}^{з.о}};$$

$$K_{пр}^{з.э.н} = \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i \left(S_{пр} - \sum_{i=1}^n S_i^{з.о} \right)}{G}$$

где $K_{пр}^{эф.з}$ — коэффициент землеемкости зоны экологических изменений предприятия; ω — удельный вес i -го технологического объекта в формировании общей зоны экологических изменений вокруг предприятия; $S_{пр}^{з.о}$ — площадь зоны вредного влия-

ния предприятия на природную среду, где имеются экологические изменения.

Третий вариант характеризует условия, когда часть технологических объектов предприятия будет иметь свой земельный отвод и зону экологических изменений, не связанную с аналогичными других объектов, а часть — общий земельный отвод и единую зону экологических изменений, т. е. третий вариант объединяет два предыдущих. Формула для определения интегрального показателя эффективности использования земель предприятия будет иметь вид

$$\begin{aligned}
 K_{\text{пр}}^{\text{эф.з}} &= \sum_{i=1}^n K_i^{\text{эф.з}} + \sum_{i=n-m+1}^m (K_i^{\text{г.з.з}} + K_{\Sigma m}^{\text{н.з}} + K_{\Sigma m}^{\text{з.з.и}}), \\
 K_{\Sigma m}^{\text{з.з.и}} &= \sum_{i=n-m+1}^m \frac{\omega_i (S_{\Sigma m}^{\text{н.з}} - \sum_{i=n-m+1}^m S_i^{\text{з.з.и}})}{G}, \\
 K_{\Sigma m}^{\text{н.з}} &= \sum_{i=n-m+1}^m \frac{q_i \left[S_{\Sigma m}^{\text{з.з.и}} - \sum_{i=1}^m (S_i^{\text{г.з.з}} + S_i^{\text{з.з.и}}) \right]}{G}, \\
 q_i &= \frac{S_i^{\text{г.з.з}}}{S_{\Sigma m}^{\text{з.з.и}}}.
 \end{aligned} \tag{7.7}$$

где n — количество технологических объектов предприятия, имеющих свой земельный отвод и индивидуальную зону экологических изменений; m — количество технологических объектов предприятия, имеющих общую зону экологических изменений; $K_{\Sigma m}^{\text{н.з}}$, $K_{\Sigma m}^{\text{з.з.и}}$ — коэффициенты землеемкости для неиспользуемых земель и зоны экологических изменений для группы технологических объектов, расположенных на одном земельном отводе; $S_{\Sigma m}^{\text{н.з}}$ — площадь зоны экологических изменений вокруг технологических объектов, расположенных на одном земельном отводе; q_i — удельный вес площади, занятой технологическими зданиями и сооружениями i -го объекта ($S_i^{\text{г.з.з}}$) к общей площади земельного отвода.

Четвертый вариант характеризует условия, когда технологические объекты предприятия располагаются на одном земельном отводе, а зоны экологических изменений, образующиеся вокруг каждого объекта, не пересекаются и существуют обособленно. Формула для определения интегрального показателя эффективности использования земель имеет вид

$$K_{\text{пр}}^{\text{эф.з}} = \sum_{i=1}^n (K_i^{\text{г.з.з}} + K_i^{\text{з.з.и}} + K_i^{\text{н.з}}) + K_i^{\text{н.з}} \tag{7.8}$$

Таким образом, для повышения эффективности использования и охраны земельных ресурсов при добыче и переработке полезных ископаемых необходимо:

обеспечение рационального использования земельных ресурсов в пределах земельного отвода при строительстве и эксплуатации горных предприятий;

повышение эффективности последующей рекультивации земель, нарушенных в результате ведения работ по добыче и переработке полезных ископаемых в пределах земельных отводов;

увеличение, сохранение или восстановление продуктивности сельскохозяйственных, лесных и других земельных угодий, расположенных в зоне вредного влияния предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых.

Все эти три направления требуют внедрения комплекса инженерных, экологических и организационных мероприятий, связанных с совершенствованием технологии ведения работ по добыче и переработке полезных ископаемых; с использованием наиболее эффективных направлений рекультивации нарушенных земель; с выбором эффективных мероприятий по защите земель от загрязнения, водной и ветровой эрозии, а также применения других мелиоративных и агротехнических работ, обеспечивающих повышение, сохранение или восстановление продуктивности деградированных угодий, расположенных за пределами земельных отводов в зоне активного влияния промышленных предприятий.

Под рациональным использованием земель в пределах земельного отвода следует понимать обеспечение минимально возможных площадей их нарушения; повышение или сохранение их ценности при возвращении прежнему землепользователю; получение максимально возможной сельскохозяйственной, лесной и другой продукции с угодий, расположенных в пределах земельного отвода на территории, не занятой промышленными объектами, и находящихся за пределами зон интенсивного нарушения (подработки) и загрязнения; снижение до минимума степени нарушения земель; сокращение срока их изъятия у прежних землепользователей.

Повышение эффективности рекультивации нарушенных земель связано с определением наиболее перспективных ее направлений и обеспечением достижения максимально возможной продуктивности восстанавливаемых земель в конкретных условиях при минимальных затратах. При этом необходим всесторонний учет климатических, экологических, социальных и других факторов. Для повышения эффективности рекультивации нарушенных земель действующего предприятия необходимо:

дать экологическую и социально-экономическую оценку существующего в данном районе опыта рекультивационных работ;

для каждого объекта, подлежащего рекультивации, обеспечить выбор наиболее рациональных ее направлений, дающих

наибольший экологический, экономический и социальный эффекты как для предприятия, ведущего работы, так и для прежнего землепользователя, после передачи ему восстановленных земель;

выдержать оптимальные сроки выполнения работ по рекультивации и передаче восстановленных угодий прежним землепользователям.

Повышение, сохранение или восстановление продуктивности пострадавших угодий за пределами земельного отвода — важная народнохозяйственная задача. При проектировании комплексных мероприятий по повышению эффективности использования и охране земельных ресурсов необходимо:

определить характер и влияние предприятия на сельскохозяйственные, лесные и другие угодья, расположенные за пределами земельного отвода;

выбрать и обосновать комплекс технологических мероприятий, обеспечивающих снижение степени влияния работ по добыче и переработке полезных ископаемых на земельные угодья, расположенные за пределами земельного отвода;

выбрать и обосновать комплекс экологически и экономически целесообразных мероприятий, обеспечивающих снижение степени загрязнения, ветровой и водной эрозии почв, а также других агротехнических и мелиорационных мероприятий, обеспечивающих заданный уровень продуктивности деградированных угодий.

7.2. ПАСПОРТИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

При строительстве и эксплуатации промышленных предприятий нарушается рельеф местности, изменяются состав и режим поверхностных и подземных вод, загрязняется воздушный бассейн и меняется продуктивность почв. В результате первоначальная (естественная) экологическая система окружающего района претерпевает значительные изменения. Нарушаются ее энергетика, естественный круговорот веществ, биохимические и другие процессы.

Окружающая природная среда (новая экологическая система района), где функционирует промышленное предприятие, в структурном отношении состоит из ряда относительно устойчивых техногенных участков и угодий, экологические системы которых сформировались на месте естественных (первоначальных) биогеоценозов и продолжают функционировать в условиях постоянного воздействия технологических линий промышленных предприятий (предприятия). При решении вопросов повышения эффективности использования и охраны земельных ресурсов главная задача состоит в том, чтобы характер и глубина

ла изменений, качественные и количественные характеристики новых экологических систем увязывались с действующими санитарными нормами, а также с требованиями соответствующих нормативов по обеспечению заданного уровня продуктивности сельскохозяйственных, лесных и других угодий.

Из сказанного следует, что под рациональным использованием и охраной земельных ресурсов при строительстве и эксплуатации горных промышленных предприятий следует понимать снижение до минимума или полное исключение нарушений земной поверхности и обеспечение заданной (оптимальной) продуктивности сельскохозяйственных, лесных и других угодий, расположенных в зоне активного действия промышленных и коммунально-бытовых предприятий. При такой постановке задачи основными охраняемыми объектами должны стать не отдельные элементы окружающей среды (рельеф, почвы или живые организмы), а экологические системы лесов, полей, лугов, промышленных и жилых площадок, рекреационных объектов, а также экологическая система рассматриваемого ППК в целом.

Основной отличительной особенностью новых (техногенных) экологических систем, образовавшихся в зоне действия предприятия, от природных, существовавших до начала строительства и эксплуатации, является то, что эти новые техногенные экологические системы функционируют только при наличии постоянных связей с технологическими линиями предприятий. Эти связи могут существенно влиять на круговорот веществ и поток энергии в экологической системе, т. е. предприятия, их технологические линии становятся важными функциональными звеньями новой экологической системы окружающего района и отдельных ее частей.

В структурном отношении экологическая система ППК (экологическая система первого порядка) состоит из ряда систем второго порядка, которые возникают в зонах влияния отдельных крупных структурных подразделений и технологических объектов промышленных и коммунально-бытовых предприятий. В этом случае можно выделять экологические системы, сформировавшиеся в зоне влияния отдельных шахт, карьеров, обогатительных фабрик, заводов, отвалов вскрышных пород и других крупных промышленных и коммунально-бытовых объектов.

Внутри зон влияния отдельных предприятий и их структурных подразделений могут выделяться относительно однородные техногенные участки и угодья (промышленные и жилые площадки, отвалы, хвостохранилища, преобразованные лесные, сельскохозяйственные и другие угодья). Эти выделенные техногенные участки и угодья при составлении структурной схемы используемых земельных ресурсов принимаются в качестве ба-

зовых (элементарных) структурных единиц экологической системы территории ППК. Экологические системы этих выделенных базовых элементарных техногенных участков и угодий представляют собой экологические системы третьего порядка, которые охватывают участки как в пределах земельных отводов, так и вне их. При определении плановых показателей, выборе и обосновании конкретных мероприятий по повышению эффективности использования и охраны земельных ресурсов за основу необходимо принимать именно эти базовые техногенные участки и угодья, т. е. все экологические системы третьего порядка. Параметры этих систем определяются в основном различием абиотических свойств компонентов окружающей среды (особенностями рельефа местности, режимами изменения влажности грунтов, действия радиации Солнца, ветра и др.) и в связи с этим неодинаковыми результатами воздействия производства на эти компоненты, т. е. отличаются разнообразием и глубиной экологических изменений, которые происходят в окружающей среде в результате строительства и эксплуатации отдельных цехов и технологических объектов рассматриваемых предприятий.

Основной документ, характеризующий состояние земельных ресурсов в зоне влияния промышленных и коммунально-бытовых предприятий ППК, — инженерно-экологическая карта-схема земель ППК. На карту наносятся результаты комплексного полевого обследования земельных ресурсов ППК, указываются границы отдельных экосистем (базовых техногенных участков и угодий), однородных по своему компонентному составу — растительности, почвам, почвообразующим и подстилающим породам, а также по техногенезу, типам и интенсивности нарушений и загрязнений. Одновременно указывается общая граница зоны, где проявляется влияние рассматриваемых предприятий.

Картографическое изображение района действия ППК сопровождается легендой, врезками, профилями, разрезами, эюрами, диаграммами и блок-диаграммами, которые характеризуют процессы изменения природной среды и интенсивность изменения экологических параметров во времени.

Инженерно-экологическая карта района в зависимости от размеров элементарных единиц районирования и нестрогости техногенного ландшафта выполняется в масштабе 1:5000, 1:10000. К ней прилагается пояснительная записка, в которой даются инженерно-экологические паспорта земельных угодий с необходимыми графическими приложениями, характеризующими динамику развития нарушений земельных ресурсов во времени и в результате развития горных и других работ.

Инженерно-экологический паспорт выделенных земельных угодий содержит сведения о выделенных экологических зонах

Инженерно-экологический паспорт земельных угодий, расположенных в зоне

Структурное подразделение или отдельный технологический объект, базовое техногенное земельное угодье	Индекс на карте-схеме	Параметр (характеристика среды)	Единица измерения	Характеристика изменений			
				Первоначальное значение параметра в единицах измерения	Фактическое значение показателя		
					единица измерения	% к первоначальному значению	
1	2	3	4	5	6	7	

Примечание. В графах 3—13 дается характеристика трех групп изменений: про

вокруг промышленных предприятий и входящих в их состав элементарных базовых техногенных участках и угольях.

При заполнении паспорта вначале указывается название структурного подразделения (цеха, отдельного технологического объекта, шахты, карьера, обогатительной фабрики, завода, отвала пород, хвостохранилища и т. д.), затем базовая экологическая единица (техногенное земельное угодье), которая в дальнейшем берется за основу при составлении прогнозных заключений, разработке планов повышения эффективности использования и охраны земельных ресурсов предприятия.

Инженерно-экологический паспорт земельных угодий (табл. 7.1) содержит фактические данные, полученные на момент обследования, и прогнозные, определяемые по периодам реализации комплексного плана (5, 10 и 15 лет).

7.3. ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Формирование горнопромышленных ландшафтов и системы зеленых насаждений. Основное направление работ при решении вопросов охраны и рационального использования земель при добыче и переработке полезных ископаемых — создание горнопромышленных ландшафтов с необходимыми свойствами, удовлетворяющими интересам населения.

Целенаправленное формирование горнопромышленных ландшафтов в районе действующего горного предприятия является важнейшей задачей практического освоения месторождений полезного ископаемого. При этом большое значение приобретают вопросы рационального использования всех природных ресурсов и соблюдение нормативов антропогенной нагрузки на

влияния предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых

компонентов природной среды						Характеристика источника (причины) нарушения или загрязнения	
Прогноз изменения параметра по периодам планирования, лет							
5		10		15		технологический процесс источника нарушения или загрязнения	индекс источника нарушения или загрязнения
единица измерения	% к первоначальному значению	единица измерения	% к первоначальному значению	единица измерения	% к первоначальному значению		
8	9	10	11	12	13	14	15

странственных, абиотических и биотических характеристик.

соответствующие природные комплексы. Эти нагрузки прежде всего определяются допустимой степенью экологических изменений компонентов окружающей среды: рек, лесных и сельскохозяйственных угодий, подземных водоносных горизонтов и т. д. Производство горных работ, формирование отвалов, хвостохранилищ и возведение и эксплуатация других технологических объектов на поверхности следует осуществлять с учетом требований последующей их рекультивации, создания на нарушенных участках естественного ландшафта, новых высокоэффективных средообразующих компонентов. Своевременное выполнение работ по восстановлению (рекультивации) нарушенных участков ландшафтов позволяет значительно сократить вредное воздействие горных работ на окружающую среду и создать необходимые условия для самовозобновления высокопродуктивных экологических систем нарушенных объектов и сократить общие затраты на охрану и воспроизводство природных ресурсов района.

Выбор направлений и проектирования конкретных мероприятий по охране и рациональному использованию земельных ресурсов, созданию оптимальных техногенных ландшафтов осуществляется в три этапа

Первый, предпроектный, в течение которого осуществляются необходимые инженерно-экологические изыскания и даются оценка и прогноз состояния природной среды в пределах границ формируемого или сформировавшегося природно-промышленного комплекса. Основная задача этого этапа — получение всех исходных данных для выбора и проектирования природоохранных мероприятий и создание оптимальных ландшафтов.

Во втором этапе проектирования осуществляется выбор оптимального варианта проектного решения по созданию рационального техногенного ландшафта и поддержание его длитель-

ное время. Основная задача — выбор технически возможных, экологически состоятельных и экономически целесообразных вариантов достижения поставленных задач. Создание рационального ландшафта должно достигаться в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами.

Третий этап включает разработку проектов всех мероприятий, входящих в состав выбранного варианта, конкретных инженерных мер по совершенствованию техники и технологии добычи и переработки полезных ископаемых, строительству очистных сооружений и защитных сооружений по охране водного и воздушного бассейнов, рекультивации нарушенных и деградированных земель, восстановлению и повышению продуктивности водоемов и др.

При разработке проектов создания рациональных техногенных ландшафтов особое внимание должно уделяться следующим вопросам

облагораживанию неиспользуемых участков с нарушенными деградированными землями, их рекультивация, озеленение или обводнение;

правильному выбору площадок для размещения промышленных объектов (источников загрязнения водного и воздушного бассейнов), а также сооружений невыразительных в эстетическом аспекте;

приведению в порядок полос отчуждения и территорий, прилегающих к магистралям (дороги, линии электропередач, трубопроводы и т. п.), промышленных и жилых площадок (зон), складских, коммунально-бытовых и других территорий;

достижению единой взаимосвязанной системы всех природоохранных мероприятий в пределах проектируемого ландшафта, постоянному поддержанию его в оптимальном состоянии, улучшению биологических, эстетических и функциональных его свойств.

Важное направление работ по созданию оптимальных техногенных ландшафтов в зоне действия горных предприятий — охрана растительности и формирование новых систем зеленых насаждений. Основные задачи при этом следующие: поддержание в районе функционирования предприятия необходимой лесистости территории и создание системы зеленых насаждений: выделение в составе зеленых насаждений охранных лесов, санитарно-защитных зон и полос различного назначения; выделение видов растений, подлежащих охране, и определение необходимых мер по их сохранению, замена пораженной растительности более устойчивыми видами в зонах экологических изменений.

Важнейшей характеристикой системы зеленых насаждений в районе функционирования горного предприятия является минимально необходимая лесистость, которая складывается из ле-

сов и других зеленых насаждений, имеющих природоохранное или социальное значение (водоохранные и полезащитные леса и полосы, зеленые санитарно-защитные зоны, территории массового отдыха трудящихся, охранные зоны памятников культуры и т. д.).

Минимально необходимая лесистость зависит от природно-климатических условий района, характера и интенсивности воздействия горных и других промышленных предприятий на элементы и компоненты окружающей природной среды, направлений и степени хозяйственного освоения района и перспектив освоения в будущем. Минимально необходимая лесистость рассчитывается в соответствии со специальными нормативами и укрупненными показателями (табл. 7.2).

При формировании системы зеленых насаждений и пространственном размещении ее функциональных элементов должны выполняться следующие требования:

разнообразие породного, видового, возрастного и функционального состава насаждений, способствующее усилению мозаичности ландшафта, увеличению биологической продуктивности и эффективности выполнения системой зеленых насаждений разнообразных природоохранных, хозяйственных, санитарно-защитных и других функций;

целостность системы, последовательное формирование экологически устойчивых массивов, связанных с лесами смежных районов, которое обеспечивает беспрепятственную миграцию представителей животного мира и создает необходимые условия для естественного расширенного возобновления лесных насаждений;

оптимальная конфигурация системы с учетом метеорологических, геоморфологических, гидрологических, транспортных, производственных и других природных и антропогенных факторов, характерных для данного горнопромышленного района и определяющих эффективное выполнение системой защитных функций, а также формирование полноценного с эстетической точки зрения ландшафта;

возможность дальнейшего количественного и качественного развития системы в результате расширения номенклатуры зеленых насаждений и размеров площадей, включая новые лесопосадки, создаваемые на деградированных, неудобных и бросовых землях, а также рекультивированных участках, нарушенных горными работами

Наиболее серьезной проблемой является сохранение лесных насаждений, испытывающих большие антропогенные нагрузки. В качестве оптимальных рассматриваются такие нагрузки на компоненты зеленых насаждений, при которых не прекращается устойчивое качественное развитие растительного покрова

Наиболее важное значение при рекультивации нарушенных

Ориентировочные показатели лесистости
и общая характеристика лесных насаждений

Природно-климатические зоны	Лесистость, %		Назначение лесов	Рекомендуемые лесные породы
	максимально необходимая	оптимальная		
Полупустыни и степи	7—8	12—15	Защита сельскохозяйственных земель от ветровой и водной эрозии и засухи; рекреационные функции	Долговечные, биологически устойчивые породы: дуб, бук. Быстрорастущие: тополь, береза и др.
Лесостепная	10—15	20—25	Климаторегулирующие, водорегулирующие и рекреационные функции; удовлетворение внутрирайонной потребности в древесине	Твердолиственные: дуб, клен, ясень, Быстрорастущие: тополь, береза, на песках — сосна
Смешанных и хвойных лесов	25—30	30—35	Климаторегулирующие, водорегулирующие и рекреационные функции	Коренные породы: ель, сосна, липа, береза, лиственница, кедр и т. д.
В том числе:				
Пригородные зоны крупных городов	30—35	30—35		
Районы питания рек	50—60	50—60		
Горные районы	60	60		
Курортные районы	Более 60	Более 60		

Примечание. Представленные данные учитывают равномерный характер распределения лесов по территории. При островном характере размещения зеленых насаждений параметры лесистости необходимо увеличить на 10—20%.

и восстановлении деградированных сельскохозяйственных земель имеют водорегулирующие, почвозащитные и снегораспределительные лесные полосы. Плотность, конфигурация и конструкция лесных полос устанавливаются в зависимости от конкретных условий. Полезащитные полосы устраиваются в двух перпендикулярных направлениях. Продольные полосы закладывают в двух перпендикулярных направлениях. Продольные полосы закладывают против (поперек) преобладающих в данной местности ветров. При этом допускаются отклонения, но не более чем на 30°. В районах, где преобладает опасность ветровой эрозии почв, устраивают ажурные защитные полосы, отлич-

чающиеся меньшей продуваемостью в своей нижней части; при водной эрозии — плотные непродуваемые лесопосадки. Считается, что наиболее целесообразно закладывать полосы на расстоянии друг от друга, равном 30—40 высотам взрослых деревьев.

Вдоль железных и автомобильных дорог союзного, республиканского и областного (краевого) значения выделяются защитные лесные полосы, а в безлесных районах устраиваются защитные зеленые полосы из устойчивых по отношению к угарному газу, оксидам азота и свинцу древесных пород. Ширина защитной полосы принимается в зависимости от значения транспортной магистрали, но не менее 20 м.

Особое внимание в системе зеленых насаждений уделяется санитарно-защитным зонам вокруг промышленных предприятий и участкам, где проявляются интенсивные экологические изменения и развивается деградация земельных угодий. Вредные воздействия промышленных предприятий могут распространяться на значительные расстояния, являясь причиной загрязнения и нарушения атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод. В районе вредного влияния горных предприятий выделяются четыре зоны экологических изменений. Первая (зона сильных нарушений и загрязнений) характеризуется сплошной гибелью коренных растительных сообществ и в зависимости от характера и интенсивности воздействия распространяется на расстояние 0,5—6 км. Для второй (зона умеренных нарушений и загрязнений) характерны угнетение и гибель большей части коренных растительных сообществ и замена их более устойчивыми к новым условиям; распространяется эта зона в радиусе 1—15 км. В третьей зоне (слабых нарушений и загрязнений), где воздействие на природные комплексы незначительно, наблюдается гибель только отдельных деревьев на фоне общего снижения продуктивности естественных растительных сообществ. Третья зона распространяется на 2—30 км и более. Ее внешняя граница принимается за границу природно-промышленного комплекса, сформировавшегося на базе предприятия по добыче и переработке полезных ископаемых. В четвертой зоне могут наблюдаться изменения в составе атмосферного воздуха и грунтовых вод в пределах, не превышающих действующие нормы (ПДК), но выше кларковых, средних многолетних значений для данной местности. Экологических нарушений растительных сообществ в этой зоне нет.

Выбор ассортимента древесно-кустарниковых пород для санитарно-защитных зон, устройства защитных насаждений при рекультивации нарушенных и восстановлении деградированных земель в пределах первой и третьей зон осуществляется с учетом характера и интенсивности нарушения и загрязнения компонентов природной среды. Для обеспечения посадочным мате-

риалом целесообразно предусматривать устройство лесопитомников из расчета 0,1 га на 1 га озеленяемой и рекультивируемой площади. Обычно питомники размещаются вблизи существующих или проектируемых дорог на участках 25—50 га с благоприятными почвенно-грунтовыми условиями. По границам питомников предусматриваются защитные насаждения со стороны преобладающих ветров.

Фактическое состояние и проектные решения по формированию системы зеленых насаждений при рекультивации нарушенных и восстановленных деградированных земель в зонах экологических изменений представляются на двух картах-схемах. На первой дается расположение технологических объектов, являющихся источниками нарушения и загрязнения земель, указываются границы зон экологических изменений и участков, подлежащих рекультивации. На второй дается прогнозное состояние системы зеленых насаждений по периодам реализации проекта (5, 10, 15 лет) по всей территории природно-промышленного комплекса.

При разработке проектов системы зеленых насаждений и формировании оптимальных техногенных ландшафтов на территории природно-промышленных комплексов при добыче и переработке полезных ископаемых целесообразно соотношение размеров зон с полностью нарушенными экологическими системами (зоны интенсивных и умеренных загрязнений и нарушений) и с экологически устойчивыми природными комплексами принимать с учетом конкретных природных условий.

В первом приближении максимальная степень нарушенности естественных экологических систем, т. е. площади с интенсивно используемыми землями в районах широколиственной лесной, лесостепной и степной зонах (шолзонах), не должны превышать 55—70%. Соответственно общая площадь системы зеленых насаждений в этих районах, позволяющая рассчитывать на экологическое равновесие, должна быть в пределах 30—35% общей территории ЦПК. В районах южной тайги при допустимой освоенности территории 50% площади системы зеленых насаждений должны составлять не менее 25%. В районах северной тайги при допустимой освоенности территории 20% площади территории зеленых насаждений с устойчивыми экологическими системами должны составлять не менее 10%. В арктических и тундровых зонах, а также в пустынных и полупустынных районах со слабой устойчивостью экологических систем, площадь с нарушенными участками не должна превышать 2%.

Если рекомендуемая площадь системы зеленых насаждений невозможна, то экологический баланс рассматриваемой территории рекомендуется обеспечивать в более широких границах за счет включения смежных районов.

Функциональная и планировочная структура системы зеле-

ных насаждений в пределах ППК зависит от размещения на местности технологических объектов по добыче и переработке полезных ископаемых, конкретных природных условий и особенностей естественного ландшафта и других природных и социально-экономических факторов. При проектировании и создании системы зеленых насаждений в пределах ППК следует учитывать следующие наиболее важные принципы:

функциональное разнообразие системы зеленых насаждений должно быть по возможности максимальным;

следует избегать расположения основных технологических объектов рядом со строго охраняемыми природными комплексами, т. е. не допускать резких переходов от наиболее строго охраняемых территорий к интенсивно используемым (нарушаемым и загрязняемым);

зона зеленых насаждений должна по возможности равномерно распределяться по всей территории ППК.

все элементы системы зеленых насаждений (естественные и создаваемые при рекультивации нарушенных земель) целесообразно соединить «зелеными коридорами», составляющими каркас экологической системы всей территории ППК, при которой она обладает наибольшей устойчивостью, способностью к естественному воспроизводству

Мероприятия по охране и повышению эффективности использования земель при добыче и переработке полезных ископаемых. Общие требования. Все мероприятия по охране и повышению эффективности использования земельных ресурсов можно разделить на три группы: технологические, инженерно-профилактические и экологические.

Технологические мероприятия предусматривают применение таких технологий добычи и переработки полезных ископаемых, которые не связаны с большими площадями отчуждаемых земель для промышленных объектов и не приводят к значительным экологическим изменениям в зоне вредного влияния.

Инженерно-профилактические мероприятия направлены на исключение или снижение степени и интенсивности нарушения земель и загрязнения почв как в пределах земельных отводов, так и за их пределами.

Экологические мероприятия связаны с проведением специальных защитных зеленых зон вокруг промышленных объектов, рекультивации нарушенных земель в пределах земельных отводов и восстановлением деградированных угодий в пределах зоны вредного влияния предприятия.

Основные вопросы охраны и рационального использования земель при добыче и переработке полезных ископаемых решаются в период проектирования горных предприятий. Правильный выбор способа отработки месторождения (открытый или подземный), схем вскрытия и систем разработок в значитель-

ной степени определяют формы и интенсивность нарушения и загрязнения земель. Поэтому при выборе оптимальных технологических вариантов должен учитываться ущерб, наносимый народному хозяйству в результате изъятия земель у прежних землепользователей, их нарушения и загрязнения в процессе строительства и эксплуатации горного предприятия. Определяющими критериями выбора оптимального решения должна стать минимально возможная площадь отчуждаемых земель для отводов предприятия и площадей, подверженных вредному воздействию за пределами земельного отвода, где снижается объем и качество сельскохозяйственной, лесохозяйственной и другой продукции. При этом общий экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству в результате отчуждения земель, нарушения и загрязнения в пределах вредного воздействия выбросов и отходов производства, должен определяться с учетом всего срока строительства и эксплуатации предприятия. Таким образом, выбор оптимальных решений должен осуществляться на основании результатов детального технико-экономического анализа. Наиболее рациональным признается вариант, для которого

$$K + \mathcal{E}_n + \mathcal{Y}_{\text{щ}} \rightarrow \min, \quad (7.9)$$

где K — капитальные затраты в период строительства предприятия, тыс. руб.; \mathcal{E}_n — годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.; $\mathcal{Y}_{\text{щ}}$ — годовой ущерб, наносимый народному хозяйству отчуждением земель под промышленные объекты, снижением продуктивности земельных угодий и ухудшением качества продукции в результате экологических изменений в период всего срока строительства и эксплуатации всех промышленных объектов, тыс. руб.

Капитальные и эксплуатационные затраты определяются по методикам, подробно разбираемым в специальных курсах. Ущерб, наносимый народному хозяйству в результате изъятия земель у прежних землепользователей и снижения продуктивности и качества продукции на деградированных землях, определяется в соответствии с действующей Временной типовой методикой определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды.

Величина ущерба, наносимого народному хозяйству в результате отчуждения земель, может быть снижена при правильном выборе мест расположения основных технологических и коммунально-бытовых объектов, промышленных площадок, отвалов и хвостохранилищ, дорог, линий электропередач, жилых и рекреационных зон. Важными критериями выбора оптимальных решений должны стать минимально возможные пло-

щадя отчуждаемых высокоценных сельскохозяйственных, лесохозяйственных и других угодий. Промышленные участки необходимо располагать в основном на малоценных в экологическом и хозяйственном планах угодьях, отвалы пород целесообразно располагать в овражных зонах, облагораживая при этом рельеф местности и повышая ценность земель.

Различные возможные варианты расположения промышленных и жилых зон отдельных технологических объектов, дорог и линий электропередач сопоставляются между собой по капитальным и эксплуатационным затратам, а также по величине возможного экологического ущерба, который будет нанесен народному хозяйству в результате отчуждения соответствующих земельных угодий.

Размеры отчуждаемых земельных отводов и интенсивность нарушения земель можно значительно снизить в результате правильного выбора техники и технологии ведения строительных и горных работ и применения более надежных методик расчета параметров систем разработок, определения углов откосов карьеров, отвалов и др. Так, например, изменение параметров массовых взрывов на карьере, применение технологий, при которых снижается объем пыли и газов в пылегазовом облаке, будет способствовать снижению загрязнения почв на прилегающих земельных угодьях. Применение систем разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства с использованием пород резко снижает площадь и интенсивность нарушения земель на поверхности и в большинстве случаев исключает необходимость занимать большие площади под отвалы.

В ряде случаев целесообразно применение специальных защитных и охранных мероприятий. Так, например, применение различных способов повышения устойчивости бортов карьеров и откосов отвалов пород, эффективная защита их от водной и ветровой эрозии способствуют снижению общей площади необходимых земельных отводов, а также размеров и интенсивности загрязнения окружающей территории. Устройство защитных противофильтрационных завес или стенок вокруг карьеров даст возможность снизить размеры депрессионных воронок и уменьшить площади деградированных земель в результате снижения уровня грунтовых вод.

Снятие и сохранение плодородного слоя почвы. Под плодородным слоем почвы понимается верхняя гумусированная часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для роста растений химическими, физическими и аграрными свойствами. Предприятия, организации и учреждения, осуществляющие промышленное и иное строительство, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых, а также проводящие другие работы, связанные с нарушением почвенного покрова, обязаны снимать, хранить и наносить плодородный слой почвы на ре-

Содержание гумуса в разных типах почв

Вид почвы	Содержание гумуса на 1 га, т	Мощность гумусового слоя, см
Типичный серозем пустынных зон	80	15—30
Темно-каштановая почва зоны сухих степей	250	30—60
Обыкновенный чернозем степи	450	65—80
Типичный мощный чернозем степи	760	80—120
Подзолистая почва лесной зоны	110*	5—15

* С учетом лесной подстилки

культивируемые земли или на малопродуктивные угодья. Почвенный покров на территории СССР весьма разнообразен и значительно отличается от мощности гумусового слоя и по другим характеристикам, от которых зависит плодородие почв. Содержание гумуса определяет физико-химические ее свойства, структуру почв, водный, воздушный, тепловой и микробиологический режим (табл. 7.3)

Нормы снятия плодородного слоя при производстве земляных работ для дальнейшего использования его на малопродуктивных угодьях и рекультивируемых землях определяются показателями состава и свойств почв.

Нормы снятия плодородного и потенциально плодородного слоя почв (H) вычисляются по формулам

$$H = MS; \quad H = MSd, \quad (7.10)$$

где M — глубина снятия плодородного слоя почвы, м; S — площадь почвенного контура или группы контуров с одинаковыми глубиной и качеством снимаемого плодородного слоя, м²; d — плотность плодородного слоя почвы, т/м³.

Нормы снятия плодородного слоя для основных типов и подтипов почв глинистого и суглинистого составов приведены в ГОСТ 17.5.3.06—85.

Нормы снятия плодородного слоя не устанавливаются, если они не пригодны для землевания малопродуктивных угодий и не соответствуют требованиям ГОСТ 17.5.3.05—84.

При хранении гумусового слоя теряется часть органических веществ и азота. В зависимости от влажности и температуры в первые годы хранения теряется 0,05—0,1% гумуса, однако в последующие годы потери его снижаются.

Наиболее интенсивно разложение (окисление гумуса, находящегося в рыхлом состоянии) происходит при температуре 15—25 °С и влажности 20—25%. Интенсивность разложения снижается при влажности 5—10%, температуре 0—5 °С и уплотнении (снижение воздухопроницаемости).

Плодородный слой почвы может храниться в течение 10 лет и более. Хранить его необходимо в штабелях круглой или квадратной формы высотой 10—15 м. Для предохранения штабеля от водной и ветровой эрозии поверхность его планируется и засеивается травами. Участки, предназначенные для хранения плодородного слоя почв, должны располагаться на ровных, возвышенных и сухих местах. Запрещается организовывать склады в оврагах, балках или местах скопления больших объемов воды.

Практика показывает, что при снятии, транспортировании, хранении и нанесении снятой почвы происходят ее потери и снижаются качественные характеристики. В своем естественном состоянии почвенный слой характеризуется комплексом агрохимических, физико-механических и биологических показателей: содержанием гумуса и питательных веществ (фосфора, калия, азота и др.), кислотностью рН, содержанием водорастворимых сульфатов натрия, магния и хлоридов, плотностью, влагоемкостью, водопроницаемостью, содержанием фракций менее 0,01 мм, видовым составом и количеством микроорганизмов и многими другими показателями.

Суммарные относительные потери почвы складываются из потерь от неполноты выемки при снятии почвенного слоя, при транспортировании, складировании и перегрузках, нанесении на спланированные поверхности при рекультивации нарушенных земель или землевании поверхности малопродуктивных угодий, работе в неблагоприятных метеорологических и климатических условиях.

Потери почвы от неполноты ее выемки зависят от мощности и условий залегания почвенного слоя, а также техники и технологии ведения работ. При малой мощности почвенного слоя и беспокойном его залегании потери и разубоживание достигают значительной величины. Допустимые потери от неполноты ее выемки устанавливаются проектом. Потери r от неполноты ее выемки определяются по формуле.

$$r = \frac{Q_n - Q_\phi}{Q_n} 100, \quad (7.11)$$

где Q_n — масса почвенного слоя, подлежащая снятию, т, Q_ϕ — масса фактически снятого слоя почвы, определяемая маркшейдерскими замерами, т.

Потери и разубоживание почвы при выемке определяются по данным совмещенного плана поверхности почвенного слоя и плана поверхности горизонта выемки. Знак разности отметок определяет мощность слоя: отрицательный — потерянного, положительный — разубоживающих пород.

Потери почвы при транспортировании, хранении и перекалке зависят от типа транспортных средств, их исправности, рас-

стояния транспортирования, конструкции складов хранения, водной и ветровой эрозии и ряда других факторов. Величины этих потерь определяются по нормативам для сыпучих грузов. Потери почвы при автотранспортных перевозках в благоприятных погодных условиях составляют 1—1,2%, при хранении и перевалках на временных складах — 0,8—1,5% и более в зависимости от условий и срока хранения.

Для сохранения физико-химических свойств почв высота буртов при складировании не должна превышать 5 м, для потенциально плодородных почв — 10 м. При большой высоте склада почвы и длительном хранении она переуплотняется, и ее свойства ухудшаются. Качество почвы на складах определяется по данным ежегодных агрохимических и микробиологических анализов.

Почвенный слой рекомендуется снимать и укладывать в оттаявшем состоянии при естественной влажности. Плодородие почвы сильно снижается при ее снятии в зимний и дождливый периоды. При этом увеличиваются количественные и качественные потери почвы за счет повышения интенсивности растворения и выноса питательных веществ.

Качественные потери почвы характеризуются разубоживанием и ухудшением структурных, агрохимических и микробиологических свойств ее в процессе выемки, перемещения и хранения. При покрытии спланированных поверхностей, на которые наносятся почвы при рекультивации, происходит дополнительное ее разубоживание. Процесс разубоживания почв характеризуется коэффициентом разубоживания

$$K_p = \frac{B_1 + B_2 + B_3}{Q_n}, \quad (7.12)$$

где B_1 , B_2 , B_3 — масса породы, примешанной к почве при ее выемке, хранении и перегрузках, при нанесении на спланированную поверхность при рекультивации, т.

Основной показатель изменения биологического качества почвы — общее содержание гумуса, уменьшение которого влияет на ее плодородие.

Количественные потери и качественные изменения характеризуют коэффициентом извлечения почвы

$$K_n = \frac{Q_\phi C_\phi}{Q_n C_n}, \quad (7.13)$$

где Q_ϕ , Q_n — соответственно масса фактически снятой и подлежащей снятию почвы, т; C_ϕ , C_n — соответственно содержание гумуса в фактически перемещенной почве и в почве, находящейся в нетронutom слое, %.

Потери и разубоживание снимаемого почвенного слоя оказывают большое влияние на условия почвообразования на ре-

культивируемых участках, сроки достижения необходимой продуктивности и экономичность работ в целом.

Практический интерес имеют рекомендации по селективному снятию почвенного покрова. Для всех видов почвы характерно повышение содержания гумуса в верхнем слое мощностью 10—30 см и уменьшение его с глубиной. При этом с глубиной изменяется плотность и ряд других параметров. Днепропетровский сельскохозяйственный институт рекомендует снимать почвенный слой в два приема. Вначале верхний самый плодородный слой, который складывается отдельно. Затем второй более бедный гумусом. Наносятся слои при рекультивации в обратном порядке. Для черноземов степей Украины рекомендуется мощность верхнего слоя принимать 40 см, нижнего 40—60 см.

Рациональное использование и охрана земель при строительстве и эксплуатации линейных коммуникаций большой протяженности. Большое практическое значение в настоящее время имеют рациональное использование и охрана земель при строительстве и эксплуатации дорог, трубопроводов, линий электропередач, разведочных, водоотводных и дренажных канав и других линейных инженерных сооружений, необходимых при освоении и эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

К основным мероприятиям, обеспечивающим рациональное использование земельных ресурсов при строительстве и эксплуатации различных линейных коммуникаций, относится выбор:

оптимальных вариантов трасс, обеспечивающих наименьшие капитальные и эксплуатационные затраты и экологический ущерб народному хозяйству в результате изъятия и нарушения высокоценных земель. При сопоставлении различных возможных вариантов расположения трасс необходимо наряду с решением основной (технологической) задачи учитывать экологические последствия строительства и эксплуатации объекта. При оценке вариантов трасс любых линейных сооружений и коммуникаций необходим детальный технико-эколого-экономический анализ, с тем чтобы уже на стадии проектирования максимально обеспечить решение как технологических, так и всех природоохранных задач;

вида технологического транспорта, техники и технологии выполнения строительных операций, который должен осуществляться с учетом требований охраны окружающей среды.

Для передвижения транспортных и технологических колесных и гусеничных специальных машин в процессе строительства магистральных объектов, а также при выполнении геолого-разведочных работ должно, как правило, предусматриваться устройство временных подъездных путей. Нельзя допускать бездорожное перемещение транспортных средств и технологическо-

го оборудования, так как оно связано с существенным отрицательным влиянием на почвенный покров. Особенно большие экологические последствия бездорожного способа доставки грузов и крупного оборудования наблюдаются в тундровых и аридных районах, где почвенный покров даже после одного рейса практически не восстанавливается, и сам становится источником нарушения прилегающих земельных участков. Например, каждый бездорожный рейс по тундре в летний период приводит к нарушению почвенно-растительного слоя и протаиванию грунтов с образованием термокарстов, развитие которых затем вызывает образование крупных провалов и ям, заполненных водой. Повторно по проложенной колее колесные и гусеничные транспортные средства двигаться уже не могут, и прокладывают новую колею. В результате образуются значительные площади нарушенных земель, которые не восстанавливаются.

Несколько снизить (но не исключить) нарушение почвенного покрова удастся при использовании специальных транспортных средств на шинах арочного профиля и болотоходов с малым удельным давлением на почву. Положительные результаты достигаются при применении машин на воздушной подушке.

Основным направлением снижения нарушений земель при доставке грузов при строительстве и эксплуатации магистральных сооружений следует считать устройство специальных временных и постоянных технологических дорог. В условиях севера целесообразно наземные перевозки осуществлять при наличии мощного снегового покрова, позволяющего устраивать снежно-ледяные дороги — зимники. При необходимости, используя специальные методы аккумуляции и сохранения холода в придорожном полотне, возможна успешная эксплуатация зимника в теплый период года.

Важное условие снижения вредных экологических последствий при строительстве магистральных сооружений — выполнение основных технологических операций в наиболее благоприятные периоды года, учитывая климатические условия и особенности расположения трассы. Главное — не допускать сверхнормативные, установленные проектом нарушения земель в момент строительства.

Необходим комплекс мероприятий по восстановлению (рекультивации) нарушенных и деградированных земель после завершения строительства магистральных сооружений. Рекультивируются участки расположения временных технологических дорог, кавальеры и резервы, каналы и другие участки нарушенных земель. При этом решаются две задачи: ликвидируются источники нарушения и загрязнения прилегающих угодий и обеспечивается более эффективное использование земель при передаче прежним землепользователям.

Выбор окончательного варианта расположения трасс магистральных сооружений, рациональных технологий и периодов их строительства осуществляется на основании результатов технико-экономического анализа. Оптимальным вариантом следует считать такой, при котором удовлетворяется условие

$$K_c + P_c + Z_s + P_s + V_m \rightarrow \min, \quad (7.14)$$

где K_c — капитальные затраты при строительстве линейных сооружений; P_c — затраты на рекультивацию земель после завершения строительства; Z_s — эксплуатационные затраты; P_s — затраты на рекультивацию земель после завершения эксплуатации сооружения; V_m — ущерб народному хозяйству, наносимый в результате отчуждения земель.

Если магистральное сооружение служит длительное время (несколько десятков лет), то затраты на рекультивацию (P_s) могут не учитываться.

Рациональное использование и охрана земель в пределах промышленных площадок. Большое значение имеют мероприятия по повышению эффективности использования земель в пределах промышленных площадок, на участках, где размещаются промышленные здания и сооружения, административные и бытовые объекты, карьеры, отвалы пород, зоны обрушения и деформаций поверхности, производственные площадки по осуществлению бурения разведочных и эксплуатационных скважин и другие промышленные объекты.

Размеры и форма постоянных и временных земельных отводов под промышленные площадки зависят от геологических условий залегания месторождения, параметров принятых систем вскрытия и разработки, способов отвалообразования и многих других факторов.

При определении мест расположения промышленных площадок, отвалов, хвостохранилищ и других обособленных технологических сооружений выбирают участки малоценные с точки зрения сельского и лесного хозяйства и не имеющие рекреационного и другого народнохозяйственного значения.

При выполнении планировочных работ при вскрытии карьерных выемок, отсыпке внешних отвалов и строительстве технологических объектов на промышленных площадках в первую очередь снимается и складывается в бурты плодородный слой почвы. В местах возможного загрязнения поверхности нефтепродуктами, химреагентами, глиной, цементом и другими материалами после снятия плодородного слоя сооружается специальное покрытие, предотвращающее загрязнение грунтовых вод и почв прилегающих участков. Покрытие сооружается с твердой верхней поверхностью и гидроизоляционным слоем. Для устройства покрытия допускается применение насыпных грунтов с адсорбирующими свойствами и обязательным гидро-

изоляционным слоем. Тип покрытия выбирается в зависимости от интенсивности возможного загрязнения окружающей среды, местных гидрогеологических и климатических условий. После завершения строительства или работ по бурению скважин покрытие демонтируется, грунты, залегающие под ним, перепахиваются на глубину не менее 0,4 м и покрываются слоем плодородных почв, ранее снятых и хранившихся в буртах.

Большие нарушения поверхности при разведочных работах и обустройстве промышленных площадок наблюдаются при проходке канав. При этом площадь, занимаемая ленточными отвалами вынутого грунта, в плане больше площади полости канавы. Форма поперечного сечения валообразного ленточного отвала, располагаемого параллельно канаве, зависит от способа ее проходки. Различают три формы поперечного сечения ленточных отвалов: треугольную, трапециевидную и сегментную. Параметры ленточных отвалов определяют исходя из высоты и углов естественного откоса грунтов во влажном состоянии. При проходке канав значительной глубины ленточные отвалы располагаются на двух их бортах.

Ширина участка B , занимаемого канавой и двумя ленточными отвалами (рис. 7.1), определяется по формуле

$$B = 2(a + b) + c,$$

где a — ширина основания отвала, м; b — берма безопасности между кромкой канавы и основанием отвала (принимается 0,3 м); c — ширина канавы по верху, м.

Ширина канавы по верху определяется в зависимости от глубины и угла наклона ее бортов. Угол наклона бортов канавы принимается в зависимости от способа их крепления. При отсутствии крепления угол наклона бортов канавы равен углу естественного откоса грунта во влажном состоянии.

Ширина одного или двух ленточных отвалов определяется в зависимости от объема вынимаемого грунта с учетом коэффициента разрыхления и угла естественного его откоса во влажном состоянии.

Принимая во внимание большой объем земляных работ на промышленных площадках для устройства многочисленных под-

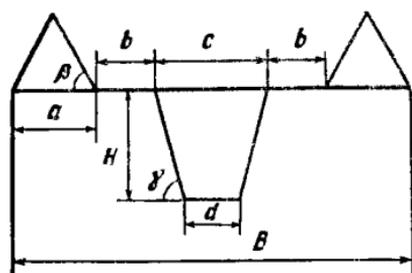


Рис. 7.1. Схема формирования канавы и отвалов:

a — ширина основания отвала; b — берма безопасности между кромкой канавы и основанием отвала; c — ширина канавы по верху; d — ширина канавы по дну; H — глубина канавы; B — ширина полосы, отводимой под канаву с двумя ленточными отвалами; β , γ — угол естественного откоса во влажном состоянии соответственно отвала и канавы

земных коммуникаций, ущерб, наносимый земной поверхности при строительстве горных предприятий, оказывается весьма значительным. Если не принимаются специальные меры защиты, то он может увеличиваться за счет водной и ветровой эрозии отвалов и загрязнения прилегающих земельных участков.

В общем случае все канавы после их использования по назначению (горно-разведочные) или размещения в них соответствующего оборудования подлежат засыпке породами из отвалов. В связи с тем, что в канавах размещается оборудование, а разрыхленная порода занимает больший объем, часть ее остается на поверхности. При горизонтальной поверхности или расположении канав вдоль склона из оставшейся породы формируют вал непосредственно над засыпанной выработкой. Над канавами, расположенными под углом к направлению склона, вал породы несколько смещают от их оси в сторону подъема поверхности. Этим обеспечивается выравнивание поверхности при уплотнении породы в канаве со временем. При необходимости после уплотнения пород в канаве лишний ее объем снимается при окончательной планировке поверхности промышленной площадки и обустройстве перед сдачей объекта в эксплуатацию.

При проходке канав при большой мощности плодородного слоя почв целесообразно вести селективную отсыпку грунта в отвалы. Верхний плодородный слой отсыпается на один борт, нижний — на второй. При засыпке канавы плодородный почвенный слой размещается сверху, этим достигается более эффективное и с меньшими затратами восстановление поверхности.

7.4. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Общие положения по восстановлению нарушенных земель. В соответствии с требованиями действующего природоохранного законодательства все земли, нарушенные в результате добычи и переработки полезных ископаемых, подлежат восстановлению (рекультивации).

Под рекультивацией понимается комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды. На действующих предприятиях, связанных с нарушением земель, работы по рекультивации — неотъемлемая часть технологических процессов.

При добыче и переработке полезных ископаемых рекультивации подлежат земли, в которых произошли изменения, выражающиеся в нарушении почвенного покрова, образовании новых форм рельефа, изменении гидрогеологического режима территории (иссушение, подтопление), засолении почвы и загряз-

нении ее промышленными отходами, а также прилегающие уголья, на которых в результате деятельности предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых произошло снижение объемов и качества продукции сельскохозяйственных, лесохозяйственных, рыбхозийственных и других угодий. К основным объектам рекультивации относятся карьерные выемки, мульды оседания, прогибы, провалы, отвалы, траншеи, канавы, резервы и кавальеры автомобильных и железных дорог, нарушения по трассам трубопроводов, промплощадки и транспортные коммуникации строящихся или ликвидированных предприятий, загрязненные земли и другие объекты. Промплощадки и транспортные коммуникации ликвидируемых предприятий подлежат рекультивации в случае, если они в последующем не могут эффективно использоваться в народном хозяйстве.

Последующее использование нарушенных земель в народном хозяйстве определяется при выборе направлений рекультивации.

Основные направления рекультивации следующие:

сельскохозяйственное — создание на нарушенных землях сельскохозяйственных угодий (пашни, сенокосы, пастбища, многолетние садовые насаждения, подсобное хозяйство и др.);

лесохозяйственное — создание лесонасаждений различного типа (общего хозяйственного и полезащитного насаждения, лесоситомники),

рыбхозийственное — создание в понижениях техногенного рельефа водоемов различного назначения;

рекреационное — создание на нарушенных землях объектов отдыха (зоны отдыха и спорта, парки и лесопарки, водоемы для оздоровления, охотничьи уголья, туристические базы и спортивные сооружения);

природоохранное и санитарно-гигиеническое — биологическая или техническая консервация нарушенных земель, отвалов и хвостохранилищ, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически не эффективна или преждевременна (участки природоохранного назначения, противоэрозионного лесонасаждения, задернованные или закрепленные специальными средствами, участки самозарастания и др.);

строительное — приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для промышленного и гражданского строительства, размещение отвалов отходов производства, хвостов обогащения, строительного мусора.

Выбор рациональных направлений рекультивации выполняется с учетом следующих факторов:

природно-климатических, рельефа местности, почвенного покрова, растительности, геологических, гидрогеологических и гидрологических особенностей;

хозяйственных и санитарно-гигиенических условий с учетом перспективы развития района и требований районной планировки;

технологии и комплексной механизации горных и транспортных средств, срока эксплуатации карьера, стадий развития предприятий;

экономических и социальных требований освоения природных ресурсов района, экономической, экологической и социальной эффективности рекультивации нарушенных земель

Выбранное направление рекультивации должно с наибольшим эффектом и наименьшими затратами обеспечивать решение задач рационального и комплексного использования земельных ресурсов района, создания гармонических ландшафтов, отвечающих экологическим, хозяйственным, эстетическим и санитарно-гигиеническим требованиям.

Наиболее эффективно применение комплексного решения при одновременном использовании нескольких направлений рекультивации и создание на рекультивируемых участках многопрофильных хозяйств.

В районах с наличием плодородных почв и благоприятными природными условиями, где возможно производство сельскохозяйственной продукции, рекультивации земель должна нести преимущественно в сельскохозяйственном направлении. При невозможности или нерациональности использования земель для сельскохозяйственного освоения следует выбирать лесохозяйственное направление рекультивации.

Замкнутые обводненные выработанные пространства карьеров при благоприятном гидрогеологическом режиме целесообразно использовать под водоемы различного назначения.

Под гражданское и промышленное строительство нарушенные земли используются, как правило, в том случае, если они непригодны для сельскохозяйственного или лесохозяйственного освоения.

Восстановление нарушенных земель выполняется в соответствии с проектом рекультивации земель, входящих в состав землеустроительного дела на выделенном предприятии земельном отводе. Проект рекультивации прилагается к техническому проекту предприятия или составляется одновременно с ним. Он согласовывается с землепользователем (совхозом, колхозом, лесхозом и т. д.) и с органами, осуществляющими государственный контроль за использованием земель, и утверждается в установленном порядке.

Рекультивация нарушенных земель, последовательно выполняемые комплексы работ, осуществляются в два этапа.

На первом, техническом этапе, включающем подготовку нарушенных земель для последующего целевого использования в народном хозяйстве, выполняются: планировка, формирование

откосов, снятие, транспортировка и нанесение плодородного слоя почв и потенциально плодородных пород на рекультивируемые земли, строительство дорог, гидротехнических и мелиоративных сооружений и др. Работы первого этапа выполняются горными предприятиями, либо подрядными специализированными организациями.

На втором, биологическом этапе выполняются мероприятия по восстановлению плодородия земель. К ним относятся комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на возобновление флоры и фауны, создание устойчиво функционирующих высокопродуктивных биогеоценозов. Биологическая рекультивация выполняется сельскохозяйственными, лесохозяйственными и другими специализированными организациями.

Санитарно-гигиеническое и строительное направления рекультивации осуществляются в один этап.

При выполнении работ по биологической рекультивации выделяются три группы пород: пригодные, малопригодные и непригодные. В зависимости от группы пород, представленных на объектах рекультивации, принимаются те или иные технологические и мелиоративные мероприятия, обеспечивающие наилучший эффект с наименьшими затратами

Пригодные породы — это плодородные и потенциально плодородные.

К плодородным относятся плодородный слой почвы, гумусовые горизонты различных типов почв. Значение рН не должно выходить за пределы 5,5—8,2; сумма токсичных солей в водной вытяжке не должна превышать 0,2%. Используется под пашню, сенокосы и пастбища, землевание малопродуктивных земель.

К потенциально плодородным относятся почвообразующие и другие несвязанные породы с активной реакцией от слабокислой до щелочной (рН=5,5—8,4), незасоленные, супесчаного, суглинистого, легкоглинистого механического состава.

Малопригодные для биологической рекультивации породы, на которых рост и развитие растений ограничивается либо физическими или механическими свойствами, либо химическим составом.

Малопригодные по физическим свойствам — пески рыхлые и связанные породы, утяжеленные содержанием физической глины более чем на 75%. Сюда же относятся бесструктурные породы легкого механического состава, подверженные водной и ветровой эрозии.

Малопригодные по химическому составу — кислые, среднезасоленные и солцеватые почвы и породы с рН=3,5—5,5.

Не пригодные к биологической рекультивации породы делятся на две подгруппы:

по физическим свойствам — это трудновыветриваемые скальные, полускальные магматические и метаморфические породы (с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова более 3—4);

по химическому составу — это сильно кислые (в основном сульфидосодержащие) породы с $pH < 3,5$; сильнощелочные с $pH > 9$; сильнозасоленные породы с показателем сухого остатка более 0,8% и концентрацией анионов в водной вытяжке, значительно превышающей пороги их токсичности. Пороги токсичности анионов: CO_3 — 0,05 мг-экв., HCO_3 — (Mg и Ca) — 0,3 мг-экв., SO_4 — (Mg и Ca) — 1,7 мг-экв. (на 100 проб пород). Сюда также относятся породы, содержащие сульфаты, легко растворимые соли, гипс, карбонаты.

Рекультивация нарушенных земель, представленных малопригодными и не пригодными для биологической рекультивации породами, имеет значительные трудности. Поэтому при формировании отвалов из таких пород должен соблюдаться следующий порядок их размещения: в самом нижнем слое располагаются непригодные породы, затем малопригодные, потенциально плодородные и плодородные.

Технический и биологический этапы рекультивации нарушенных земель осуществляются за счет горных предприятий. Затраты, в соответствии с проектом рекультивации, относятся на себестоимость продукции; при строительстве предприятий, зданий и сооружений — на стоимость этих объектов; при проведении геологоразведочных, поисковых, геодезических и других работ — на стоимость этих работ. Затраты по снятию, хранению и нанесению плодородного слоя почвы на рекультивируемые земли или малопродуктивные угодья также относятся на стоимость указанных выше работ. При этом затраты, связанные с нанесением плодородного слоя почвы на 1 га малопродуктивных угодий (землевание), не должны превышать установленных в республиках нормативов стоимости освоения 1 га новых земель взамен изымаемых для несельскохозяйственных нужд.

Восстановление нарушенных земель, как правило, производится в процессе ведения основных работ, а при невозможности этого — не позднее, чем в течение года после их завершения. Отчетность о выполнении работ по рекультивации нарушенных земель проводится по формам, установленным Государственным комитетом СССР по статистике.

Выбор направлений рекультивации должен осуществляться с учетом решения единой задачи: рационального и эффективно-го использования территории, создания гармоничных ландшафтов, наиболее полно отвечающих требованиям хозяйственным, эстетическим и санитарно-гигиеническим, а также охраны природной среды с учетом интересов настоящих и будущих поколений

Состав работ и требования к техническому этапу по направлениям рекультивации должны определяться исходя из необходимости ускоренного и эффективного возвращения нарушенных земель для использования в народном хозяйстве.

При открытом способе добычи полезных ископаемых должны удовлетворяться следующие условия.

1. Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых открытым способом, должна выполняться исходя из необходимости ускоренного и эффективного возврата нарушенных площадей для использования в народном хозяйстве. В процессе ведения добычных и рекультивационных работ необходимо:

предварительное снятие и складирование плодородного слоя почв, селективная разработка потенциально плодородных пород, а также их укладка в отвалы в объемах, необходимых для создания рекультивационного слоя соответствующих параметров;

проведение мероприятий по организации стока ливневых и технических вод путем устройства специальных гидротехнических сооружений (водосборных лотков, бетонных водовыпусков и т. д.);

строительство отводных каналов или специальных устройств для пропуска воды естественных водотоков и перехвата склонового стока при размещении породных отвалов в балках и оврагах;

устройство обвалований, нагорных канав, водоотводов и других простейших гидротехнических сооружений при размещении отвалов и карьеров на склонах;

формирование бортов карьерных выемок и откосов отвалов, устойчивых к оползням и осыпям, а поверхности отвалов — к просадкам;

обеспечение мероприятий по регулированию водного режима в рекультивационном слое, особенно, если он сложен породами, обладающими неблагоприятными водно-физическими свойствами;

создание экрана из капиллярпрерывающих или нейтрализующих материалов (песок, камень, гравий, пленка и т. д.) при наличии в основании рекультивационного слоя токсичных пород;

минимальные отметки поверхности внутренних отвалов должны быть выше прогнозируемого уровня грунтовых вод на величину, зависящую от направления рекультивации и механического состава пород; если отметка внутренних отвалов окажется ниже, должны быть предусмотрены мероприятия, исключающие заболачивание рекультивируемой поверхности;

формирование отвалов из пород, подверженных горению, должно производиться по технологической схеме, исключающей их самовозгорание; при этом рекультивационный слой отвалов

должен создаваться из пород, пригодных для биологической рекультивации;

II. При подземной разработке полезных ископаемых должны выполняться следующие условия:

перед отсыпкой шахтных отвалов с отведенных под них участков следует снимать плодородный слой почвы;

рекультивация земель, нарушенных вследствие опускания поверхности с образованием на ней прогибов и провалов, должна включать снятие плодородного слоя почвы, планировку поверхности прогибов, заполнение провалов горной породой с последующей планировкой, нанесением плодородного слоя почвы, а также проведением мероприятий по предотвращению неблагоприятных процессов (иссушения, заболачивания, эрозии);

на шахтные отвалы необходимо распространять требования к рекультивации внешних отвалов при ведении открытых горных работ;

при создании водоемов в незаполненных горной породой шахтных прогибах и провалах следует соблюдать условия, сформулированные для водохозяйственного направления рекультивации (см. далее).

III. На землях, нарушаемых при проведении геологоразведочных, изыскательских работ, бурении эксплуатационных скважин, должны выполняться следующие условия:

необходимо снимать и складировать плодородный слой почвы (с обеспечением его сохранности);

при бурении разведочных и эксплуатационных скважин создавать резервуары (емкости) для хранения промысловых жидкостей, а также накопления первых пробных порций нефти и конденсата;

следует экранировать резервуары, которые устраиваются в углублениях поверхности;

осуществлять мероприятия по охране окружающей среды при рекультивации земельных участков, загрязненных нефтью, нефтепродуктами с нефтепромысловыми сточными водами, в том числе ускорение деградации нефтепродуктов и ликвидации засоления и солонцеватости почв.

Технический этап рекультивации. При сельскохозяйственном направлении рекультивации земель для достижения уровня их плодородия, близкого к зональным почвам прилегающих (окружающих) участков, необходимо:

произвести отбор участков нарушенных земель по рельефу, размеру, наличию плодородного слоя почвы или (и) потенциально плодородных пород, пригодных для биологической рекультивации;

спланировать участки нарушенных земель с соблюдением допустимых уклонов и ликвидацией замкнутых понижений;

стремиться, чтобы форма каждого рекультивируемого уча-

стка была близкой к прямоугольной, обеспечивающей производительное использование современной техники при выполнении сельскохозяйственных работ;

создавать рекультивационный слой с заданными параметрами, включая нанесение плодородного слоя почвы потенциально плодородных пород, а также (при необходимости) экранирующего (капиллярно-прерывающего или водонепроницаемого) слоя.

Нанесение плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород при создании пашни и многолетних насаждений нужно производить с соблюдением следующих требований:

не допускать нанесения плодородного слоя почвы непосредственно на породу, не пригодную по химическому составу и физическим свойствам (ГОСТ 17.5.1.03—86);

покрытие рекультивируемой поверхности почвенным слоем или потенциально плодородными породами проводить не ранее, чем через 1,5—2 года на отвалах, формируемых по бестранспортной системе, и не ранее, чем через год на бульдозерных и экскаваторных отвалах (срок нанесения плодородного слоя может быть изменен на основании экспериментальных данных исходя из конкретных условий разработки месторождения, глубины выемки, состава пород и т. д.);

мощность наносимого плодородного слоя почв должна определяться свойствами его и подстилающих пород, экспозицией участка, намечаемым использованием и другими условиями. Например, для выращивания технических и овощных культур мощность плодородного слоя принимается в зависимости от природно-климатических условий: для зерновых колосовых — 70—80 см, многолетних и однолетних трав — 30—50 см. При создании плодовых насаждений на рекультивируемых землях слой плодородной почвы или потенциально плодородной породы вносится в посадочные ямы объемом не менее 1 м³.

Требования к рекультивации земель при лесохозяйственном направлении включают в себя ряд условий. При наличии непригодных горных пород должен создаваться рекультивационный слой, благоприятный для выращивания лесных культур. Мощность и структура рекультивационного слоя должна определяться в зависимости от свойств горных пород, типа водного режима, который установится после окончания планировочных и мелиоративных работ, а также планируемых лесных насаждений. При отсыпке многоярусных отвалов поверхностный слой откосов и бERM необходимо формировать из мелкозернистого нетоксичного материала, пригодного для произрастания травянистой, древесной и кустарниковой растительности.

Участки, подготавливаемые для посадки леса, должны быть полностью или частично спланированными, откосы отвалов — стабильными. В зависимости от условий отвалообразования и

целей облесения может производиться сплошное выполаживание откосов отвалов и бортов выемок или их террасирование; в случае необходимости должен производиться ремонт рекультивированных площадей.

При создании лесонасаждений эксплуатационного типа рельеф поверхности рекультивируемых отвалов должен быть равнинно-волнистым, без замкнутых понижений, умеренно расчлененным с углами откосов, не допускающими развития эрозийных процессов и позволяющими применять почвообрабатывающие, лесопосадочные и другие машины.

В лесопосадках, особенно расположенных вблизи населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий, необходимо предусматривать противопожарные мероприятия, в частности, создание насаждений смешанного типа. В крупных массивах хвойных и лиственных культур проводятся противопожарные мероприятия, общепринятые в лесном хозяйстве.

Участки траншей, не заполненных отвальными породами после отработки карьерных полей, должны быть использованы под противопожарные водоемы с оборудованием водозаборных зон и подъездов к ним.

Рекультивации земель в водохозяйственном направлении зависят от наличия выработанных (особенно глубоких) карьерных и придонных выемок, остаточных траншей и понижения рельефа, образовавшегося при деформации поверхности, шахтных полей. Водоемы могут создаваться следующего назначения:

водохранилища и водоемы промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения;

водоемы для рыбохозяйственных и рекреационных целей;

резервуары для охлаждения промышленных вод;

бассейны для нейтрализации и осадочные резервуары для промышленности;

водоемы комплексного назначения: для орошения, водоснабжения, рыбоводческих и рекреационных целей.

Окончательное решение о возможности создания водоемов на нарушенных землях и направлении их использования принимается по согласованию с инспекцией Госпроматомнадзора и санитарно-эпидемиологической службой.

При создании водоемов различного назначения, включая и рыбоводческие, в карьерных и придонных выемках, траншеях и деформированных участках шахтных полей должны быть решены следующие вопросы:

возможность и целесообразность затопления образовавшихся понижений;

предотвращение прорыва воды в действующие и проектируемые подземные выработки;

обеспечение устойчивости, борьба с оползнями, абразией и

обрушением берегов создаваемого водоема как за счет выполаживания откосов, так и устройства специальных покрытий надводной и подводной частей откосов (в зоне динамического уровня воды);

изоляция выходов пластов, склонных к самовозгоранию (в зоне динамического уровня и выше горизонта воды), засыпкой слоем глинистых пород или экранированием другими способами;

предотвращение попадания в водоемы кислых и щелочных подземных вод;

обеспечение благоприятного химического состава воды;

благоустройство территории и озеленение откосов.

При устройстве водоемов должно предусматриваться строительство соответствующих гидротехнических сооружений, необходимых для их заполнения и поддержания в них расчетного уровня воды

Рекультивация природоохранного и санитарно-гигиенического направления должна проводиться при необходимости устранения отрицательного воздействия на окружающую среду нарушенных земель, для которых другие ее направления невозможны или их осуществление экономически нецелесообразно. Это направление рекультивации осуществляется также в случаях прекращения горных работ на длительный период и необходимости консервации предприятий (производственных участков).

Выбор средств консервации нарушенных земель в каждом конкретном случае зависит от состояния, состава и свойств слагающих их пород, природно-климатических условий и технико-экономических показателей.

Вяжущие материалы, применяемые для закрепления поверхности нарушенных земель, не должны оказывать отрицательного влияния на окружающую среду, должны обладать достаточной водопрочностью и устойчивостью к температурным колебаниям.

Все мероприятия по химической и (или) технической консервации нарушенных земель следует согласовывать с органами санитарно-эпидемиологической службы.

При рекультивации земель природоохранного и санитарно-гигиенического направления должны проводиться следующие мероприятия:

на поверхности промышленных отвалов, сложенных не пригодными для биологической рекультивации субстратом или содержащих токсичные реагенты, использованных при обогащении полезных ископаемых, а также гидроотвалы вскрыши, состоящие из засоленных грунтов, должны выполняться мелноративные работы и создаваться слой из потенциально плодородных пород или плодородной почвы;

шламоотстойники, хвостохранилища, золо- и другие про-

мышленные отвалы, содержащие токсичные вещества, должны консервироваться с соблюдением норм санитарно-эпидемиологической службы;

все пылящие промышленные отвалы должны быть закреплены техническими, биологическими или химическими способами.

На породотвалах угольных шахт и других отвалах, где рекультивация обусловлена требованиями санитарно-гигиенических условий и охраны окружающей среды, производится:

переформирование породотвалов в плоские отвалы;

перекрытие вновь сформированной поверхности слоем нейтральной тяжелой глины, тщательное ее уплотнение или проведение предварительного известкования поверхности отвалов;

нанесение на созданный водоупор потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы.

Рекреационные объекты (зоны) на рекультивируемых землях должны представлять собой территориальный или акваториальный комплекс, пригодный для осуществления какого-либо вида или группы видов спорта и отдыха, удовлетворяющих потребности населения.

Рекреационное направление рекультивации заключается в создании на нарушенных землях парков и лесопарков, спортивных сооружений, площадок для занятий зимним и летним видами спорта, искусственных водоемов для купания и занятий спортом, охотничьих угодий и других объектов (зон) отдыха, а также их инженерных коммуникаций.

При создании рекреационных объектов (зон) должна быть обеспечена устойчивость формирующихся природно-антропологических комплексов и комфортные условия для отдыха, а также обоснована их социально-географическая (медико-географическая) целесообразность, определяемая по сравнительной оценке фактической обеспеченности и нормативной потребности населения в местах отдыха.

На стадии технического этапа при рекреационном направлении рекультивации должна осуществляться планировка нарушенной территории с минимальным объемом земляных работ, сохранением существующих или образованных в результате производства горных работ форм рельефа.

Проектирование, строительство и эксплуатация зон рекреации водных объектов для организации массового отдыха и купания должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.5.02—80.

Земли, нарушенные открытыми разработками и прилегающие к крупным населенным пунктам, должны рассматриваться как резервные площадки для промышленного и гражданского строительства.

Целесообразность использования нарушенных и подлежащих

нарушению земель для промышленного и гражданского строительства устанавливается на основе генеральных схем планирования и застройки территорий, региональных схем землеустройства и рекультивации земель, данных инженерно-геологического исследования грунтов и соответствующих экономических расчетов.

При подготовке отвалов и карьерных выемок к застройке в целях повышения устойчивости откосов, кроме упорядочения поверхностного стока, необходимо предусматривать:

перехват потока грунтовых вод на склонах, подверженных оползням;

таррасирование склонов;

меры по повышению устойчивости склонов.

Планировочные работы. Наиболее трудоемкие работы технического этапа — планировочные. Их доля в ряде случаев занимает 80% всех затрат на рекультивацию.

В соответствии с ГОСТ 17.5.1.01—83, планировка подразделяется на грубую и чистовую. Основная задача планировочных работ — приведение техногенного рельефа в состояние, пригодное для целевого использования.

Все мелкие выемки, провалы, зоны обрушения засыпаются и при необходимости проводится дополнительный комплекс мероприятий, обеспечивающих безопасные условия эксплуатации восстанавливаемых участков (отводятся поверхностные воды, выполняется глинизация или заиливание обрушенного участка массива и др.). Днища крупных карьеров, разрезов, внешних и внутренних отвалов выравниваются в соответствии с направлениями их дальнейшего использования. Борты карьеров и откосы отвалов выполаживаются и при необходимости укрепляются.

При создании сельскохозяйственных угодий на рекультивируемых землях при выравнивании поверхности ей придается соответствующий уклон: для пашен — не более 2°; для лугов и пастбищ — 2—4°; под сады и ягодники — 5°.

Для лесоразведения уклон спланированной поверхности допускается в пределах 3—5°.

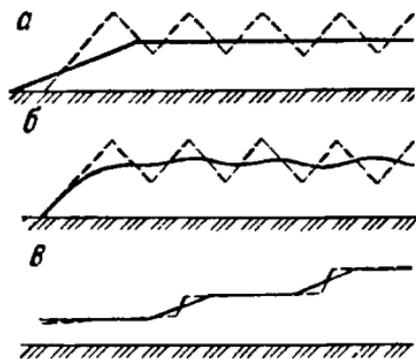
Планировочные работы при рекультивации нарушенных земель проводятся этапами.

Грубая планировка земель — предварительное выравнивание поверхности с выполнением основного объема земляных работ. Рекомендуется производить вслед за продвижением отвального фронта (при отсыпке отвалов), засыпки провалов, мульд оседания и других выемок. Этим обеспечивается более равномерная первичная усадка спланированных участков.

В зависимости от объема рекультивации, его рельефа, поверхности и направления дальнейшего использования восстанавливаемых земель, грубая планировка может быть сплошной,

Рис. 7.2. Схемы планировки породных отвалов:

а — сплошная (полная); *б* — частичная; *в* — террасами



частичной и террасами (рис. 7.2). Сплошная планировка предусматривает полное выравнивание всей площади рекультивируемого объекта. Частичная отличается меньшим объемом земляных работ и представляет собой срезку только гребней отсыпанных конусов отвалов и создание рельефа, пригодного для посадки лесных и кустарниковых культур механизированным способом. Ширина площадок принимается 8—10 м (в отдельных случаях 4 м). Планировка террасами заключается в создании спланированных площадей с разными абсолютными отметками. Поперечный уклон террас создается в сторону вышележащей и составляет 1—2°.

Внутренние и внешние отвалы, образованные при перевозке пород автомобильным или железнодорожным транспортом, имеют сравнительно ровную поверхность и основные работы по их планировке не требуют много времени и мощного оборудования.

Чистая планировка земель — окончательное выравнивание поверхности и исправление микрорельефа при незначительных объемах земляных работ. Необходимость в чистой планировке возникает, как правило, после усадки пород отвалов, крупных засыпанных выемок и провалов и других аналогичных объектов. Производится она, как правило, перед нанесением потенциально плодородных и плодородных пород через 1—2 года после отсыпки отвала. Это позволяет резко снизить объемы наносимых плодородных пород за счет отсутствия впадин.

Мелиоративная профильная планировка — равномерное размещение на спланированной рекультивируемой поверхности слоя экранирующих пород или пород, обеспечивающих создание искусственного водопора.

Мелиоративная отделочная планировка — придание поверхности плодородного слоя почв на рекультивируемых землях проектных уклонов и устранение микропонижения глубиной более 5 м. При необходимости одновременно обеспечивается рыхление слоя нанесенного почвенного покрова, если он в результате работы механизмов окажется излишне переуплотненным.

Плохое качество планировочных работ приводит к неравномерному увлажнению почв, нарушению поверхностного стока и застоям воды в пониженных участках. Все это снижает эффективность использования рекультивируемых земель в сельском хозяйстве и часто требует проведения больших объемов ремонтных работ. Потери урожая на плохо спланированных участках наблюдаются при микропонижениях глубиной 10—15 см, при глубине 20 см урожай большинства культур снижается в 2 раза. Выравненной считается поверхность, когда микропонижения на участке длиной 3—5 м не превышают глубину 4—5 см.

Участки, подлежащие мелиоративной планировке, должны быть очищены от крупных камней, металлолома, стальных тростов, древесных остатков, сорняков и т. д. Качество планировочных работ в значительной степени будет определяться состоянием почвенного слоя, его структурой и влажностью. Не следует вести планировочные работы в непогожие дни на влажных и особенно связанных почвах.

Очистка поверхности и мелиоративная планировка осуществляются горным предприятием.

Агроэксплуатационная планировка—ежегодные в процессе эксплуатации планировочные работы с целью ликвидации неровностей микрорельефа, возникающие в результате неравномерной осадки создаваемого почвенного горизонта.

Наибольшие объемы планировочных работ осуществляются в настоящее время при рекультивации внутренних и внешних отвалов пород. Рельефы отвалов зависят в основном от способа их формирования. При бульдозерном отвалообразовании обеспечивается сравнительно ровная поверхность отвалов, объем последующих планировочных работ относительно невелик. Поверхность внутренних и внешних отвалов при бестранспортном и транспортно-отвальном способах формирования представляет собой сложную систему одиночных конусов и гребней различных размеров. По форме эти отвалы разделяются на одиночные конусы, дуговые непрерывные, криволинейные гребни и плоские отвалы (рис. 7.3).

Основные характеристики рельефа отвала зависят от способа их формирования.

Ширина вскрышной (отвальной) заходки определяется принятым типом вскрышного оборудования и организацией работ в забоях. При этом для уменьшения объемов и затрат на планировочные работы наиболее целесообразно применение узких заходок. Однако при этом производительность экскаваторов на вскрышных работах понижается, а стоимость повышается. Поэтому оптимальные параметры вскрышных и отвальных работ необходимо выбирать, исходя из минимальной их суммарной стоимости 3.

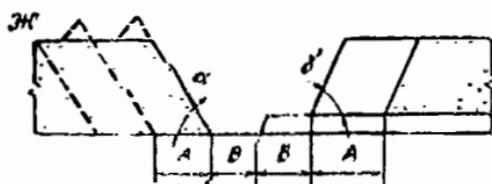
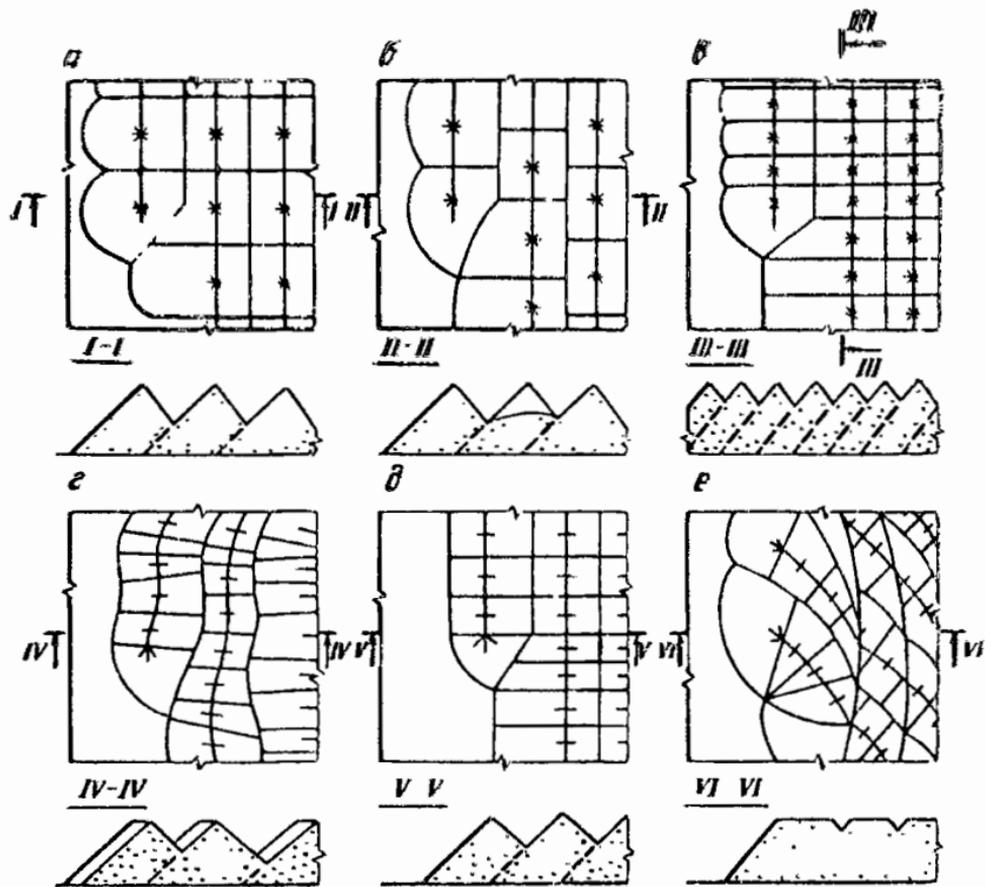


Рис. 7.3 Схемы формирования рельефа внутренних отвалов.

a, б, в — равномерная, шапчатая и приближенное конусное отвалообразование; *г* — гребенное с укладкой породы на дуге; *д* — непрерывное гребенное; *е* — дуга поперечное; *ж* — плоское; *A* — расстояние между фронтальными крошками отвальных гребней на подошве; *B* — ширина фронта отсыпки (вскрыши) работ; α, γ — угол естественного откоса во влажном состоянии соответственно гребенному отвалу вскрыши и отвала

$$Z = Z_{от} + Z_{пл} \gg \text{шир.} \quad (7.15)$$

где $Z_{от}$, $Z_{пл}$ — затраты на отсыпку отвала и на планировку отвалных площадей, руб.

$$Z_{от} = S_0 H_0 C_0 \quad S_0 (H_0 A_p + n A \operatorname{tg} \alpha) C_3 \quad (7.16)$$

$$Z_{пл} = S_0 q C_{пл} \quad S_0 n_1 A \operatorname{tg} \alpha C_{от} \quad (7.17)$$

где C_0 — затраты на экскавацию 1 м^3 вскрыши в отвал (зависят от ширины и мощности вскрышной закладки); S_0 — площадь от

Значения коэффициентов n и n_1

Способ формирования отвала	n	n_1
Конусное равномерное	0,37	0,185
Гребневое непрерывное	0,25	0,125
Дуговое поперечное	0,126	0,063
Плоское	0,00	0,015

валообразования, m^2 ; H_0 — высота породного отвала, m ; $C_{пл}$ — затраты на планировку $1 m^3$ вскрыши, руб.; q — удельный объем планировки при полном выравнивании отвала, m^3/m^2 ; n , n_1 — числовые коэффициенты, берутся по данным табл. 7.4.

Годовой объем работ по планировке отвала определяется по формуле

$$Q_{пл} = LBq(1 + \varphi), \quad (7.18)$$

где φ — коэффициент, учитывающий необходимость повторной планировки при усадках массива отвала (по данным практики $\varphi = 0,2-0,3$); L — длина линии отвальной отсыпки, m ; B — годовое продвижение забоя, m .

Для планировки отвалов при их рекультивации находят применение разнообразные землеройные машины и оборудование: экскаваторы, бульдозеры, погрузчики, скреперы, автогрейдеры, грейдеры и др. Выбор механизмов зависит от объемов планировочных работ, рельефа нарушенной поверхности, направления рекультивации, физико-механических свойств пород, способа организации и последовательности ведения планировочных работ, а также ряда горнотехнических, гидрологических и климатических факторов.

Наибольшее распространение на планировочных работах получили бульдозеры. Мощные бульдозеры применяют на участках с большими объемами земляных работ в скальных и полускальных породах, при высоте гребня $4-7 m$ и расстоянием между ними $20-30 m$. Грунт перемещается на расстояние до $40-60 m$. Бульдозер срезает лемехом породы на возвышенных участках, перемещает и разгружает их в пониженных местах рельефа. При работе двух спаренных бульдозеров, располагаемых друг от друга на расстоянии $0,25-0,3 m$, производительность их возрастает на $10-15\%$. При работах бульдозера на наклонных участках срезать грунт более целесообразно при движении под уклон с тем, чтобы наиболее эффективно использовать силу тяжести машины.

На отвалах, сложенных рыхлыми породами, для планировочных работ целесообразно применять скрепера. Работа про-

водится отдельными захватками, начиная от границ отвального поля. Скрепер срезает, транспортирует и засыпает неровные участки местности, создавая равнинный рельеф на поверхности рекультивируемого объекта. Наиболее оптимальные технологические параметры: длина рабочего участка не должна превышать 500 м для прицепных и 2000 м для самоходных скреперов. Скреперы наиболее эффективно используются для планировки сухих отвалов, состоящих из пород, не требующих предварительного рыхления.

Грейдеры и автогрейдеры применяются при выполнении чистой планировки и выравнивании поверхности при высоте отдельных неровностей 0,8—1 м и отсутствии в разравниваемом слое крупных твердых включений.

Для планировки отвалов с высотой гребня 2—10 м наиболее целесообразно применять специальные планировочные устройства с шириной захвата 4,5 м (УПО-4,5). Технологической схемой в этом случае предусматривается установка тяговых лебедок на расстоянии 120—150 м друг от друга (рис. 7.4). С помощью лебедок планировочное устройство забирает грунт из массива гребня и перемещает его в межгребневое пространство. УПО работает по челночной схеме, без холостого хода. В местах расположения самоходных лебедок поверхность отвала разравнивается бульдозерами. Сменная производительность УПО-4,5 достигает 15 тыс. м³.

При высоте гребней отвала 10 м и выше целесообразно для планировочных работ применять экскаваторы-драглайны с различными линейными параметрами. На планировочных работах на отвалах с гребнями, расположенными на расстояниях 30—

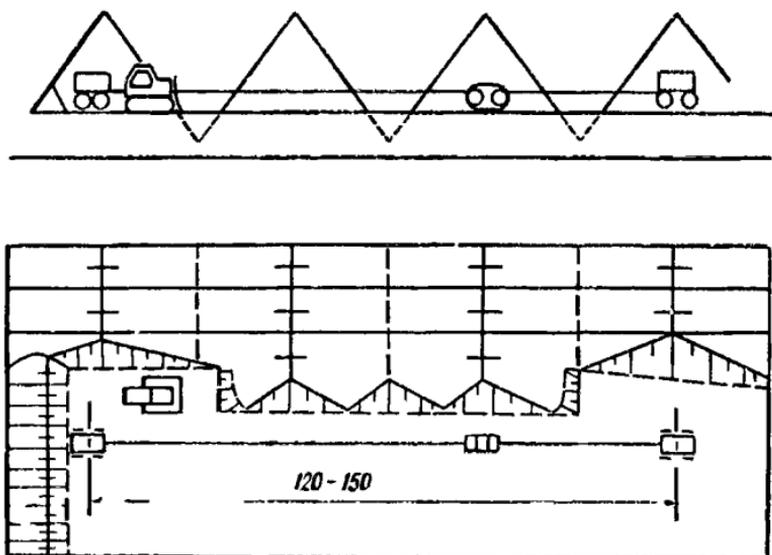


Рис. 7.4. Схема планировки отвалов с применением механизма УПО 4,5

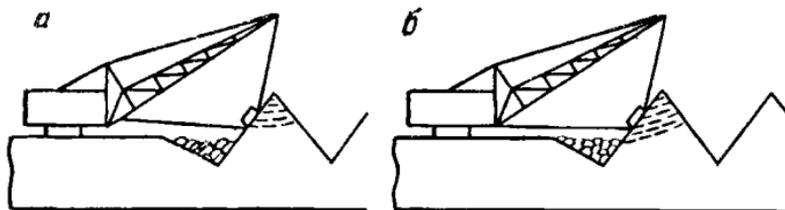


Рис. 7.5. Схема планировки отвалов драглайнами:

a — засыпка межгребневого пространства; *б* — планировка межгребневого пространства ковшом экскаватора

50 м, рекомендуются экскаваторы-драглайны с малыми линейными параметрами в сочетании с бульдозерами; на расстоянии более 50 м — драглайны средних размеров в комплексе с мощными бульдозерами. В этих случаях экскаватор набирает в ковш грунт с гребня и высыпает его в межгребневое пространство. В результате образуется ряд гребней меньшей высоты, которые затем выравниваются бульдозерами или ковшом экскаватора (рис. 7.5) Применяются и другие технологические схемы использования экскаваторов-драглайнов на планировочных работах отвалов. При сплошной планировке отвалов драглайнами могут применяться схемы с размещением породы в межгребневом пространстве как с одной стороны (рис. 7.6, *a*), так и с двух (рис. 7.6, *б*), а также с одной стороны при создании волнообразной поверхности при направлении рекультивации (рис. 7.6, *в*).

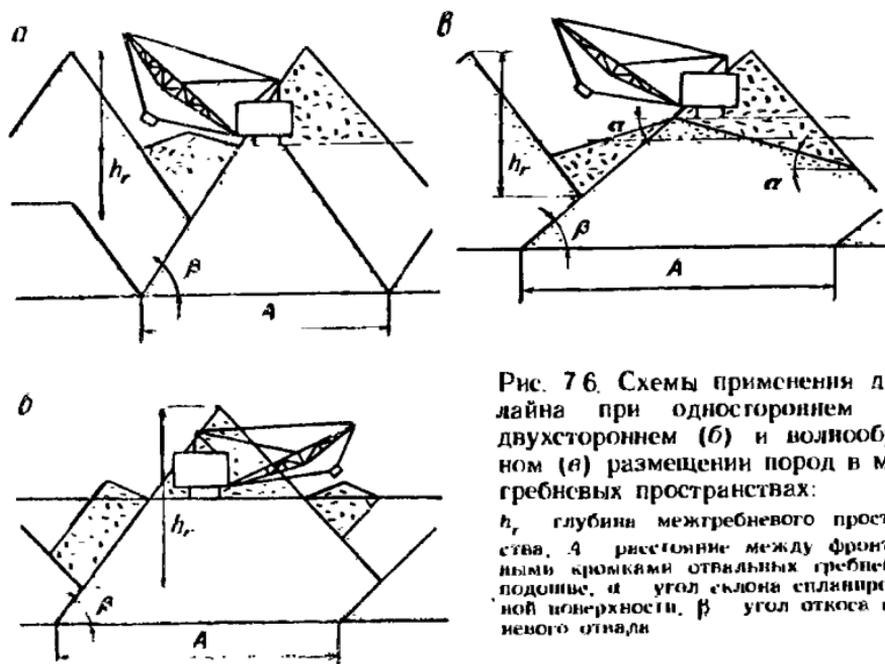


Рис. 7.6. Схемы применения драглайна при одностороннем (*a*), двухстороннем (*б*) и волнообразном (*в*) размещении пород в межгребневых пространствах:

h_r — глубина межгребневого пространства, A — расстояние между фронтальными кромками отвальных гребней по подножию, α — угол склона спланированной поверхности, β — угол откоса гребневого отвала

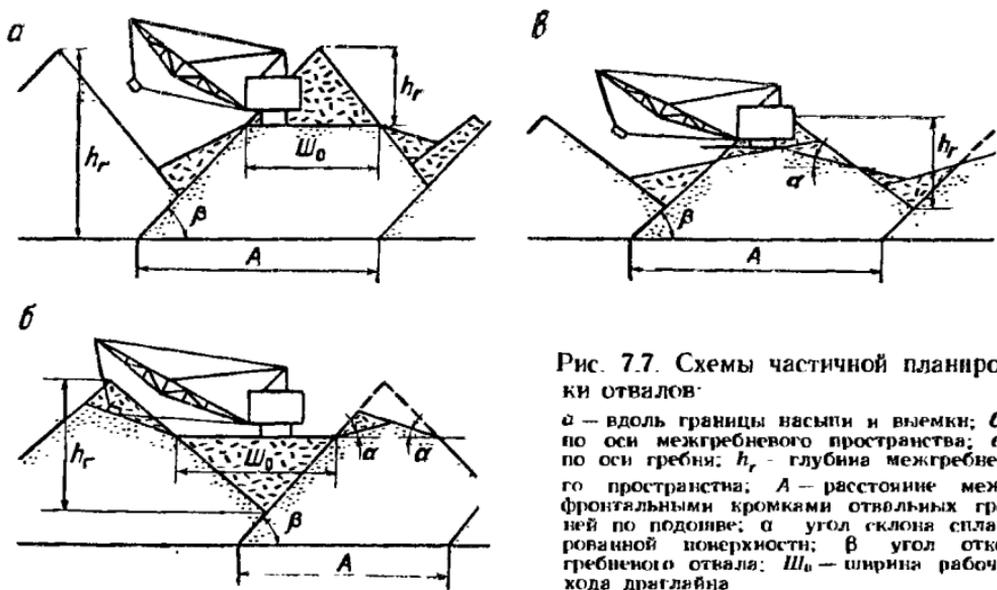


Рис. 7.7. Схемы частичной планировки отвалов:

a — вдоль границы насыпи и выемки; *б* — по оси межгребневого пространства; *в* — по оси гребня; h_r — глубина межгребневого пространства; A — расстояние между фронтальными кромками отвальных гребней по подошве; α — угол склона спланированной поверхности; β — угол откоса гребневого отвала; $Ш_0$ — ширина рабочего хода драглайна

С целью сокращения объемов земляных работ при подготовке отвалов для лесохозяйственного пользования применяются технологические схемы с частичной планировкой отвалов (рис. 7.7). В этих схемах предусматривается перемещение драглайнов вдоль границы насыпи и выемки (рис. 7.7, *a*) по оси межгребневого пространства (рис. 7.7, *б*) и по оси гребня (рис. 7.7, *в*).

При транспортных системах отвалообразования, а также при гидроотвалах, где объемы земляных работ незначительны, используются скреперы, бульдозеры, автогрейдеры.

В настоящее время широкое распространение получили плоские отвалы, располагаемые в различных естественных выемках (балки, овраги, лощины), карьерных выемках, во впадинах и провалах в зоне подработки поверхности. В этих случаях решаются две важные задачи: облагораживается рельеф местности за счет засыпки различных неудобий и техногенных нарушений и не отчуждаются дополнительные земли для размещения новых отвалов пород. Экономический эффект для народного хозяйства при таком способе ведения отвального хозяйства определяется с учетом всех факторов, включая и эффективность восстанавливаемых земель в районе действия горного предприятия.

При мелиоративной и агроэксплуатационной планировках используется сельскохозяйственное оборудование: прицепные или навесные плуги, дисковые бороны и плуги, катки, длиннобазовые планировки и др.

На выполаживании и террасировании откосов отвалов и бортов карьеров используются экскаваторы. Для рытья котлованов

и траншей для посадки деревьев и кустарников применяются экскаваторы типа «Беларусь» и бурильные машины на базе трактора. Высаженные деревья и кустарники поливают с помощью специальных машин.

Выбор комплекта оборудования для планировочных работ зависит от большого количества факторов и в каждом конкретном случае обосновывается технико-экономическим расчетом. В качестве критерия необходимо принимать минимальные приведенные затраты на 1 га рекультивируемой площади.

Выполаживание и террасирование откосов отвалов и бортов карьеров. Выполаживание и террасирование откосов отвалов и бортов карьеров осуществляются с целью повышения устойчивости, предотвращения локальных разрушений и исключения вредного воздействия на окружающую среду. Крутые откосы чаще подвержены оползневому явлению, водной и ветровой эрозии. Озеленение и эффективное использование крутых склонов (откосов) значительно затруднено.

Профилирование откосов может осуществляться сплошным выполаживанием и с устройством промежуточных террас. Результирующие углы откосов, ширина террас, расстояния между ними, их высота и другие параметры устанавливаются из условия обеспечения работ и требований последующего этапа биологической рекультивации.

Сплошное выполаживание откосов целесообразно производить бульдозерами, скреперами, одноковшовыми фронтальными погрузчиками или экскаваторами. Бульдозеры применяются при высоте отвального яруса до 14 м при рыхлых породах. При большой высоте используются скреперы, скреперные установки и драглайны. Откосы, сложенные скальными породами, при высоте яруса до 16 м выполаживаются бульдозерами, а при большей высоте выполаживаются и террасируются одноковшовыми погрузчиками или драглайнами.

Откосы отвалов могут выполаживаться сверху вниз и снизу вверх (рис. 7.8). Объемы земляных работ по выполаживанию зависят от угла естественного откоса, слагающих отвал пород, высоты и периметра отвала и способа профилирования при выполаживания сверху вниз

$$V = \frac{H_0^2 \sin(\beta - \alpha)}{S \sin \beta \sin \alpha} \quad (7.19)$$

где V — удельный объем земляных работ, м³/м; H_0 — высота откоса; β — угол естественного откоса пород отвала, градус; α — угол откоса после выполаживания, градус; при выполаживании откосов снизу вверх

$$V = \frac{H_0^2 \sin(\beta - \alpha)}{2 \sin \beta \sin \alpha} \quad (7.20)$$

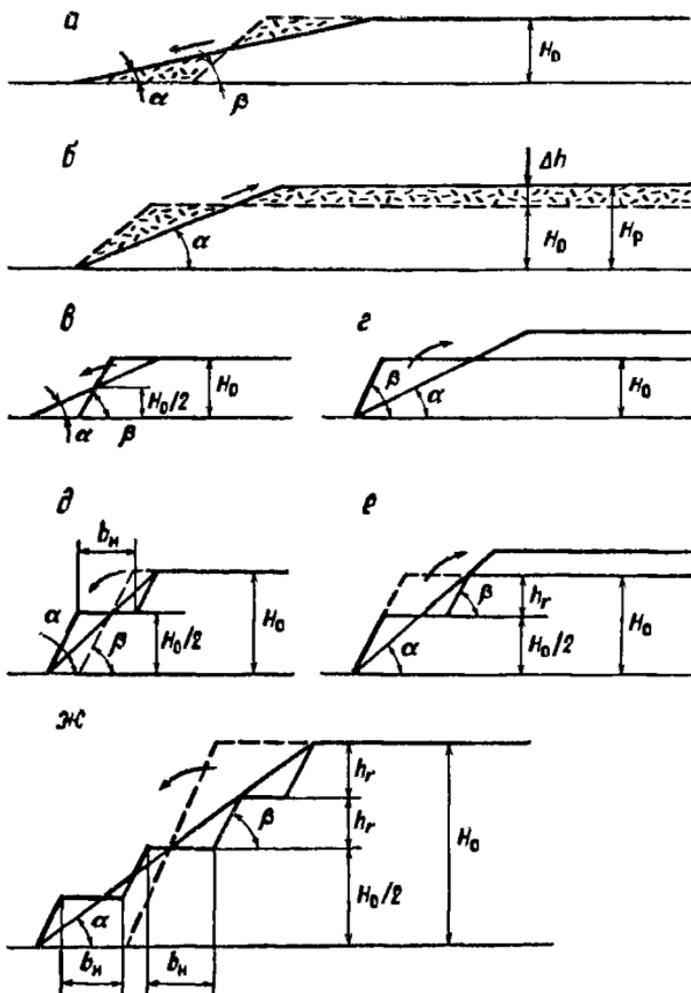


Рис. 7.8. Схемы выполаживания откосов отвала:

а, в, д, ж — сверху вниз;
б, г, е — снизу вверх;
α — угол склона спланированной поверхности;
β — угол откоса выполаживаемого отвала; H_0 — исходная высота отвала; $H_п$ — высота спланированного отвала; Δh — мощность наращивания высоты отвала; h_r — высота яруса отвала; b_n — ширина горизонтальной поверхности уступа

При выполаживании откосов снизу вверх объем земляных работ больше в 4 раза. Однако в этом случае площадь занимаемых земель не изменяется, что может иметь решающее значение, если под отвал отводятся ценные плодородные породы. Дополнительная площадь, занимаемая под отвал, при выполаживании сверху вниз определяется по формуле

$$\Delta S = \Delta l P + \pi \Delta l^2; \quad \Delta l = 0,5 H_0 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha), \quad (7.21)$$

где S — дополнительная площадь, занимаемая под отвал при выполаживании откосов сверху вниз, м^2 ; P — периметр отвала, м ; Δl — увеличение длины откоса отвала после его выполаживания, м .

При выполаживании отвалов с устройством террас необходимо учитывать ряд требований. Для снижения интенсивности эрозии откосов уклон, равный $1,5\text{--}2^\circ$, должен создаваться в

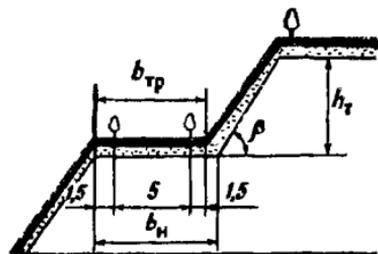


Рис. 7.9. Схема размещения зеленых насаждений на террасах отвала:

$h_т$ — мощность вскрышных пород верхнего яруса;
 $b_{тр}$ — ширина дневной горизонтальной поверхности уступа; h_n — ширина уступа по горизонтальной поверхности вскрышных пород; β — угол откоса по поверхности вскрышных пород

вышележащей террасе. Высоту ее целесообразно принимать в пределах 8—10 м, ширину горизонтальной площадки определять из условия размещения на ней двух рядов насаждений деревьев или кустарников с учетом механизированного способа посадки и ухода за растениями в период эксплуатации. С учетом этих требований при посадке деревьев в 1,5 м от бровки откоса общая ширина террасы составит 8 м (рис. 7.9) Ширина террасы при ее нарезке без учета мощности плодородного и потенциально плодородных слоев определяется по формуле

$$h_n = h_{тр} + h_т (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha), \quad (7.22)$$

где $h_т$ — высота террас, м; α , β — углы откосов, соответственно плодородного слоя и пород отвала.

Работы по выполаживанию и террасированию наиболее целесообразно проводить уже в процессе отвалообразования. После завершения укладки пород в первый ярус следует сразу произвести выполаживание откосов до углов, принятых в проекте рекультивации. Укладка пород во второй и каждый последующий ярус должна производиться с учетом ширины террасы на каждом ярусе.

Террасирование, так же как и выполаживание откосов, может выполняться снизу вверх и сверху вниз (рис. 7.10).

Нарезать террасы рекомендуется драглайнами, механическими лопатками, а планировать бульдозерами и скреперами.

Выбор вида профиля, технологии и механизации работ в конкретных условиях осуществляется по минимуму затрат на профилирование 1 м длины откоса. При наличии плодородных земель при выборе технологии учитываются затраты на возмещение ущерба народному хозяйству в результате отчуждения дополнительных земельных отводов.

Дальнейшие работы по рекультивации спланированных площадей отвалов производятся после их стабилизации. В зависимости от свойств складироваемых пород, технологии отсыпки, климатических и других факторов период между завершением отвалообразования и началом дальнейших работ по рекультивации принимается в пределах 0,5—5 лет. Для предотвращения отрицательных последствий осадки тела отвалов производят планировку их поверхности.

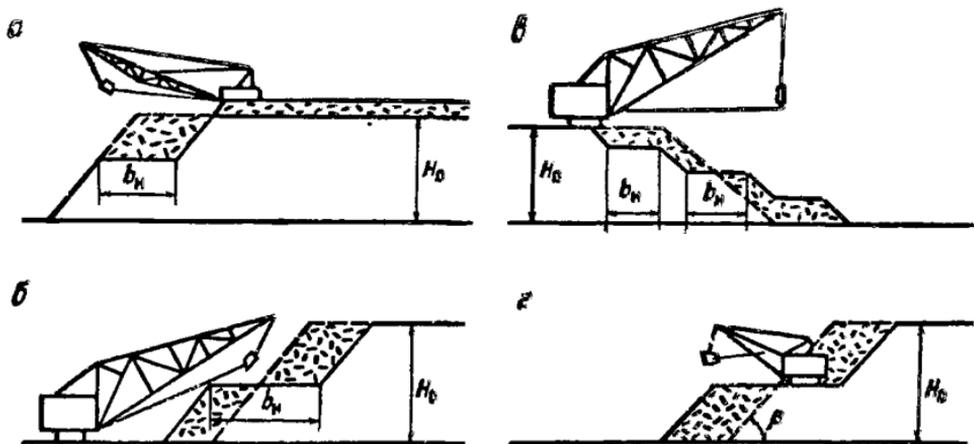


Рис. 7.10. Схемы террасирования откосов драглайном снизу вверх (а) и сверху вниз (б, в), механической лопатой сверху вниз (г):

H_0 — исходная высота отвала; b_n — ширина горизонтальной поверхности формируемой террасы; β — угол откоса

Кондиционирование плодородного рекультивационного слоя. Завершающая операция технического этапа рекультивации — создание рекультивационного слоя с благоприятными для произрастания растений свойствами.

Кондиционирование плодородного рекультивационного слоя почв начинается с комплекса работ по мелиорации поверхностного слоя пород — улучшение химических и физических свойств пород и их смесей, слагающих поверхностный слой рекультивируемых земель. Мелиоративные работы проводятся для создания благоприятных гидрогеологических режимов в приповерхностной толще пород, исключения возможного вредного влияния на биологические свойства почв кислот, щелочей и солевых растворов, образующихся в результате взаимодействия вод с токсичными породами рекультивируемого объекта. К мелиорации земель относятся их известкование, гипсование, промывка, пескование, глинование. Этим обеспечиваются определенные химические и структурные характеристики поверхностного слоя пород, необходимые для успешного развития корневой системы и образования микрофлоры, обеспечивающих жизнедеятельность растений.

При необходимости для защиты корневой системы растений от воздействия токсичных пород применяют экранирующий слой. Это специально создаваемый над непригодными для биологической рекультивации породами слой в виде экрана из капилляропрерывающих (песок, гравий, камни) и нейтрализующих пород.

В состав комплекса работ по восстановлению почвенного слоя и растительности входят:

горные работы по снятию, хранению и повторному использованию почвы;

биомелиоративные работы по восстановлению плодородия перемещенного слоя почв или создание на материнских породах плодородных субстратов;

биологическое освоение восстановленных земель.

В процессе ведения горных работ проводится опережающее селективное снятие почвенного слоя. Величина опережения не должна превышать годового подвигания фронта вскрышных работ. Снятию почвенного слоя предшествуют подготовительные работы по вырубке леса, корчевке пней, уборке валунов, срезке кустарников и др.

На участках, занятых сельскохозяйственными культурами, почва снимается после уборки урожая. Работы по снятию почвенного покрова производятся в теплое время года.

Почвенный слой наносится после выполнения планировочных и других инженерных работ по подготовке рекультивируемого участка. При наличии токсичных пород производится их химическая мелиорация. При этом, если токсичные породы занимают площадь 20—40%, то выполняется частичная, а при 40% полная химическая мелиорация. Вместо химической мелиорации можно на спланированную поверхность токсичных пород нанести экранирующий слой, а сверху плодородный слой почвы. Нанесением почвенного покрова заканчивается технический этап рекультивации.

В пределах мощности насыпного грунта должен быть образован корнеобитаемый слой (слой, где сосредоточен максимальный объем корней). Его мощность зависит от вида сельскохозяйственных культур: для зерновых и многолетних трав он должен быть не менее 0,8 м, плодовых культур — 1,5—2 м. Мощность гумусового слоя может колебаться от 0,3 до 0,8 м.

Нижняя часть рекультивируемого горизонта формируется из грунтов с благоприятными водно-физическими свойствами. При этом общая мощность рекультивируемого горизонта P зависит от агрохимических и физических свойств и достигает 1,7—2,2 м. Мощность рекультивируемого горизонта составит

$$P = H_k + K + 0,2 \quad (7.23)$$

где H_k — высота капиллярного подъема воды, м: глина — 0,2—0,5; торф — 0,5—0,8; песок — 0,5—1,0; супесь — 1,0—1,5; суглинок — 1,5—3,0 м; K — мощность корнеобитаемого слоя, м: при зерновых культурах — 0,8; плодовых — 1,5—2; древесных насаждениях — 2,4—4.

Состав грунтов на отвалах, подготавливаемых для лесопосадок, в пределах корнеобитаемого слоя (1,5—2,0 м) должен иметь благоприятные лесорастительные свойства. В поверхност-

ном слое (0,4–0,5 м) не допускаются крупные (более 0,3 м) включения скальных пород, препятствующих механизации работ.

Земли, подготавливаемые под гражданское или промышленное строительство, должны удовлетворять требованиям строительных норм и правил Госстроя СССР. На этих территориях уровень грунтовых вод от поверхности (норма осушения) должен быть не менее 0,3 м от подошвы фундаментов, а на территориях зеленых насаждений массового пользования и спортивных площадок — не менее 1 м.

Опыт показывает, что при селективной отсыпке верхнего горизонта рекультивационного слоя получается наилучший результат.

До последнего времени наибольшее распространение на практике имели многоярусные внешние отвалы. Ярусы отвалов, как правило, отсыпались последовательно по всей площади (рис. 7.11). При такой технологии ухудшаются санитарно-гигиенические условия района за счет ветровой и водной эрозии поверхности отвалов. Продуктивность сельскохозяйственных и лесных угодий в зоне воздействия резко снижается. Рекультивация отвалов в большинстве случаев возможна через 20–30 лет после начала их отсыпки, т. е. после завершения всех работ и стабилизации осадок отвала.

Значительно сократить период интенсивного загрязнения окружающей среды удастся при внедрении новой технологии, предусматривающей отсыпку всех ярусов отвала и одновременную их рекультивацию.

Рекультивация карьерных выемок, мульд сдвижения и зон обрушения. Работы по выполаживанию бортов карьеров аналогичны проводимым на отвалах. Осуществляются они сплошным или террасированным способом. Углы выполаживания в зависимости от направлений рекультивации карьерных выемок, глубины карьера, высоты уступов и физико-механических свойств слагающих пород колеблются от 5 до 20°. При скальных породах применяется взрывной способ выполаживания бортов карьера: порода перемещается с верхней части борта карьера к его основанию с помощью направленного массового взрыва. Для этого в верхнем уступе бурятся взрывные скважины, располагаемые рядами, параллельно борту карьера. Глубина скважин

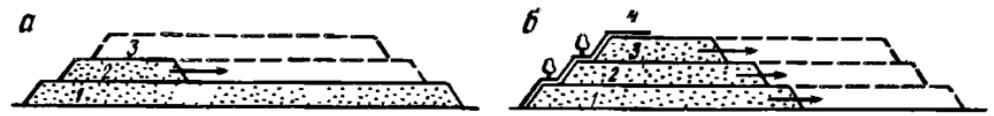


Рис. 7.11. Схема последовательности рекультивации внешних отвалов с поярусной отсыпкой (а), с одновременной отсыпкой всех ярусов и нанесением плодородного слоя (б):

1, 2, 3 — ярусы. 4 — плодородный слой

в каждом ряду определяется углом наклона формируемого откоса.

При экскаваторной и бульдозерной разработке месторождений в районах с благоприятными почвенно-климатическими условиями технический этап рекультивации карьерных выемок и отвалов вскрышных пород заключается в частичной переэкскавации пород в карьерные выемки с формированием одной наклонной поверхности и нанесением на нее почвенного покрова.

Карьерные выемки и разрезы в зависимости от гидрогеологических условий и размеров могут рекультивироваться в сельскохозяйственном (пашни, сенокосы, многолетние фруктовые посадки и др.), лесохозяйственном и водохозяйственном направлениях. Часто карьерные выемки используют для размещения в них вскрышных пород или захоронения промышленных и бытовых отходов. После их заполнения и стабилизации материала на вновь образовавшуюся поверхность наносится экраняющий (при необходимости) потенциально плодородный и плодородный слой, высаживаются деревья, устраиваются сенокосные или другие уголья.

При создании на месте карьерных выемок водоемов проводится ряд специальных мероприятий, входящих в состав технического этапа рекультивации.

Водоемы, создаваемые в карьерных выемках, должны иметь выположенные берега, соответствующую защиту дна и берегов с целью предотвращения оползней, защиту от фильтрации или прорыва воды в смежные открытые выработки, оборудоваться необходимыми гидротехническими сооружениями, удобными подъездными путями и другими видами благоустройства.

Объемы воды в водоемах должны быть достаточными для покрытия потерь на фильтрацию, испарение и полезное водопотребление при глубине не менее 1,5 м с учетом санитарно-гигиенических требований.

В прибрежной полосе должна создаваться мелководная зона шириной 30—50 м с постепенным увеличением глубины от 1,5 до 4,8 (рис. 7.12). Длина этой зоны принимается не менее 40% общей протяженности береговой линии. Мелководная зона планируется и покрывается продуктивными почвами не позднее чем за 1—2 года до затопления.

Откосы подводной части водоемов в зоне действия волн выполняются под углом естественного откоса грунта в воде. Прибрежная полоса выполняется с уклоном 1:7 до глубины 1,7 м. При наличии неустойчивых или размываемых грунтов берего-



Рис. 7.12. Устройство водоема в карьерной выемке

вая полоса водоема на опасных участках укрепляется каменным мощением, железобетонными плитами или асфальтовым покрытием.

При подземном способе добычи полезных ископаемых образуются значительные площади земель, оказавшиеся в зоне подработки и потерявшие свою первоначальную ценность. Их рекультивация — крупная народнохозяйственная задача. Виды и объемы рекультивационных работ в основном определяются формой образовавшегося техногенного рельефа, размерами мульдообразных или террасированных впадин, каньонообразных или воронкообразных провалов, гидрогеологических условий и других факторов.

Необходимость в рекультивации мульдообразных впадин возникает в тех случаях, когда уровень грунтовых вод располагается близко к поверхности, и в результате возникают значительные площади подтопленных и заболоченных земель. Основными направлениями восстановительных работ в этих случаях является комплекс мелиоративных мероприятий по отводу и понижению уровня грунтовых вод.

Рекультивация подработанных земель с мульдообразными террасированными впадинами в основном осуществляется в лесохозяйственном направлении, если режим поверхностных и подземных вод благоприятен, или в водохозяйственном, если впадины оказываются заполненными и их осушение технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Наибольшие трудности вызывает рекультивация каньонообразных и воронкообразных провалов на поверхности. В основном эти выемки служат для размещения вскрышных пород, захоронения различных промышленных и бытовых отходов. При благоприятных гидрогеологических условиях они могут использоваться под водоемы различного назначения, если это не угрожает прорывам воды в горные выработки. При заполнении провалов породами и отходами их стабилизация происходит в течение длительного времени.

Переформирование и разборка породотвалов. Породотвалы (отвалы шахтных горных пород или отходов обогащения, отсыпанные в форме конуса) особенно большое распространение получили в угольной промышленности в прошедшие годы. Высота их достигала 100—200 м и более. Они занимали много ценных земель, часть из которых находилась в городской черте. В зоне вредного влияния породотвалов наблюдалась запыленность атмосферного воздуха, а при наличии горящих отвалов — сильная загазованность. Первая стадия их рекультивации — переформление. В ряде случаев осуществляют полную разборку отвалов, использование пород для различных нужд народного хозяйства.

Переформление и разборка осуществляется путем снятия

пород вершины, выполаживания и террасирования откосов и образования платообразного состава.

Полная разборка породотвалов осуществляется с вывозкой всего количества пород и рекультивацией занимаемого участка земли. Заслуживает внимания рекреационное направление рекультивации отвалов, особенно если они расположены в жилой зоне. Их можно приспособить для проведения спортивных мероприятий (лыжные и саночные трассы с искусственным покрытием); устройства парков отдыха со смотровыми площадками и др.

Инженерная подготовка рекультивируемых земель включает в себя комплекс технических мероприятий, обеспечивающих приведение нарушенных горными работами участков в состояние, пригодное для промышленного и гражданского строительства, сельскохозяйственного, водохозяйственного или рекреационного использования. В состав инженерных мероприятий входят: отвод поверхностных вод, защита от подтопления и заболачивания, борьба с оврагообразованием и эрозией почв, устройство дорог, подъездов и других сооружений, способствующих быстрому освоению рекультивируемых участков.

Инженерная подготовка осуществляется до начала работ по биологической рекультивации. Значительный ущерб биологической и строительной рекультивации может нанести несвоевременное проведение мероприятий по защите осваиваемых территорий от затопления и заболачивания паводковыми и грунтовыми водами.

Инженерные требования к рельефу рекультивируемых земель связаны с необходимостью организации внешних и внутренних транспортных связей с рекультивируемыми участками, отвода с них поверхностных грунтовых вод и создания необходимых условий для повышения плодородия перемещенного почвенного покрова. Практически при всех направлениях рекультивации целесообразно иметь ровно спланированные площадки с малыми уклонами для стока воды, желательно в одну сторону или от середины к краям площадки. Нерационально делать уклон рекультивируемой площадки к ее середине, так как это потребует проведения специальных мероприятий по отводу воды.

При формировании отвалов их поверхность должна превышать на 1,5—2,5 м возможный уровень грунтовых вод. При близком расположении грунтовых вод от поверхности спланированного и рекультивированного отвала может иметь место переувлажнение почв за счет их насыщения атмосферными осадками, а также капиллярного поднятия грунтовых вод. Результатом такого положения будет заболачивание рекультивированной площади.

В случае низкого уровня грунтовых вод на рекультивированных площадях создаются условия, когда растения испытывают

недостаток влаги. Вследствие этого снижается продуктивность угодий, а почвенный слой может подвергаться интенсивной ветровой эрозии. В таких условиях необходимо применять искусственные поливные системы.

При благоприятном рельефе отвод поверхностных вод осуществляется самотеком благодаря правильно созданному уклону поверхности. При устройстве простейших гидротехнических сооружений по отводу воды необходимо определить площадь водосбора, величину стока от снеготаяния и ливней.

Объем стока талых вод определяется по формуле Д. Л. Соколовского

$$W_T = 1000Sh_1hK, \quad (7.24)$$

где S — площадь водосбора, км²; h — слой весеннего стока расчетной обеспеченности, мм; h_1 — слой весеннего стока для данного района; определяется по карте изолиний; K — коэффициент стока; определяется по справочным данным.

Объем ливневого стока вычисляется по формуле П. И. Суца

$$W_L = 10S'xK, \quad (7.25)$$

где S' — площадь водосбора, га; x — толщина слоя выпавших осадков за один расчетный ливень, приблизительно $x=4F$ (F — сила дождя — параметр, характеризующий наибольшую интенсивность ливня данного района заданной обеспеченности; определяется по карте изолиний); K — коэффициент стока ливневых паводков (отношение слоя стока за паводок к слою выпавших осадков); для супесей $K=0,5-0,7$; суглинков $0,5-0,8$ и глинистых грунтов $0,8-0,95$.

Защита рекультивируемых территорий от размыва, подтопления и заболачивания в значительной мере связана с образуемым рельефом отвальных площадей и глубиной залегания грунтовых вод в пределах рекультивируемых площадей, а также с изменением их уровня и расхода во времени.

Водная эрозия отвальных территорий зависит от их площади, рельефа, массы и скорости движения воды. При формировании отвалов необходимо создавать условия, предохраняющие откосы от водной эрозии. Это достигается устройством террас на откосах отвалов, предохранительных берм между отсыпанными ярусами и выполаживанием откосов.

Питание грунтовых вод за счет атмосферных осадков чаще наблюдается при близком залегании к поверхности водоупорных и слабопроницаемых пород. В этих условиях дождевые и талые воды инфильтруются в грунт, образуя верховодку, являющуюся в ряде случаев причиной подтопления и заболачивания спланированных отвалов. Инфильтрация атмосферных осадков будет незначительной, если рельеф местности имеет большие уклоны.

Питание грунтовых вод на рекультивируемых участках может осуществляться за счет напорных или безнапорных подземных вод вышележащих площадей. Если водоносный горизонт сверху прикрыт водоупорными породами, а рельеф местности имеет определенный наклон в одном направлении, то грунтовые воды будут питать напорные. В таких условиях после завершения горных и рекультивированных работ грунтовые воды достигнут уровня, соответствующего напору питающего водоносного горизонта. Все отрекультивированные площади, расположенные ниже уровня или близко к нему, будут затоплены или заболочены.

Подтопление и заболачивание отрекультивированных участков могут происходить и безнапорными грунтовыми водами. Это случается, когда при рекультивации не учитывается процесс постепенного восстановления уровня грунтовых вод. Поэтому важным условием для рекультивации отвалов, карьерных выемок и других объектов является необходимость формировать их поверхность на отметках, превышающих на 1,5—2,5 м уровень грунтовых вод на смежных участках. При близком расположении грунтовых вод от спланированной поверхности может иметь место переувлажнение части грунта за счет насыщения его атмосферными осадками, а также капиллярного поднятия грунтовых вод.

Большое внимание при выполнении работ по рекультивации должно уделяться борьбе с водной и ветровой эрозией объектов рекультивации.

Водная эрозия может быть плоской (поверхностной) и линейной (овражной). Плоскостная — это смыв верхних горизонтов почвенного покрова на склонах (откосах) при стекании по ним дождевых или талых вод сплошным потоком или небольшими ручейками. В результате смыва верхнего наиболее плодородного рекультивационного слоя снижается, а иногда и полностью теряется продуктивность восстановленного угодья. Практикой установлено, что на слабосмытых почвах урожайность сельскохозяйственных культур снижается на 20—30%, на среднесмытых — на 40—50% и на сильносмытых — на 65—70%.

Большую опасность после завершения работ по рекультивации отвалов, карьерных выемок и других откосных объектов представляет линейная эрозия. Она вызывается талыми и дождевыми водами, стекающими значительной массой, собранной на небольшом по ширине участке склона (откоса). В результате происходят смыв и разрушение рекультивационного слоя в глубину, образование глубоких промоин овражного типа.

При ветровой эрозии отрекультивированных поверхностей происходит вынос мелких сухих частиц ветром. Сухой почвенный покров поддается действию ветра легче, чем влажный. Поэтому ветровая эрозия объектов рекультивации наблюдается

там, где не обеспечивается достаточная связь с грунтовыми водами, особенно в засушливых районах. Наиболее интенсивна она при формировании отвалов, снятии, хранении и перемещении плодородных и потенциально плодородных пород.

При составлении проектов рекультивации нарушенных земель необходимо планировать и решать следующие противоэрозионные задачи:

в зонах возможной водной эрозии — создание водоустойчивой поверхности (земельного покрова, регулирование стока талых и ливневых вод);

в зонах возможной ветровой эрозии — создание ветроустойчивой поверхности, уменьшение скорости ветра в приземном слое и сокращение размеров пылесборных площадей.

Создание эрозионноустойчивой поверхности рекультивационного слоя зависит от формирования рельефа рекультивируемых районов и сроков и эффективности методов создания почвенного покрова. Рельеф и растительный покров в свою очередь определяют величину и направление талых и ливневых вод, а также скорость ветра в приземном слое и размеры площадей, подверженных ветровой эрозии.

Заметные эрозионные процессы развиваются на склонах при крутизне склона 0,5—2°, при крутизне 2—6° они усиливаются, а при 6—10° проявляются в полной мере.

Эрозия почвы в зависимости от крутизны уклона характеризуется следующими данными.

Уклон поверхности, градус	5	10	20	30
Смыв почвы с 1 га, т	10,5	22,9	31,6	38,3

На рекультивируемых угодьях смыв почв наиболее интенсивно наблюдается в первые годы. Развитие эрозии зависит от механического состава и структурного строения верхнего рекультивационного слоя. Наиболее легко подвергаются смыву почвы, состоящие из мелких частиц, которые переходят в потоке во взвешенное состояние и выносятся. Сильную эрозию испытывают суглинки и глинистые бесструктурные почвы. Они плохо пропускают воду, легко заплывают, образуя труднопроницаемую для воды корку. С таких почв стекает не менее 70% дождевой и до 100% талой воды.

Важным фактором, определяющим эрозионность почв, является способность распадаться в воде комков зерен, склеенных гумусом и иловатыми частицами. Такие почвы обладают хорошей водопроницаемостью, поэтому вероятность формирования поверхностного стока и интенсивность смыва на них меньше.

Фактором, определяющим эрозионные процессы, является также растительность. При наличии хорошо развитой растительности роль рельефа снижается, основное значение приобретают ее густота и характер на земной поверхности. При хоро-

шем развитии и большой густоте растений их почвозащитная и водорегулирующая роль возрастает. Это объясняется снижением силы удара капель дождя, задержанием значительного количества воды на наземных частях растений, упрочнением корнями растений почвенного покрова, повышением шероховатости самой поверхности и равномерным задержанием снежного покрова.

По опасности водной эрозии отрекультивированные земли можно разделить на группы:

несмываемые — уклон рекультивируемой поверхности до 1° , т. е. рекультивируемый участок располагается на ровной части рельефа, потери влаги за счет поверхностного стока практически отсутствуют, предпочтительно сельскохозяйственное направление рекультивации;

слабосмываемые — уклон поверхности $1-2^\circ$, сток талых и ливневых вод может вызывать незначительный смыв нанесенных почв на нижерасположенные участки, сельскохозяйственное направление рекультивации возможно;

среднесмываемые — уклон поверхности $2-3^\circ$, наблюдается заметный смыв нанесенных почв, потери влаги на поверхностный сток большие, при сельскохозяйственном направлении рекультивации требуется проведение специальных методов обработки почв, посевов культур поперек склона;

сильносмываемые — уклон $3-5^\circ$, увеличенный смыв нанесенных почв, значительные потери влаги на поверхностный сток, при сельскохозяйственном направлении рекультивации необходимо планировать почвозащитные севообороты культур;

эрозионноопасные — уклон рекультивируемой поверхности 6° и более, происходит сильный смыв нанесенной почвы; поверхность подвержена плоскостной и линейной эрозии и для пашного земледелия непригодна.

Основные направления работ по защите объектов рекультивации от водной и ветровой эрозии следующие:

проведение агротехнических противозерозионных мероприятий;

лесомелиоративные меры;

создание противозерозионных гидротехнических сооружений.

Агротехнические противозерозионные мероприятия. Наиболее простые и распространенные агротехнические мероприятия по борьбе с водной эрозией — обработка почв поперек склона. При этом создаются своеобразные микрорельефы пашни, гребни и борозды. Это препятствует поверхностному стоку воды и способствует накоплению ее в пахотном горизонте.

На склонах крутизной более 2° поперечную пахоту целесообразно сочетать с обвалованием. Временные земляные валки высотой 15—25 см создаются специальным плугом. Углублен-

ная пахота также способствует задержанию влаги и уменьшению поверхностного стока. При повышенной глубине вспашки растения более длительный срок способны переносить засуху и мокрую погоду, более глубоко пускают корни, создавая прочный защитный покров. Тем самым снижается водная эрозия в дождливый сезон и ветровая в период засух.

Хорошие результаты по снижению процессов смыва почв и накоплению в них влаги получаются при использовании для обработки склонов крестования и бороздования зяби. Вначале однокорпусным плугом через 5—10 м проводятся борозды вдоль склона, а затем поперек его через 2—5 м, в зависимости от крутизны.

Для задержания талых и ливневых вод хорошие результаты дает щелевание рекультивированного участка. В этом случае поперек склона на расстоянии 70—180 см делается нарезка щелей глубиной 40—50 см.

Перспективен способ крестования. Для этой цели на корпусах плуга устанавливаются кротователи, создающие на расстоянии 70—140 и глубине 35—40 см кротовины диаметром 6—8 см. Наличие кротовин значительно улучшает водопроницаемость почв, снижает эффект смыва и улучшает водный и воздушный режимы снабжения корневой системы растений.

Значительную роль в борьбе с эрозией почв играет применение правильно подобранного комплекса минеральных и органических удобрений. В сочетании с другими агротехническими мероприятиями применение удобрений способствует быстрому развитию почвообразовательных и биохимических процессов. В результате происходит повышение плодородия рекультивируемого угодья, быстрое развитие растений и снижение опасности водной и ветровой эрозии почв.

Лесомелиоративные методы борьбы с водной и ветровой эрозией. Эти методы борьбы успешно применяются на выположенных и террасированных откосах и бортах отвалов и карьеров, для защиты больших рекультивированных площадей с помощью лесных полос и др.

Лесные посадки на выположенных и террасированных откосах и уступах размещают поперек склона — вдоль общего направления горизонталей. На склонах до 15° и на террасах посадку производят в плужные борозды с отвалом пласта вниз по склону. Находит применение посадка по вспаханным лентам шириной 1—1,5 м с высаживанием одного ряда семян (рис. 7.13). На крутых склонах (15° и более), где существующую механизацию применять сложно, почву под посадки готовят в виде борозд, лент или площадок, вытянутых поперек склона.

Приоткосные лесные полосы по периметру отвалов и карьеров выполняют одновременно пылезащитную и противоэрозион-

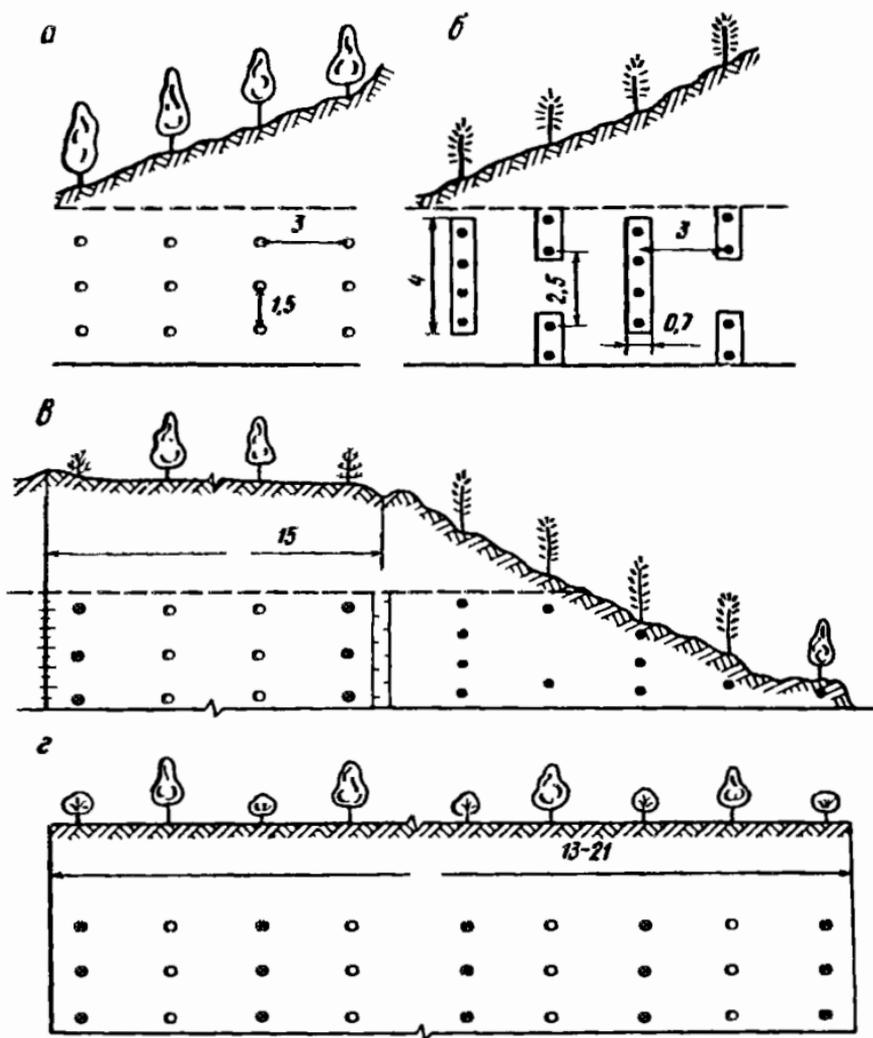


Рис. 7.13. Схемы мелиоративных посадок на склонах крутизной до 15° (а); более 15° (б); по периметру отвалов (в); сплошной пылезащитной лесополосой (г)

ную роль. В зависимости от конкретных природных условий зеленые полосы обеспечивают задержание снега и накопление влаги и перевод ее в грунтовый сток. Одновременно приоткосные лесные полосы защищают откосы и прилегающие уголья от ветровой эрозии. Лесополосы по периметру отвалов и карьеров создают ажурными, располагая вдоль верхней бровки откоса. В конструкции лесозащитной полосы предусматриваются водоотводные валики, расположенные параллельно бровке откоса (рис. 7.14).

Водорегулирующие лесные полосы на отрекультивированных

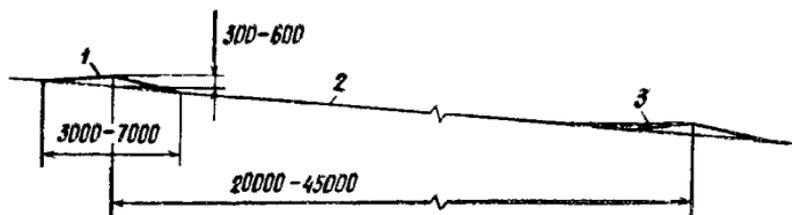


Рис. 7.14. Схема дамбы-террасы:

1 — вал; 2 — межтеррасное пространство; 3 — пруд

угодьях создаются при углах 2° и более. Полосы располагаются поперек склона параллельно горизонталям. Расстояние между водорегулирующими лесополосами определяется крутизной склона, количеством и интенсивностью выпадающих осадков, податливостью почвы смыву, ее водопроницаемостью и другими факторами. На склонах крутизной $2-4^\circ$ расстояние между лесополосами принимается 300—400 м, на склонах более 4° — до 200 м. Ширина водорегулирующих лесных полос принимается 15—20 м, с их нижней стороны отсыпаются водозадерживающие валы.

Полезащитные лесные полосы на плоских склонах и уклонах до $1,5-2^\circ$ размещают в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Основные полосы располагают поперек господствующих ветров. Вспомогательные, предназначенные для защиты от ветров других направлений, располагают перпендикулярно к главным. В зависимости от рельефа местности и других требований допускается отклонение от направления основных полос до 30° . Ширина основных полос на суглинистых почвах принимается 15 м, на песчаных — 21 м; вспомогательных поперечных — соответственно 7,5—10 и 12,5—15 м. Расстояние между основными лесополосами 350—600 м в зависимости от породы высаженных деревьев, скорости достижения ими средней высоты (лесополосы из быстрорастущих пород достигают средней высоты через 20—30 лет, медленно растущие — через 40—50 лет) и зоны эффективного влияния, равной 25—30-кратной высоты деревьев.

Полевые дороги размещают с освещенной солнцем (надветренной) южной или восточной стороны лесопосадки, а на склонах — вдоль верхней опушки. Для проезда тракторов с прицепными орудиями в лесных стыках поперечных и продольных приоткосных полос предусматриваются разрывы шириной 40—50 м.

Гидротехнические противозрозионные сооружения. Агротехнические противозрозионные мероприятия применяются на склонах до 4° . Действие лесомелиоративных мероприятий начинает проявляться через 10—12 лет и более. Поэтому в горной прак-

тике для защиты от водной и ветровой эрозии объектов рекультивации находят применение гидротехнические противозерозионные сооружения в комплексе с другими мероприятиями. Основное преимущество гидротехнических сооружений состоит в том, что они эффективно защищают объекты рекультивации сразу после их возведения.

К противозерозионным гидротехническим сооружениям относятся:

сооружения на водосборной площади — горизонтальные и наклонные валы-террасы, водозадерживающие валы, водоотводящие и водонаправляющие валы и каналы и др.;

сооружения сброса поверхностного стока с более высоких отметок на более низкие, быстротоки, перепады, консольные сбросы;

донные и русловые сооружения, запруды, плотины в оврагах;

противоселевые сооружения на горных склонах и русловые.

Земляные гидротехнические сооружения просты по конструкции, позволяют максимально механизировать все работы и требуют специальных строительных материалов. Их создают после грубой планировки и полной стабилизации отвалов, до нанесения почвенного слоя. Они приостанавливают эрозии рекультивированного слоя, улучшают водный режим и способствуют быстрому развитию растений.

Горизонтальные валы-террасы создают на рекультивируемых склонах при углах $6-10^\circ$. Качественно выполненные валы-террасы служат многие годы.

Валы-террасы имеют небольшую высоту и пологие откосы (см. рис. 7.14). Высота вала 30—60 см, ширина основания равна 10—12-кратной высоте вала. При таком профиле валов сельскохозяйственные машины легко их преодолевают.

Валы-террасы располагают по горизонталям рекультивируемого объекта параллельно друг другу на расстоянии 20—45 м. В их конструкции выделяют следующие элементы: выемочный, сухой и мокрый откосы и межтеррасное пространство. На склонах крутизной до $4-5^\circ$ откосы валов устраивают пологими (заложение откосов 1 : 8—1 : 10).

Для устройства валов-террас используются бульдозеры, грейдеры, скреперы. После насыпки вала его уплотняют катками. Нанесение почвенного слоя и посев культур на террасированном участке проводят вдоль валов.

Валы-террасы при эксплуатации обеспечивают изменение режимов влажности почвы. Весной глубина проникновения влаги в почву их выемочной части увеличивается в 2—2,5 раза, достигая 4 м.

Наклонные валы-террасы создаются в условиях избыточного увлажнения при наличии тяжелых водонепроницаемых пород.

Их располагают под некоторым углом к горизонталям с небольшим продольным уклоном, чтобы отвести часть воды.

Для защиты откосов на их бровках устраивают водозадерживающие сооружения, состоящие из вала и корытообразной выемки. Земляные работы при устройстве валов выполняются бульдозерами, грейдерами, катками. После формирования вала и уплотнения его катком на его поверхности создается почвенно-растительный слой. Наличие травяной растительности значительно увеличивает срок службы вала.

Водоотводящие каналы глубиной 50—60 см устраивают при помощи специального плантажного плуга.

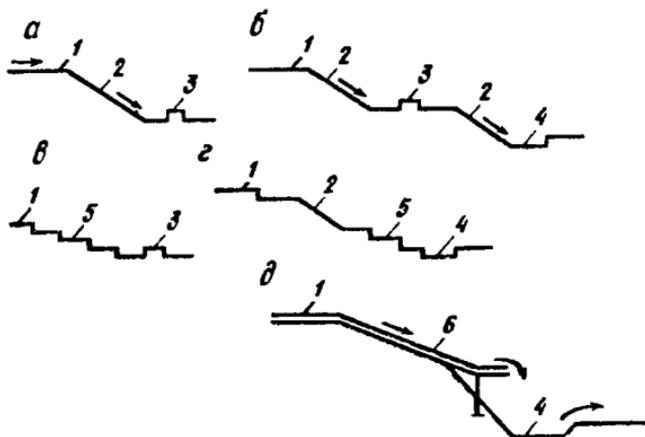
Гидротехнические сооружения для отвода и сброса поверхностного стока передают водный поток на более низкие участки местности с целью предотвращения образования размывов и нарушений овражного типа на откосах отвалов и карьеров. Выбор типа сооружения (рис. 7.15) зависит от рельефа местности, высоты или глубины сброса, срока службы конструкции и ряда других факторов. Быстротоки выполняются трапецевидного, треугольного и круглого поперечного сечения с постоянным или переменным продольным профилем. Для строительства используют дерево, бутовый камень, монолитный и сборный железобетон. Находят применение металлические и железобетонные трубы.

Биологический этап рекультивации. Биологический этап начинается с организации и выполнения биомелиоративных работ по восстановлению плодородия нанесенного слоя почвы или создания на материнских грунтах плодородных субстратов.

Сельскохозяйственное восстановление плодородия почв может вестись в различных направлениях растениеводства (полеводство, луговоеводство, овощеводство и др.). При лесохозяйственном направлении восстановление почв может производиться для выращивания леса различного направления и назначения (противоэрозийного, ветрозащитного, хозяйственного и др.). На

Рис. 7.15. Схемы водосборных сооружений:

а — быстроток; б — быстроток с двумя водобойными колодцами; в — многоступенчатый перепад; г — быстроток, совмещенный с перепадом; д — консольный сброс; 1 — входная часть; 2 — лоток быстротока; 3 — водобойная стенка; 4 — водобойный колодец; 5 — ступени перепада; 6 — лоток консоли



карьерных и других выемках могут создаваться хозяйства для рыбоводства и птицеводства.

При сдаче объектов для биологического этапа рекультивации следует выполнять следующие требования:

отвалы должны быть стабильными, основные процессы их осадки завершены;

отметки подготовленной поверхности внутренних отвалов должны быть выше или не менее чем 1—2 м господствующего уровня грунтовых вод в прилегающих к карьере зонах;

планировка поверхности должна выполняться с учетом требований применения сельскохозяйственной техники или машин для посадки леса:

поверхность отвалов должна быть покрыта почвенным слоем при сельскохозяйственном направлении рекультивации и почвообразующими породами при лесохозяйственном;

все инженерные мероприятия по борьбе с эрозией рекультивируемых участков, а также исключющие заболачивание и подтопление должны быть завершены;

к отвалам должны быть проложены подъездные пути.

Биомелиоративные работы, направленные на создание необходимой структуры и плодородия почвенного слоя, включают в себя комплекс агротехнических приемов с целью улучшения физико-механических и биологических свойств верхнего горизонта пород. Состав мероприятий изменяется в зависимости от способа создания почвенного слоя

Мероприятия по рекультивации земель должны предусматривать создание рационального агроландшафта с улучшенными условиями для сельскохозяйственного производства. Для создания или сохранения оптимального экологического равновесия ландшафта рекомендуется на каждые 1—2 тыс. га сельскохозяйственных угодий создать не менее одного лесного массива площадью 100—200 га, а между полями — компенсирующие площади (полосы леса и кустарника, водоемы). В залесных районах площадь открытой местности может достигать 300—400 га, а в безлесных — 100 га.

Агротехнические приемы при проведении биологической рекультивации зависят от качества технического этапа рекультивации, пригодности пород для возделывания сельскохозяйственных культур, природных и других условий.

Восстановление плодородия почв занимает несколько лет, и его эффективность определяется правильным чередованием различных культур, высеваемых в определенной последовательности. Это дает возможность накопить гумус и ряд необходимых веществ.

Биологический этап выполняется после завершения технического и является составной частью большинства направлений рекультивации.

Биологический этап выполняется после завершения технического и является составной частью большинства направленных рекультивации.

При разработке биологического этапа рекультивации в случае ее сельскохозяйственного направления решаются следующие вопросы:

подбор мелиоративных севооборотов;

технология обработки почвы;

нормы и периодичность внесения органических и минеральных удобрений, а также (при необходимости) мелиорантов.

При подборе сельскохозяйственных культур и разработке мелиоративных севооборотов учитываются специфика технического этапа и характер рекультивационного слоя (мощность, содержание гумуса и подвижных питательных веществ, физико-химические и водно-физические свойства и др.), а также принимаются во внимание климатические условия. Как правило, освоение рекультивированных земель начинается с 3—4-летнего выращивания многолетних трав с запахиванием зеленой массы как сидерата.

В случае, если техническим этапом не предусмотрено нанесение гумусированного слоя почвы и рекультивационный слой представлен потенциально плодородными породами, мелиоративные севообороты включают 6—10-летнее возделывание эвритрофных многолетних бобовых трав, нетребовательных к почвенному плодородию (состав травосмесей устанавливаются в соответствии с зональными особенностями). Нормы высева семян многолетних трав увеличиваются на 50%.

Глубина обработки рекультивированных почв определяется с учетом мощности нанесенного плодородного слоя почвы, его свойств, и диктуется необходимостью улучшения водно-воздушного режима в корнеобитающем слое, что достигается вспашкой на 22—30 см с почвоуглублением.

Норму внесения минеральных удобрений на рекультивированных землях увеличивают в 1,5—2 раза, а навоза — в 2 раза по сравнению с теми, которые рекомендованы для продуктивных земель.

В зависимости от физико-химических свойств насыпного слоя (повышенной кислотности или щелочности) намечается внесение химических мелиорантов в нормах, рассчитанных стандартными методами.

Частные вопросы агротехники решаются в увязке с зональными мероприятиями по повышению плодородия почв — применительно к почвам, служащим моделью (эталон) при проведении рекультивационных работ.

На отвалах, сложенных потенциально плодородными породами, посадка многолетних насаждений может производиться без покрытия всей поверхности почвенным слоем, но с внесе-

нием в ямы перед посадкой плодородной почвы. Посадку можно производить через 3—5 лет после осадки грунта.

При использовании рекультивированных земель под пашню и многолетние насаждения следует предусматривать создание полезащитных лесных полос из древесно-кустарниковой растительности в соответствии с зональными и специальными рекомендациями.

Лесохозяйственное направление предусматривается в случаях, когда экономически нецелесообразно проводить сельскохозяйственную рекультивацию или создание лесонасаждений является приоритетным (в рекреационных или санитарно-гигиенических целях).

В зависимости от местных условий может предусматриваться создание хозяйственных, эксплуатационных, противозерозивных, водорегулирующих, ветрозащитных насаждений, а также насаждений охотничьих хозяйств, лесов паркового типа и др.

Лесные насаждения эксплуатационного типа практикуются, как правило, преимущественно в полесской и лесостепной зонах, а также в горных областях с целью восстановления и увеличения лесного фонда и выращивания товарной древесины. Леса другого назначения могут создаваться при необходимости во всех частях республики.

Лесные насаждения парков, лесопарков и зеленых зон населенных пунктов должны создаваться из наиболее ценных в эстетическом направлении и устойчивых в данных условиях древесных пород. При выборе ассортимента пород следует учитывать их влияние на микроклимат и санитарно-гигиеническое состояние окружающей среды.

Основные факторы, определяющие возможность лесоразведения на отвалах, — характер техногенного рельефа, состав слагающих пород и условия увлажнения.

Подбор древесных пород для лесонасаждений производится в зависимости от зональных условий, физико-химических, агрохимических и водно-физических свойств почвогрунтов, а также от целевого назначения. Для формирования экологически устойчивых насаждений следует создавать смешанные типы лесокультур с участием главных пород до 70, сопутствующих до 20, кустарников до 10%. Соотношение может меняться в зависимости от назначения лесокультур. Виды древесных и кустарниковых насаждений и их соотношение определяются на основе опыта, накопленного в каждой зоне (провинции).

На отвалах, сложенных породами, бедными питательными веществами, следует проводить подготовительные мероприятия по созданию условий, обеспечивающих успешный рост и развитие древесных культур, — внесение органических и минеральных (в первую очередь азотных) удобрений, посев сидератов.

При рекультивации породных отвалов шахт, обогатительных

фабрик и др., если термическая активность и физико-химические свойства пород позволяют использовать их для озеленения, следует создавать на всей поверхности отвалов и в окружающей их защитной зоне лесонасаждения из древесных пород и кустарников, способных произрастать в данных условиях.

На участках с неблагоприятными для лесной растительности условиями первоначально производится коренная мелиорация: известкование, промывка, глубокое рыхление и др. и создается мелиоративно-подготовительный тип лесных культур. В состав мелиоративного типа лесных культур включаются деревья-азотонакопители: ольха черная и серая, акация желтая и белая, раkitник, облепиха.

Наряду с этим, при наличии токсичных пород, содержащих сульфиды, большое количество гипса (более 0,8 в водной вытяжке), создается капилляропрерывающий или водоупорный экран, на который наносятся потенциально плодородные породы или (и) плодородный слой почвы.

Для всех типов лесокультур, выращиваемых на отвалах, подготавливается поверхностный слой по системе сидерального пара. При этом в междурядьях на первые 3—4 года намечается выращивание многолетних трав.

При озеленении отвалов необходимо учитывать макро- и микроклиматические условия, химический состав и физические свойства горных пород, токсичность и степень выветренности их поверхностного слоя, возможность уположивания или террасирования.

Озеленение осуществляется быстрорастущими и нетребовательными к почвенному плодородию растениями, деревьями, кустарниками, травосмесями, обеспечивающими создание продуктивного защитного покрова.

На отвалах с наименьшими нарушениями стабилизировавшейся поверхности и значительно выветрившимися породами озеленение проводится посадкой деревьев, имеющих сильные всходы (дуб, абрикос, конский каштан, зимостойкий грецкий орех, гледичия и т. д.) или отличающихся быстрым ростом с момента появления всходов (акация белая и др.).

На тех участках, где древесные насаждения трудно создать (каменистые осыпи, обнаженные выветрившиеся горные породы), а также на ландшафтно-декоративных полянах среди лесонасаждений для озеленения используется травянистая растительность.

На слабыветренных породах отвалов производится заполнение посадочных ям плодородным слоем почвы. На плоских вершинах и террасах, сложенных нетоксичными породами, наносится сплошной плодородный слой мощностью 20—30 см.

На переформированных породотвалах с сильноокислой реакцией ($pH=3-4$) озеленение производится после коренной хими-

ческой мелиорации пород и перекрытия поверхности слоем потенциально плодородных почв мощностью 0,6—0,7 м; на неперестроенных породотвалах деревья сажают в ямы, заполненные плодородной почвой.

На склонах и откосах отвалов крутизной до 10—12° во всех зонах следует планировать размещение противоэрозионных и водорегулирующих насаждений с большим удельным весом почвозащитных кустарников, плотные ряды которых должны чередоваться с рядом главных и сопутствующих пород.

Для создания благоприятных условий отдыха в лесопарках необходимо предусмотреть:

в южных районах — организацию закрытых пространств с сомкнутостью насаждений более 0,5, что обеспечивает затенение дорожек и площадок;

в северных районах — организацию открытых пространств с плотностью насаждений менее 0,3, что обеспечивает хорошую инсоляцию территории.

Продолжительность биологического этапа зависит от конкретных условий рекультивации земель. На землях с почвами и породами, обедненными и бедными элементами питания, слаботоксичными или требующими расслоения, предусматривается период мелиоративного освоения, в течение которого производится известкование, гипсование, промывка, внесение повышенных доз удобрений, выращивание культур-мелиорантов — бобовых и других почвоулучшающих. В последующем рекомендуется вводить севообороты, определяемые специализацией хозяйств, однако и при этом почвоулучшающие культуры сохраняются. По мере развития почвообразовательного процесса удельный вес почвоулучшающих культур может быть уменьшен.

Особое значение имеют работы по повышению плодородия земель в зоне активного действия горных предприятий методом землевания. Оно производится в целях повышения плодородия почв малопродуктивных и имеет следующие особенности:

плодородный слой наносится, как правило, на малопродуктивные угодья в целях последующего их использования под пашню и многолетние насаждения; при выборе объектов землевания учитываются варианты, при которых такая трансформация невозможна;

землевание проводится чаще всего в тех случаях, когда в связи с отводами земель для несельскохозяйственных нужд возникает возможность использовать плодородный слой почвы отводимого участка;

эффект землевания может быть достигнут при освоении соответствующих севооборотов, соблюдении уровня агротехники выращивания культур в сочетании с высоким уровнем механизации сельскохозяйственных работ, химизацией и применением

новых сортов высокоурожайных сельскохозяйственных культур; землевание может быть осуществлено отдельными очередями (пусковыми участками), рассчитанными на выполнение в течение одного года;

землевание рекомендуется производить преимущественно в сухой летне-осенний период во избежание резкого снижения качества выполняемых работ и увеличения стоимости проводимого мероприятия.

Объектами землевания являются малопродуктивные угодья (по ГОСТ 17.5.1.06—84), на которых нанесение плодородного слоя мощностью в несколько дециметров существенно улучшит почвенное плодородие.

Контрольные вопросы

1. Что такое земельный отвод горного предприятия, его назначение и использование?

2. Какие формы изменения рельефа возникают при строительстве и эксплуатации горных предприятий?

3. Какие показатели определяют эффективность использования земельных ресурсов?

4. Особенности формирования отвалов с учетом требований создания эффективных систем зеленых насаждений.

5. Требования к снятию, хранению и использованию плодородного слоя почв при строительстве и функционировании горных предприятий?

6. Особенности использования и охраны земель при строительстве и эксплуатации линейных коммуникаций.

7. Основные направления рекультивации нарушенных земель.

8. Как создается плодородный слой на рекультивируемых землях?

8. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Водопользователями в нашей стране могут быть государственные, кооперативные и общественные предприятия и граждане СССР.

Водопользователи обязаны: рационально использовать водные объекты, обеспечивать экономное расходование воды, не допускать истощения водных ресурсов, обеспечивая восстановление ее количества и улучшая качество; принимать меры к полному прекращению сброса в водные объекты сточных вод, содержащих загрязняющие вещества; не допускать нарушение прав других водопользователей, населения; не наносить ущерба

хозяйственным и природным объектам (земле, лесу, животному миру, полезным ископаемым и др.); содержать в исправном состоянии очистные сооружения и технические устройства, влияющие на состояние вод, улучшать их эксплуатационные качества, вести в установленных случаях учет использования вод.

Водопользование разделяется на общее и специальное. К общему относится пользование водными объектами без применения сооружений и технических устройств, влияющих на состояние вод, осуществляется оно без специальных разрешений. К специальному водопользованию относится использование водных объектов с применением сооружений и технических устройств: по забору воды из поверхностных или подземных источников; по выпуску сточных вод, в том числе шахтных, карьерных, дренажных, в поверхностные и подземные водные объекты и др. Осуществляется специальное водопользование на основе разрешения, выдаваемого соответствующей организацией или исполкомами местных советов народных депутатов в порядке, определенном советами министров союзных республик. Для получения разрешения водопользователи должны представить материалы ходатайств, согласованные с органами Госсаннадзора, рыбнадзора, геологии, Госпроматомнадзора СССР и ветеринарной службы. Водные объекты могут предоставляться во временное или постоянное пользование. Бессрочные разрешения на спецводопользование выдаются без заранее установленного срока, временные — сроком до 3 лет при краткосрочном пользовании и от 3 до 25 лет — при долгосрочном. Продление срока действия разрешения на спецводопользование производится органом, его выдавшим. При продлении срока производится проверка выполнения условий водопользования, установленных в ранее выданном разрешении. Условия спецводопользования могут быть изменены органом, выдавшим разрешение на него, в случае ухудшения количественных и качественных показателей состояния водного объекта. Производится это путем выдачи нового разрешения на спецводопользование. Решение может быть аннулировано при отсутствии надобности в водопользовании, истечении его срока, ликвидации предприятия, которому выдано разрешение, а также при несоблюдении условий водопользования, правил охраны и рационального использования вод.

Природные воды подразделяются на поверхностные, подземные и атмосферные. Все они могут находиться в парообразном, жидкостном и твердом состояниях. Поверхностные природные водные объекты разделяются на водотоки, водоемы, моря и ледники. К водотокам относятся реки, каналы и ручьи, к водоемам — озера, водохранилища и пруды. Моря разделяются на окраинные, внутренние и территориальные; ледники — на материковые и горные. Водные объекты классифицируются в зависимости от их площади, длины, глубины, расхода и объ-

ема воды, скорости течения, уровня и температуры воды и других признаков.

Подземные воды, содержащиеся в земной коре, классифицируются на верховодку, грунтовые и артезианские. Верховодка располагается в самой верхней части земной коры на небольших глубинах, поэтому ее воды можно использовать при помощи неглубоких колодцев. Грунтовые воды залегают на относительно небольшой глубине на первом от поверхности водоупорном слое, состоящем из водонепроницаемых пород. Толща рыхлых или трещиноватых пород, насыщенных свободной водой, называется водоносным горизонтом. Артезианские воды обычно залегают на большой глубине в водоносных горизонтах из рыхлых и трещиноватых горных пород, перекрытых сверху и снизу водоупорными слоями. В зависимости от характера пород, содержащих воду, подземные воды могут быть также классифицированы на порово-пластовые (в песках, гравии, галечнике), трещинно-пластовые (в трещинах скальных осадочных пород) и карстовые (в закарстованных породах).

В общем случае цикл использования воды включает в себя следующие последовательные процессы: забор воды, ее обработка и распределение по потребителям; использование воды на различные нужды; сбор и очистка использованной воды; сброс ее в природные водные объекты; естественная очистка сточных вод в природных водных объектах.

К сточным относятся воды, которые отводятся за пределы производственных помещений, горных выработок, промплощадок предприятий, городов и поселков после использования их для производственных или бытовых нужд. В результате в большинстве случаев они загрязняются твердыми, жидкими и газообразными веществами и микроорганизмами; изменяются их физические, химические и биологические свойства.

8.2. ПОКАЗАТЕЛИ И ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Качество природных и сточных вод определяется их составом и свойствами. Состав вод характеризуется перечнем и концентрацией содержащихся в них веществ. Нормы качества воды устанавливаются в зависимости от вида водопользования.

В настоящее время все вредные вещества разделены по их действию на три группы.

В первую группу входят вещества, характеризующиеся санитарно-токсикологическими показателями вредности (свинец, мышьяк, ртуть, фтор и др.), во вторую — влияющие на санитарный режим водоема и в третью — на органолептические показатели водоема (запах, прозрачность, цвет).

Показатели качества природных и сточных вод подразделяются на следующие группы: органолептические, физические, химические и бактериологические. Часто физические и химические показатели объединяются в одну группу.

Органолептические показатели определяются с помощью органов чувств человека, к ним относятся запах, вкус, цветность, прозрачность или мутность, окраска и температура. Некоторые из этих показателей одновременно являются также и физическими. Однако эстетические чувства человека в некоторых случаях позволяют более полно определить качество исследуемой воды, чем приборы. Ряд веществ, таких, как нефтепродукты, сероводород и другие, обнаруживаются органолептически при более низких концентрациях, чем те, которые опасны для здоровья. При исследованиях сточных вод органолептический анализ не применяется.

К физическим показателям качества вод относятся температура, мутность, концентрация, цветность и др.

Химические показатели включают активную реакцию (рН), окисляемость, растворимость газов, сухой и прокаленный остатки, жесткость, щелочность, кислотность, агрессивность, наличие микроэлементов, различных солей и др. Сюда же могут быть отнесены и показатели органического загрязнения воды.

В связи с трудностями аналитического определения многообразных органических веществ, присутствующих в воде, обычно прибегают к суммарной оценке их содержания, путем окисления их кислородом.

Количество кислорода (в мг/л), необходимое для химического окисления содержащихся в воде органических веществ, носит название химическое потребление кислорода (ХПК). Величина ХПК — косвенный показатель содержания органических веществ в воде.

Вторым косвенным показателем загрязнения воды органическими веществами является БПК — биохимическая потребность в кислороде. Это количество кислорода (в мг/л), необходимое на аэробное биохимическое разложение органических веществ, содержащихся в воде, за определенный отрезок времени (за 1, 2, 5, 20 сут).

Растворенный кислород определяет степень чистоты воды: чем меньше содержание кислорода в ней, тем выше ее загрязненность органическими продуктами. Кроме того, содержание кислорода оказывает решающее влияние на процессы самоочищения загрязненных вод в реках и озерах. Чистая вода считается при ХПК — 20 мг O_2 /л; БПК — 2 мг O_2 /л.

К показателям загрязнения воды относится также содержание азотсодержащих веществ в органической, аммонитной, нитритной и нитратной формах, при превышении которого проис-

ходит усиление роста водорослей в природных водных объектах.

Бактериологическими показателями являются коли-индекс, коли-титр и патогенные микроорганизмы. Наиболее распространенные источники патогенных микроорганизмов — бытовые сточные воды. По степени бактериальной загрязненности природные воды подразделяются на 5 видов: сильно-загрязненные с коли-индексом более 10 000, загрязненные — более 1000, слабозагрязненные — более 100, удовлетворительные — более 10, хорошие — менее 3.

Поверхностные водные объекты или отдельные их участки разделяются на два вида водопользования: 1) хозяйственно-питьевые и культурно-бытовые и 2) рыбохозяйственное. При каждом виде пользования предусматривается разделение водных объектов или их участков на две категории. Водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения I категории используются для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения предприятий пищевой промышленности; водные объекты II категории — для устройства пляжей, спорта и отдыха населения. Водные объекты рыбохозяйственного назначения I категории используются для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к изменению содержания кислорода в воде; II категории — для других рыбохозяйственных целей.

Состав и свойства породы в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения должны соответствовать нормативам в створе, расположенном на расстоянии 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор, место купания, территория населенного пункта и т. д.), а на непроточных водоемах и водохранилищах — 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

При использовании водотоков и водоемов для рыбохозяйственных целей местоположение контрольного створа в каждом конкретном случае определяется органами рыбоохраны, но не далее чем в 500 м от места выпуска сточных вод. На участках массового нереста и нагула рыб и расположения зимовальных ям спуск сточных вод не разрешается.

Состав и свойства воды в пунктах водопользования должны соответствовать данным, приведенным в табл. 8.1 и 8.2.

При сбросе сточных вод в черте города (или любого населенного пункта) первым пунктом водопользования является данный город (или населенный пункт). В этом случае требования, установленные к составу и свойствам водоема или водотока, должны относиться к самим сточным водам. При применении эффективных конструкций рассеивающих выпусков, гарантирующих необходимое снижение и разбавление сточных вод

**Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов
у пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования**

Состав и свойства воды водоема или водостока	Для водоснабжения централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого и пищевых предприятий	Для купания, спорта и отдыха населения, а также для водоемов в черте населенных мест		
Взвешенные вещества	<p>Содержание не должно увеличиваться больше, чем на, мг/л:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; border-right: 1px solid black;">0,25</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">0,75</td> </tr> </table> <p>Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение взвешенных веществ в пределах 5%.</p> <p>Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются</p>		0,25	0,75
0,25	0,75			
Плавающие примеси (пленки, пятна, скопления)	Не должны обнаруживаться			
Запахи, привкусы	Интенсивность не более 2-х баллов, обнаруживаемых непосредственно или при последующем хлорировании. Отсутствие посторонних запахов и привкусов в мясе рыб			
Окраска	<p>Не должна обнаруживаться в столбике, см:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; border-right: 1px solid black;">20</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">10</td> </tr> </table>		20	10
20	10			
Температура	Не должна повышаться (летняя) более чем на 3°C по сравнению с среднемесячной самого жаркого месяца за последние 10 лет			
Минеральный состав	Не должен превышать по сухому остатку 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 и сульфатов 500	Нормируется по приведенному выше показателю «Запахи, привкусы»		
Растворенный кислород	Не менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня			
Биохимическая потребность в кислороде при $t=20^{\circ}\text{C}$, мг/л	До 3	До 6		
Возбудители заболеваний	Коли-индекс не более 1000 в 1 м при остаточном хлоре менее 1,5 мг/л			
Ядовитые вещества	В допустимых концентрациях			

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей

Состав и свойства воды водоема или водостока	Для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду	Для всех других водохозяйственных целей
Взвешенные вещества	Содержание по сравнению с природными не должно увеличиваться более чем на, мг/л: 0,25	0,75
Плавающие примеси (пленки, пятна, скопления)	Не должны обнаруживаться	
Окраска, запахи и привкусы	Вода не должна приобретать посторонних запахов, привкусов и окраски и сообщать их мясу рыб	
Температура	Не должна повышаться по сравнению с естественной более чем на 5 °С с общим повышением не более чем до 20 °С летом и 5 °С зимой для водоемов, в которых обитают холодноводные рыбы (лососевые и сиговые) и более чем до 28 °С летом и 8 °С зимой для остальных водоемов	
Реакция	pH = 6,5—8,5	
Растворенный кислород	В зимний период не должен быть ниже, мг/л: 6 4 В летний (открытый) период должен быть не ниже 6 мг/л в пробе, отобранной до 12 ч	
Биохимическая потребность в кислороде	Полная потребность (при 20 °С) не должна превышать 3 мг/л. Если в зимний период содержание растворенного кислорода в водоеме первого вида водопользования снижается до 6 мг/л, а второго до 4 мг/л, то можно допустить сброс в них только тех вод, которые не изменяют ее БПК	
Ядовитые вещества	Не допускаются	

в его створе, требования к составу и свойствам воды соответствуют воде водного объекта.

Критерием загрязненности воды является ухудшение ее качества вследствие изменения органолептических свойств и появления вредных веществ для человека, животных, птиц, рыб, кормовых и промысловых организмов, а также повышение тем-

пературы воды, изменяющей условия для нормальной жизнедеятельности водных организмов.

Качество воды регламентируется предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ, величина которых устанавливается в зависимости от категории и назначения водного объекта.

Под ПДК принимают такую концентрацию химического вещества (соединения), которая при ежедневном воздействии на организм человека в течение длительного времени не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами, а также не нарушает биологического оптимума для человека (например, появление неприятных запахов или других нежелательных органолептических характеристик воды или воздуха).

В составе воды водоемов и водотоков лимитируется содержание токсичных веществ. Предельно допустимые концентрации вредных веществ устанавливаются отдельно для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового и для рыбохозяйственного водопользования. В табл. 8.3 приведены ПДК для некоторых ингредиентов.

При поступлении в водные объекты нескольких веществ (c_n) с одинаковым лимитирующим показателем вредности и с учетом примесей, попадающих в водоем или водоток от выше-

Таблица 8.3.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в водных объектах, мг/л

Ингредиент	Для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования	Для рыбохозяйственных целей
Аммиак	2,0	0,05
Ацетон	0,05	—
Бензол	0,5	0,5
Барий	4,0	—
Бром	0,2	—
Кадмий (Cd^{2+})	0,01	0,005
Кобальт (Co^{2+})	0,1	0,01
Масло солярное	—	0,01
Мышьяк	0,05	0,05
Никель	0,1	0,01
Свинец (Pb^{2+})	0,1	0,1
Стирол	0,1	0,1
Цианиды	0,1	0,05
Цинк	1,0	0,01
Флотореагенты:		
ОП-7	0,4	0,3
ОП-10	1,5	0,5
Фенол	0,001	0,001
Фтор	1,5	0,05

расположенных выпусков (c_{ϕ}), сумма отношений этих концентраций ($c_1, c_2, c_3, \dots, c_i$) каждого из веществ в водном объекте (c_p) к соответствующим ПДК не должна превышать 1.

$$\frac{c_p}{\text{ПДК}} \leq 1; \quad c_p = c_n + c_{\phi}; \quad (8.1)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{\text{ПДК}} \leq 1. \quad (8.2)$$

В случаях, когда сточные воды могут резко изменяться по составу и количеству во времени или при наличии периодических залповых сбросов концентрированных сточных вод, необходимо предусматривать устройство специальных регулирующих емкостей, обеспечивающих в нужный момент разбавление залповых сбросов до нормативных значений.

При определении кратности разбавления сточных вод в водном объекте у контрольного створа водопользования необходимо:

расчеты проводить по среднечасовым расходам воды водного объекта и по среднечасовым расходам фактического периода спуска сточных вод;

расчетными гидрологическими условиями считать:

для незарегулированных водотоков — наименьший (минимальный) среднемесячный расход воды года 95 %-ной обеспеченности по данным органов гидрометеослужбы;

для зарегулированных водотоков — установленный, гарантированный расход ниже плотины (санитарный спуск) при обязательном исключении возможности обратных течений в нижнем бьефе;

для водоемов (водохранилищ и озер) — наименее благоприятный режим, определяемый путем сопоставления расчетов смешения с учетом ветрового воздействия, условий заполнения водохранилищ при открытом и подледном режимах.

Под предельно допустимым сбросом веществ в водный объект (ПДС) понимается масса загрязняющего вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения качества воды в контрольном пункте.

Проекты ПДС разрабатываются и утверждаются для предприятий, учреждений и организаций, имеющих (проектирующих) самостоятельные выпуски сточных вод в водные объекты. ПДС устанавливается в увязке с разрешениями на специальное водопользование и утверждается органами по регулированию использования и охране вод, по согласованию с органами Государственного санитарного контроля, надзора

Расчет ПДС для отдельных предприятий, расположенных вне черты города, производится с учетом степени возможного разбавления сточных вод водой водного объекта и ее качества выше места сброса сточных вод, а также процессов естественного самоочищения вод от поступающих в них веществ, если они ярко выражены и их закономерности достаточно изучены.

Величины ПДС действительны только на период, установленный органами по регулированию использования и охране вод, после чего они подлежат пересмотру. Одновременно должны планироваться мероприятия, направленные на уменьшение величины ПДС, вплоть до полного прекращения сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

Расчет ПДС для предприятий, расположенных в зонах повышенной загрязненности водных объектов, производится с учетом требований, установленных к составу и свойствам воды водных объектов в местах водопользования, которые переносятся на сточные воды.

ПДС для всех категорий водопользования определяется по формуле

$$ПДС = q_{ст} c_{ст}, \quad (8.3)$$

где $q_{ст}$ — расход сточных вод; $c_{ст}$ — концентрация веществ в сточных водах.

Величина $c_{ст}$, необходимая для расчета ПДС при сбросе сточных вод в пределах населенного пункта или для предприятий, расположенных в зонах повышенного загрязнения, принимается не более ПДК, соответствующей требованиям, установленным к составу и свойствам воды водных объектов в местах водопользования.

Правила разрешают выпуск сточных вод в тех случаях, если они: не оказывают существенного неблагоприятного воздействия на органолептические и физико-химические показатели качества воды; не увеличивают свыше допустимых пределов ее минеральный состав; не нарушают процессы самоочищения, не вносят патогенные микроорганизмы и вредные вещества в опасных концентрациях. Качество воды регламентируется также предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ, значения которых устанавливаются в зависимости от категории и назначения водных объектов.

В остальных случаях условия выпуска сточных вод в водные объекты определяются с учетом степени смешивания и разбавления сточных вод в водоеме или водотоке на пути от места их выпуска до контрольного створа и качества воды водного объекта выше места выпуска сточных вод в водотоки. При определении условий выпуска сточных вод в водотоки принимается следующее положение: суммарное загрязнение по данному показателю, получаемое путем сложения объемов загрязнений,

содержащихся в воде водного объекта до выпуска сточных вод и в сточных водах, не должно превышать его содержания во всем объеме воды, протекающей через контрольный створ

$$a_p Q_p k_p + Q_{сб} k_{сб} \leq a_p Q_p + Q_{сб} k_{ПДК}, \quad (8.4)$$

где a_p — коэффициент смешивания, показывающий, какая часть воды водного объекта принимает участие в разбавлении сточных вод: если вся вода водотока принимает участие в разбавлении, то $a_p = 1$, в остальных случаях $a_p < 1$; Q_p — наименьший расход воды водотока самого маловодного месяца года с 95%-й обеспеченностью стока; k_p — концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше места выпуска сточных вод (фоновая концентрация); $k_{сб}$ — максимально предельная концентрация того же вещества в сбрасываемых водах, при которой не нарушаются требования Правил к качеству воды в контрольном створе; $k_{ПДК}$ — предельно допустимая концентрация того же вещества в воде водотока после смешивания со сточными водами; $Q_{сб}$ — объем сбрасываемых сточных вод.

Максимально допустимая концентрация загрязняющего вещества в сбрасываемых сточных водах определяется по выражению

$$k_{сб} \leq \frac{a_p Q_p (k_{ПДК} - k_p)}{Q_p} + k_{ПДК}. \quad (8.5)$$

Максимально допустимая концентрация взвешенных веществ

$$k_{сб}^в = \left(\frac{a_p Q_p}{Q_{сб}} + 1 \right) k_{доп} + k_p, \quad (8.6)$$

где $k_{доп}$ — допускаемое увеличение содержания взвешенных веществ в зависимости от категории водопользования.

При расчете условий выпуска сточных вод в непроточные водоемы в формулы вместо выражения $a_p Q_p / Q_{сб}$ вводится $(n_{полн} - 1)$, где $n_{полн} = n_{нач} n_{осн}$, т. е. $n_{полн}$ — полное разбавление; $n_{нач}$ — начальное разбавление и $n_{осн}$ — основное разбавление, определяемое по методу Руффеля.

Для организованного сброса сточных вод в поверхностные водные объекты используются специальные устройства — выпуски. По типам водных объектов выпуски подразделяются на речные, озерные и морские; по месту расположения — на береговые, русловые и глубинные; по конструкции — на сосредоточенные и рассеивающие. Наиболее эффективное смешивание и разбавление обеспечивают русловые и глубинные рассеивающие выпуски.

8.3. ВОДОСНАБЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯ

Водопотребление при добыче и переработке полезных ископаемых обычно связано с хозяйственно-бытовыми и коммунальными нуждами, производственными или техническими, а также с пожаротушением.

При каждом направлении предусматривается использование воды определенного качества, общие требования к которому следующие: отсутствие отрицательных органолептических свойств и свойств, ухудшающих качество выпускаемой продукции, безвредность для здоровья людей. Для хозяйственно-бытовых, коммунальных и некоторых производственных нужд применяется вода питьевого качества, которая должна удовлетворять требованиям ГОСТа. Для производственных нужд применяется в основном техническая вода, к которой относятся и попутно извлекаемые при добыче полезных ископаемых шахтные и карьерные воды.

По согласованию с органами санитарного надзора допускается использование шахтных и карьерных вод для пылеподавления при соблюдении следующих условий: содержание взвешенных веществ не более 50 мг/л, коли-титр не менее 300, активная реакция $pH=6,0-9,5$ и полное отсутствие посторонних запахов. Кроме того, эти воды могут также широко использоваться для нужд пожаротушения, поливки автодорог и газонов, мойки обуви, полов и др.

Водопотребление осуществляется с помощью систем водоснабжения, обеспечивающих определенную группу потребителей воды в необходимых объемах и требуемого качества, а также с достаточной степенью надежности. В состав систем водоснабжения обычно входят водозаборные сооружения, насосные станции, станции очистки и подготовки воды, магистральные и разводящие трубопроводы или каналы, резервуары и водонапорные башни, а также вспомогательные сооружения — лаборатории, склады и др. В соответствии с видами водопотребления системы водоснабжения также разделяются на хозяйственно-питьевые, технические (производственные) и противопожарные. Системы водоснабжения могут быть как отдельными, так и совмещенными. По способу подачи воды они могут быть самотечными, с механической подачей и зонными, по способу ее использования — прямоточные, оборотные, с поворотным использованием.

В прямоточных системах вся забираемая вода используется в технологических или других процессах только однократно, после чего передается на очистку и сброс. В оборотных системах предусматривается многократное использование воды без сброса ее в природные водные объекты, но каждый цикл использования должен предусматривать при

необходимости очистку (кондиционирование). Для компенсации безвозвратных потерь, возникающих в процессе производства, производится постоянная или периодическая подпитка систем оборотного водоснабжения из водоемов, водопроводов или других источников. В соответствии с требованиями Основ водного законодательства Союза ССР и союзных республик системы водоснабжения промышленных предприятий должны быть, как правило, с оборотом воды для всего предприятия или в виде замкнутых циклов для отдельных цехов или участков. Повторно-последовательное использование воды предусматривает применение ее в нескольких технологических процессах, а затем очистку и сброс.

Водоснабжение промышленных предприятий осуществляется в соответствии с нормами водопотребления, предназначенными для обоснованного планирования и прогнозирования рационального использования водных ресурсов, организации контроля за потреблением воды и проектирования систем водоснабжения. Они представляют собой максимально допустимое количество воды требуемого качества, необходимое для производства единицы выпускаемой продукции или выполнения вида работы в определенных конкретных условиях.

Основные направления совершенствования водопотребления горнодобывающих предприятий — сокращение потребления воды питьевого качества из рек, озер и городского водопровода, а также расширение использования шахтных и карьерных вод для хозяйственно-бытовых и технических нужд.

Выбор и обоснование конкретных мероприятий, повышающих эффективность использования водных ресурсов при выполнении основных технологических процессов по добыче и переработке полезных ископаемых, связаны с необходимостью проведения детального анализа работы горного предприятия. В результате должны быть получены данные, характеризующие резервы предприятия по снижению расхода свежей воды, уменьшению объема и степени загрязнения сточных вод и повышению экономических показателей эксплуатации систем водопотребления и водоотведения.

Ситуационный план расположения водных объектов, инженерных сооружений и устройств по использованию и охране водных ресурсов (рис. 8.1) — графический документ, на котором показано расположение всех водных объектов, линий водопотребления и водоотведения, водозаборов и других сооружений на местности.

На ситуационном плане в соответствии с принятыми условиями обозначения наносятся следующие объекты: основные цехи предприятия, использующие или загрязняющие водные ресурсы района; водозаборы, водопроводные и канализационные магистрали и каналы; источники выбросов (выпуски) в водный

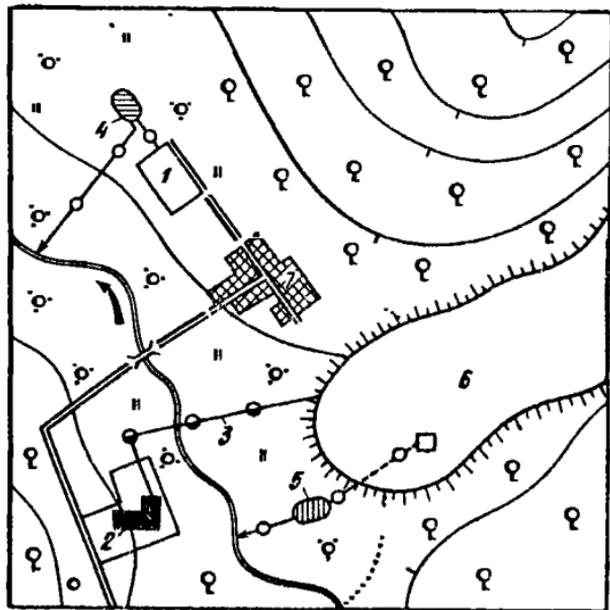


Рис. 8.1. Ситуационный план:

1 — рудник; 2 — обогатительная фабрика; 3 — пульповод; 4 — очистные сооружения шахтных вод; 5 — очистные сооружения сточных вод обогатительной фабрики; 6 — отстойник; 7 — поселок

и воздушный бассейны; приемники сточных вод, очистные и другие инженерные сооружения, обеспечивающие рациональное использование и охрану водных ресурсов; населенные пункты, размеры их защитных зон; источники выбросов других предприятий, расположенных в зоне влияния данного предприятия; места отбора проб воды и воздуха.

Схема водопотребления и водоотведения (рис. 8.2) — один из наиболее важных графических документов, по которому можно судить об эффективности использования водных ресурсов на предприятии. Она включает в себя:

все магистральные и разводящие линии подачи воды потребителям, начиная от водозаборов и кончая разводкой по производствам, цехам, технологическим линиям и аппаратам;

все сборные и магистральные канализационные коллекторы до природных водоприемников;

все хвостохранилища, отстойники, породные отвалы, естественные испарители и другие временно и постоянно проточные и замкнутые хранилища сточных вод, а также склады твердых полуфабрикатов и готовой продукции, являющиеся возможными источниками загрязнения подземных, грунтовых и поверхностных вод;

системы общих и локальных очистных сооружений по очистке свежей воды, поступающей для водоснабжения предприятия из природных открытых и подземных водоемов;

системы общих и локальных очистных сооружений для очистки сточных вод предприятия перед их спуском в природные объекты;

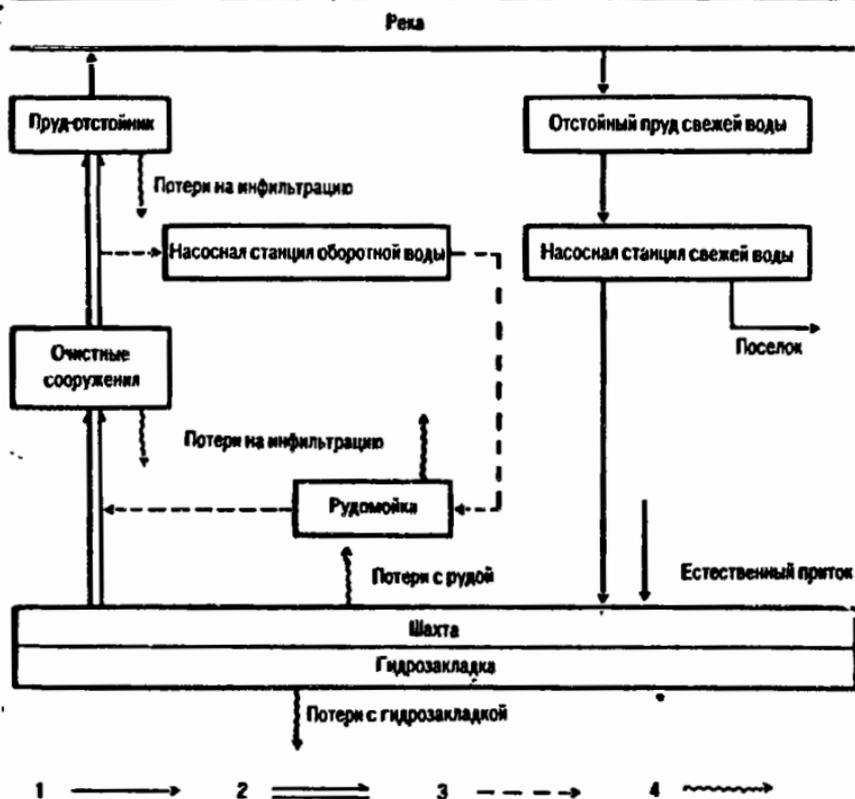


Рис. 8.2. Схема водопотребления и водоотведения:

1, 2 и 3 — чистая, загрязненная и оборотная вода; 4 — потери воды

системы оборотного водоснабжения и линии их подпитки для отдельных цехов и технологических звеньев предприятия;

линии водоснабжения и водоотведения, связывающие предприятие с другими водопользователями, включая организации, использующие сточные воды шахт, карьеров и других цехов;

места водозаборов и места ввода водных ресурсов в технологических процессах цеха или отдельного относительно самостоятельного водоемкого технологического звена;

места и технологические аппараты, где происходит загрязнение сточных (используемых) вод, ввод в них твердых, жидких и газообразных продуктов в количествах, превышающих технологические и санитарные нормы;

места выхода (сброса) сточных вод из технологического процесса в окружающую природную среду в жидком, твердом и газообразном состояниях;

места на технологической цепи предприятия и аппараты, где происходит безвозвратное потребление воды, разложение ее на составные части, переход в химически и физически связанное

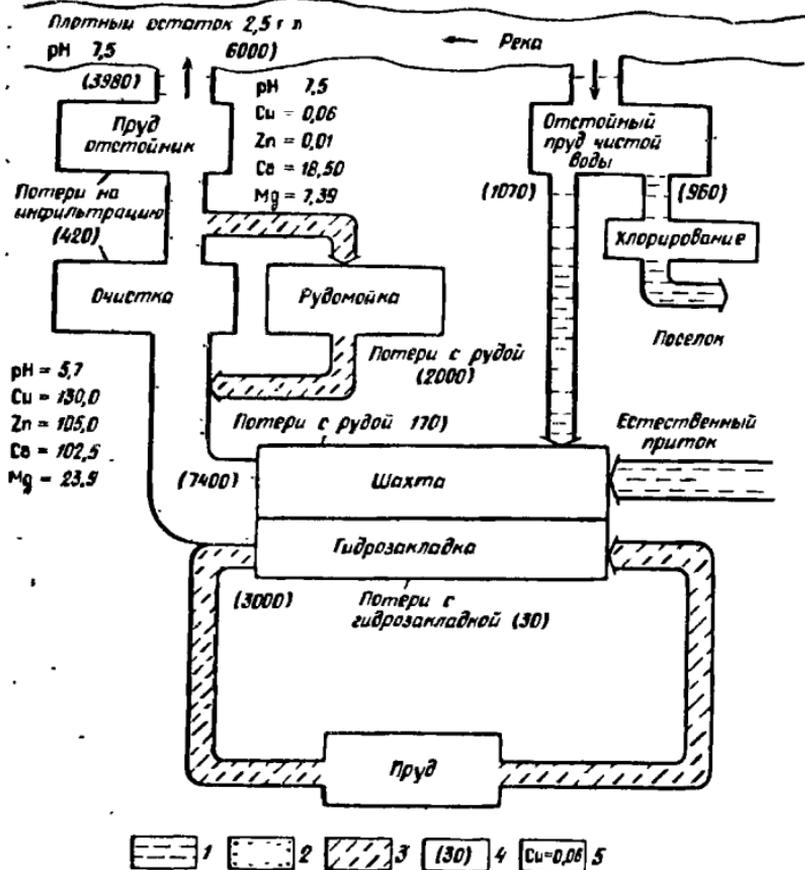


Рис. 8.3. Балансовая схема водопользования:

1, 2 и 3 — чистая, загрязненная и оборотная вода; 4 — расход воды, м³/сут; 5 — наличие химических веществ, мг/л

состояние в готовой продукции, полуфабрикатах и твердых отходах производства.

Для крупных цехов предприятия могут составляться отдельные локальные схемы. В данном случае на общей схеме цех показывается квадратом со всеми входящими и выходящими линиями.

Для более детального учета водных ресурсов составляются балансовые схемы (рис. 8.3), где для каждого участка указаны количество и химический состав воды, протекающей через него, а также воды, потерянной для отдельных технологических агрегатов, звеньев и предприятия в целом. Данные из балансовой схемы помещаются по операциям в таблицу водного баланса, которая дает возможность увидеть, в каких звеньях предприятия водные потери максимальны и где можно повысить эффективность использования водных ресурсов.

8.4. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И СОСТАВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В зависимости от происхождения сточные воды разделяются на производственные, хозяйственно-бытовые и атмосферные.

Производственные сточные воды, полученные в результате их использования в различных технологических процессах или попутно при добыче полезных ископаемых, в свою очередь разделяются на загрязненные и нормативно-чистые, т. е. не требующие очистки. Производственные загрязненные сточные воды также разделяются на три группы: загрязненные преимущественно минеральными примесями; органическими примесями; минеральными и органическими примесями. Незагрязненные производственные сточные воды образуются в основном при охлаждении теплообменных аппаратов, компрессоров, холодильников, при предварительном осушении месторождений полезных ископаемых и других процессах.

Воды, попутно извлекаемые при добыче полезных ископаемых, также разделяются на шахтные, карьерные и дренажные. Шахтные и карьерные воды различаются по способу добычи полезных ископаемых и образуются в результате попадания подземных и поверхностных природных вод в горные выработки, где они подвергаются загрязнению в процессе ведения различных работ по добыче полезных ископаемых. Загрязнение шахтных и карьерных вод происходит в основном мелкодисперсными взвешенными частицами добываемого полезного ископаемого и вмещающих пород, которые образуются при бурении взрывных скважин и шпуров, дроблении пород взрывным способом, работе проходческих и очистных комбайнов, погрузочных и транспортных работах. В связи с высоким уровнем механизации горных работ происходит загрязнение шахтных и карьерных вод нефтепродуктами. В результате гниения деревянных крепей и других конструкций происходит бактериальное загрязнение шахтных и карьерных вод. Физико-химический состав этих вод отличается большим разнообразием, что определяется не только технологическими и производственными факторами, но и различным составом подземных и поверхностных вод в районах разработки месторождений полезных ископаемых.

Дренажные воды образуются за счет попадания подземных и поверхностных в горные выработки, но в отличие от шахтных и карьерных они не подвержены загрязнению, т. е. в большинстве случаев относятся к нормативно-чистым. Дренажные воды образуются в тех горных выработках, где не ведутся горные работы, поэтому они не подвергаются загрязнению взвешенными веществами и нефтепродуктами. Наиболее вероятно бактериальное загрязнение дренажных вод.

По величине рН шахтные, карьерные и дренажные воды де-

лятся на нейтральные ($pH=6,5-8,5$), кислые ($pH<6,5$) и щелочные ($pH>8,5$). По степени минерализации они подразделяются на пресные с содержанием сухого остатка до 1 г/л, слабосоленые — 1—3, соленые — 3—5, сильносоленые — 5—10, соленые — 10—25, сильносоленые — 25—50 и рассолы — более 50 г/л. Чем выше минерализация шахтных, карьерных и дренажных вод, тем выше и их жесткость, которая колеблется от 5 до 30 мг-экв/л. Содержание взвешенных веществ в шахтных и карьерных водах колеблется в пределах от 10—30 до 500—600 мг/л и выше, но обычно не превышает 1000 мг/л; концентрации нефтепродуктов — от следов до 0,2—0,8 мг/л и выше. Бактериальная загрязненность может изменяться в пределах 0,001—4.

Хозяйственно-бытовые сточные воды в зависимости от вида загрязнения делятся на фекальные, загрязненные физиологическими отбросами и хозяйственные, поступающие из раковин, ванн, бань, прачечных и др. По сравнению с шахтными и карьерными хозяйственно-бытовые воды отличаются повышенным содержанием органических загрязнений. В них также имеются взвешенные и поверхностно-активные вещества, встречаются нефтепродукты и др. Но минерализация и жесткость этих вод обычно меньше, чем шахтных и карьерных.

Атмосферные сточные воды разделяются на дождевые и талые. В большинстве случаев талые воды загрязнены сильнее, чем дождевые. Но в целом атмосферные сточные воды отличаются непостоянством по притокам, составу и свойствам.

Для обеспечения нормальных условий функционирования предприятий, поселков и городов необходимо надежное отведение от них сточных вод. Для этого используют канализационные системы, предназначенные для приема, транспортирования, очистки и выпуска сточных вод. Существуют два вида канализации — вывозная и сплавная. Вывозная канализация предусматривает аккумуляцию сточных вод в специальных емкостях (приемниках) и периодическую вывозку их на очистные сооружения. Наиболее распространена сплавная канализация, при которой сточные воды транспортируются по трубопроводам, лоткам, канавам и каналам самотеком или под напором, создаваемым насосами.

Системы канализации в зависимости от вида принимаемых и транспортируемых сточных вод подразделяются на: общесплавную — все виды сточных вод отводятся совместно; раздельную — различные виды сточных вод отводятся по самостоятельным отдельным сетям; полураздельную — некоторые виды сточных вод отводят совместно, а другие раздельно. Канализационные сети могут быть открытыми и закрытыми.

Под нормами водоотведения понимается максимально допустимое количество отводимых сточных вод, образующихся

при производстве единицы продукции или выполняемой работы. В основе норм водоотведения шахт и разрезов лежат удельные величины притоков шахтных, карьерных и дренажных вод. Задачи нормирования и классификация норм водоотведения аналогичны нормам потребления.

Требования к условиям выпуска сточных вод в поверхностные водотоки и водоемы определяются Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, а в моря — Правилами санитарной охраны прибрежных районов морей.

Запрещено допускать в водные объекты утечки нефтепродуктов и других веществ с плавучих средств водного транспорта, а также сброс неочищенных сточных, балластных вод.

Запрещено сбрасывать в водные объекты сточные воды: которые могут быть устранены в результате рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения или устройства бессточных производств;

содержащие ценные отходы, которые могут быть утилизваны на данном или других предприятиях;

содержащие производственные сырье, реагенты, полуфабрикаты и конечные продукты производства в количествах, превышающих установленные нормативы технологических потерь;

содержащие вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации (ПДК);

которые с учетом их свойства и местных условий могут быть использованы для орошения в сельском хозяйстве при соблюдении санитарных требований.

Запрещен также сброс в водные объекты кубовых остатков и технологических отходов производств.

При необходимости отведения сточных вод вследствие отсутствия технических средств или невозможности его выполнения по обоснованным технико-экономическим соображениям, сброс их в водные объекты может быть разрешен при соблюдении установленных требований и нормативов. При этом следует рассчитать условия выпуска, при которых исключается загрязнение водных объектов.

Запрещено сбрасывать сточные воды в водные объекты, объявленные заповедными в целях охраны природы и проведения научных исследований.

Не допускается устройство выпусков и отведение сточных вод в водные объекты без регистрации и получения разрешения в органах по регулированию использования и охране вод и без согласования с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы и органами рыбоохраны.

Разрешение на сброс в водные объекты сточных вод действующих предприятий сохраняет свою силу в течение 3 лет, после чего подлежит возобновлению. В случае изменения условий

водопользования на водном объекте (строительство предприятий, ранее не предусмотренных; изменения расхода воды, гидрологического и техникологического режимов на предприятии или других причин, повлекших за собой ранее не предусмотренное изменение количества, состава и свойств сточных вод, а также появление новых пунктов питьевого и культурно-бытового водопользования) органы по регулированию использования и охране вод имеют право аннулировать свое разрешение на сброс или изменить ранее согласованные требования к условиям сброса сточных вод и определить срок, в течение которого руководителем предприятия должны быть проведены соответствующие мероприятия.

8.5. СПОСОБЫ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

В связи с большим разнообразием состава и свойств сточных вод для их очистки применяются способы: механический, физико-химический, химический, биологический и термический.

Механическая очистка используется для удаления из сточных вод нерастворимых взвешенных частиц, которые выпадают в осадок под действием гравитационных сил при плотности, большей плотности воды или всплывают на поверхность при плотности, меньшей плотности воды. По мере накопления осажденные или взвешенные загрязнения удаляются. Осуществляться механическая очистка может методами *отстаивания, процеживания и фильтрования*.

Удаление из сточных вод загрязнений в виде крупных предметов производится процеживанием через решетки и сита. Очень распространенным является осветление сточных вод от легких и тяжелых взвесей в отстойниках различных конструкций (рис. 8.4).

Для удаления из сточных вод минеральных частиц большой плотности применяются гидроциклоны (рис. 8.5, а), песколовки (рис. 8.5, б), сепараторы и осадительные центрифуги.

Мелкодисперсные взвешенные частицы удаляются из сточных вод с помощью тканевых, сетчатых, песчаных и других фильтров. Механическая очистка применяется как самостоятельно, так и в качестве первой ступени в ложных схемах очистки.

Физико-химическая очистка основана на изменении физического состояния загрязнений, что облегчает их удаление из сточных вод. Осуществляется она методами коагуляции, флокуляции, сорбции, флотации, экстракции, ионного обмена, гиперфильтрации, диализа, эвапорации, выпаривания, испарения, кристаллизации, магнитной обработки, электрокоагуляции, электрофлотации и др.

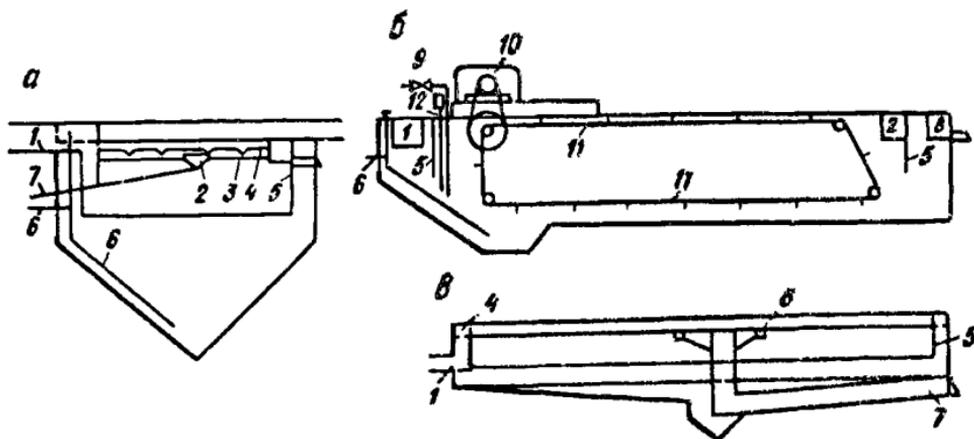
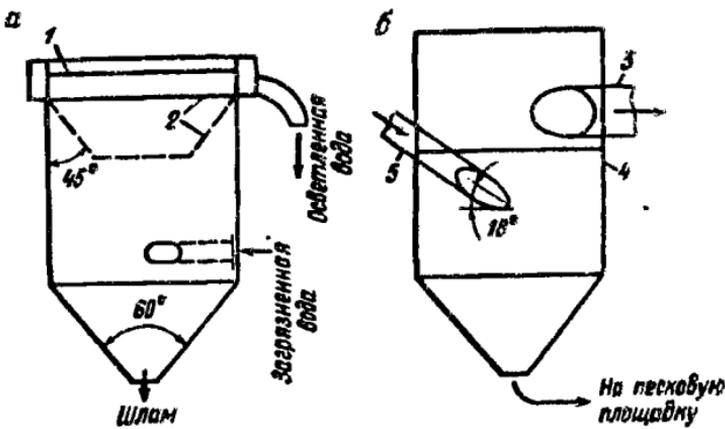


Рис. 8.4. Схемы вертикального (а), горизонтального (б) и радикального (в) отстойников для шахтных и других сточных вод:

1 — подводящий лоток; 2 — лоток для сбора плавающих веществ; 3 — затопленный козырек; 4 — падающий распределительный лоток; 5 — полупогруженная перегородка; 6 — вливающая труба; 7 — трубопровод для удаления плавающих веществ; 8 — отводящий лоток; 9 — трубопровод для подачи воздуха к эрлифту; 10 — привод скребкового механизма; 11 — скребковый механизм; 12 — эрлифт для определения уровня шлама

Рис. 8.5. Схемы аппаратов осаждения частиц высокой плотности:

открытый гидроциклон (а); тангенциальная пескочловка (б); 1 — периферийный водослив; 2 — диафрагма; 3 — отводящая труба; 4 — кольцо; 5 — подающая труба



Метод коагуляции основан на слипании мелкодисперсных частиц под воздействием специально добавляемых в сточные воды веществ — коагулянтов, в результате чего происходит увеличение размеров и интенсивное осаждение частиц. В качестве коагулянтов применяются соли алюминия, железа, магния, известь, шламовые отходы и др.

Флокуляция — один из видов коагуляции, при которой увеличение размеров частиц происходит при добавлении флокулянтов — органических природных и синтетических высокомолекулярных веществ (поликриламида, белков, полиэтиленамина и др.).

Сорбция — процесс поглощения вредных веществ из сточных вод твердым телом или жидкостью — сорбентом, в качестве ко-

того могут быть использованы зола, коксовая мелочь, торф, активные глины и др. Наиболее эффективные сорбенты — активированные угли различных марок.

Флотация основана на процессе прилипания загрязненных веществ к поверхности раздела двух фаз, например, воздуха и воды, образования комплексов и их удаления.

Экстракция заключается в добавлении в сточные воды специальных веществ — *экстрагентов*. Загрязняющие вещества в них растворяются лучше, чем в воде, при этом не происходит их смешивание с ней и по мере растворения загрязнений экстрагенты удаляются из воды. В качестве экстрагентов используются толуол, амиловый спирт, бензол, ацетон и др. Другие методы физико-химической очистки применяются редко и в ограниченных масштабах.

Химическая очистка заключается в использовании реагентов, вступающих в реакцию с загрязняющими веществами. В результате образуются новые вещества, удаляемые из сточных вод легче, чем исходные. Наиболее распространенный метод химической очистки — *нейтрализация*.

Нейтрализация заключается в проведении химической реакции между веществами с кислотными свойствами и щелочными. Для этого смешивают кислые и щелочные сточные воды или применяют реагенты в виде растворов кислот, щелочей, кальцинированной соды, аммиака и др. *Окислительный метод* применяется для обезвреживания токсичных примесей в сточных водах с помощью хлора, гипохлорита кальция или натрия, хлорной извести, озона, кислорода и др.

Биохимическая очистка состоит в окислении органических примесей в сточных водах с помощью микроорганизмов, способных в процессе своей жизнедеятельности разлагать их на минеральные составляющие. Этот способ очистки может осуществляться как в условиях, близких к естественным (на полях орошения и фильтрации, биологических прудов), так и в искусственно созданных условиях с помощью биологических фильтров, аэротенков и др.

Термическая очистка используется для высокоминерализованных сточных вод, а также при наличии органических токсичных веществ. При этом сначала производится выпаривание сточных вод и получение концентрированных растворов, из которых выделяется сухой остаток для сжигания. В некоторых случаях загрязненные сточные воды в распыленном состоянии вводятся в аппарат для сжигания органических примесей.

Для ликвидации бактериологической загрязненности сточные воды подвергаются *обеззараживанию*, которое осуществляется хлорированием, озонированием, с помощью бактерицидных ламп и другими способами. Наиболее распространенный способ обеззараживания — *хлорирование*, которое производится чаще

Всего жидким хлором и гипохлоритом натрия, а в исключительных случаях — гипохлоритом кальция или хлоритной известью. Для хозяйственно-бытовых сточных вод расчетная доза хлора в воде после механической очистки должна составлять 10 г/м^3 , а после биологической — $3\text{—}5 \text{ г/м}^3$. Содержание остаточного хлора после 30-минутного контакта хлорной воды со сточными водами должно быть не менее $1,5 \text{ мг/л}$ для достижения коли-индекса не более 1000. Для шахтных и карьерных вод доза хлора и величина остаточного хлора определяются для каждого конкретного случая органами санитарного надзора, но время контакта хлора с ними должно быть не менее 30 мин.

Очистные сооружения разделяются на локальные, участковые, централизованные и групповые. Локальные предназначены для обработки сточных вод строго определенного состава, образованных на отдельных участках производства. На участковые сооружения подаются сточные воды от разнотипных источников загрязнения, на централизованные — одного и того же предприятия. Групповые сооружения предназначены для обработки сточных вод нескольких предприятий, поселков, города и т. д.

Для обоснованного выбора способа очистки и обеззараживания сточных вод, а также состава очистных сооружений необходимы следующие исходные данные: объем и режим подачи сточных вод на очистку, их физико-химический состав, перечень потребителей очищенных и неочищенных сточных вод и требования к их качеству, требования органов охраны водных ресурсов по отведению сточных вод в природные водные объекты, результаты технологических исследований их и образующегося осадка. Результаты технологических исследований сточных вод должны включать: кинетику осаждения взвешенных частиц, тип и оптимальную дозу реагентов, фильтровальные характеристики, параметры осадка, образующегося при очистке, дозу хлора для обеззараживания.

В общем случае технология очистки сточных вод включает ряд процессов, взаимосвязь между которыми может быть представлена схемой на рис. 8.6. Но в каждом отдельном случае некоторые из указанных процессов могут быть исключены или объединены друг с другом в зависимости от состава и свойств сточных вод, требований к их очистке и других факторов. Все это обуславливает большое разнообразие применяемых на практике технологических схем.

Общие требования к технологии, очистке и очистным сооружениям сводятся к тому, что они должны обеспечивать получение необходимого качества очищенных вод при изменении количества и качества исходных сточных вод, а также создавать условия для широкого использования ими сброса очищенных сточных вод. При этом необходимы высокие надежность и

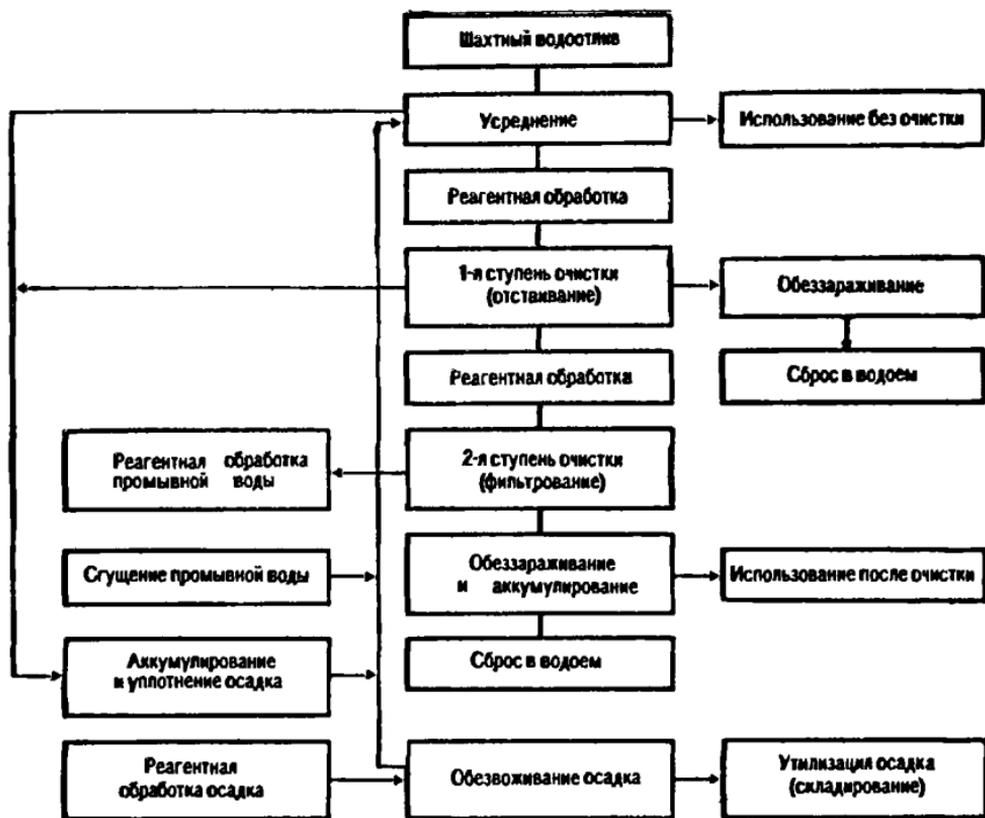


Рис. 8.6. Схема очистки сточных вод от взвешенных веществ и их использования

экономичность работы очистных сооружений в целом, а также механизация работы отдельных аппаратов и узлов.

Для очистки шахтных и карьерных вод от взвешенных веществ разработаны технологические схемы с использованием прудов-отстойников, осветлителей со взвешенным слоем осадка, тонкостенных отстойников, выработанного пространства в шахтах, фильтров с восходящим потоком, виброфильтров. Пруды-отстойники могут применяться самостоятельно в единичном виде при больших емкостях, в виде каскада из 2—4 секций, а также в сочетании со скорыми фильтрами. При самостоятельном использовании прудов-отстойников очистка сточных вод в них от взвешенных веществ составляет до 10—15 мг/л, а в сочетании со скорыми песчаными фильтрами — до 2—5 мг/л. Технологические схемы с отстойниками и скорыми песчаными фильтрами нашли наибольшее распространение.

Перспективна технологическая схема очистки шахтных вод с использованием выработанного пространства и отвалов пород на поверхности. В этом случае осадок из взвешенных веществ частично остается в выработанном пространстве и затраты на его захоронение не требуются. Применение высокоэффективных

напорных фильтров в рассматриваемой схеме позволяет достичь очистки шахтных вод от взвешенных веществ до 2—3 мг/л, т. е. до требований к качеству питьевой воды.

Контрольные вопросы

1. Каковы обязанности водопользователей?
2. Назовите основные показатели качества вод водоемов и водотоков.
3. Что такое предельно допустимый сброс?
4. Перечислите системы водоснабжения промышленных предприятий.
5. Каковы вид и состав шахтных вод?
6. Основные методы очистки сточных вод.

9. ОХРАНА АТМОСФЕРЫ

9.1. КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Чистый и сухой атмосферный воздух представляет собой смесь нескольких газов. Основные из них — азот (78,08%), кислород (20,95%), аргон (0,93%) и углекислый газ (0,03%). Кроме них в воздухе есть и другие газы, но в очень малом количестве. Среди них — неон, гелий, криптон, ксенон, аммиак, водород, различные оксиды азота, хлор и др.

Воздух почти никогда не бывает сухим, в нем всегда содержится водяной пар. Иногда его количество в воздухе достигает 4%, а иногда лишь 0,01% общего объема.

В атмосферном воздухе, особенно в нижних слоях, кроме газообразных составных частей, всегда имеются физические примеси. Различные по происхождению и разнообразные по форме, размерам, химическому составу и физическим свойствам они всегда находятся во взвешенном состоянии. Это пыль, дым, сажа, различные органические частицы (споры, пыльца, микроорганизмы). Физические примеси играют большую роль в развитии ряда атмосферных процессов.

Химический состав воздуха в различных зонах земного шара довольно однообразен. Кислорода в воздухе всегда больше, чем необходимо растениям, и поэтому небольшие колебания его количества для них не существенны. Лишь значительное сокращение кислорода в воздухе, например, до 5%, может вызвать затруднение в процессах дыхания.

Азот, содержащийся в воздухе, для большинства высших растений безразличен, лишь для микроорганизмов, в частности для клубеньковых бактерий, азотобактерий, актиномицетов, сине-зеленых водорослей, он чрезвычайно важен, так как служит им продуктом питания. Для них количество свободного азота в почвенном воздухе имеет экологическое значение; он оказывает воздействие не только на жизнедеятельность, но и на

расселение растений в почве, на видовой состав почвенной микрофлоры.

Количество CO_2 в воздухе невелико, и поэтому даже незначительные колебания его весьма важны для зеленых растений. Углекислый газ поступает в атмосферу в результате дыхания животных и растений, процессов горения, при извержениях вулканов. Важным источником CO_2 является жизнедеятельность почвенных организмов, так называемое почвенное дыхание. Очень много углекислого газа, особенно в последние годы, выделяют промышленные предприятия и транспорт. Так, в крупных промышленных городах количество CO_2 в воздухе может достигать 0,08%, в то время, как на лугу или в поле благодаря деятельности зеленых растений, потребляющих в светлое время суток очень большое количество углекислого газа, содержание его нередко составляет около 0,02%.

Содержание углекислого газа в атмосфере зависит не только от размещения источников поступления и потребления CO_2 , оно меняется и во времени. Чаще всего эти изменения носят сезонный характер. Осенью содержание CO_2 в воздухе обычно повышено, тогда как летом из-за активной ассимиляции растений заметно снижается. Изменяется количество углекислого газа и в течение суток: растения потребляют его только днем, поэтому в светлое время над сушей его концентрация всегда меньше, чем ночью.

Колебание содержания CO_2 в воздухе существенно отражается на фотосинтезе и, следовательно, на питании зеленых растений. Даже незначительное его уменьшение или увеличение влияет на рост и развитие растений, на их облик и процессы жизнедеятельности. Так, обычное (т. е. близкое к 0,03%) содержание CO_2 в воздухе не является оптимальным. Поэтому высокая интенсивность фотосинтеза может быть достигнута при быстром перемещении воздушных масс, обеспечивающем приток углекислого газа к ассимилирующим органам растений, или благодаря деятельности гетеротрофов (главным образом почвенных микроорганизмов), осуществляющих в природе процессы разложения.

Увеличение концентрации CO_2 в воздухе приводит к усилению фотосинтеза. Однако многочисленные исследования показали, что увеличение интенсивности фотосинтеза с ростом содержания углекислого газа в воздухе происходит лишь до определенного момента, после которого дальнейшее повышение его концентрации уже не увеличивает ассимиляцию. При очень высокой концентрации (2,5—20% объема CO_2 в воздухе) наблюдается снижение интенсивности фотосинтеза. Одной из причин такого угнетения является то, что у растений в ответ на высокую концентрацию углекислого газа закрываются устьица и поступление воздуха в лист фактически прекращается

Поступающие в атмосферу вещества в твердом, жидком, газообразном и парообразном состояниях в результате деятельности человека являются для воздуха загрязняющими веществами. При этом некоторые из этих веществ уже могут присутствовать в атмосфере в результате абиотических и биотических процессов. Отдельные растения могут выделить углеводороды, а бактерии — серосодержащие соединения. Пыль, сажа могут попадать в атмосферу при извержении вулканов, пыльных бурях. Таким образом, над определенной территорией может существовать естественная фоновая концентрация загрязняющих веществ. Поскольку растения и организмы развивались в присутствии таких соединений в обычных для них концентрациях, выявить отклонения в их функционировании удается редко. Возрастание концентраций веществ выше допустимого «порового» уровня вызывает в растениях и организмах внутренние или внешние отклонения, которые сказываются на их структуре и характере функционирования. При этом воздействие первоначально может быть обнаружено на молекулярном уровне в отдельных растениях или организмах и только со временем отразится на экологической системе в целом. Каждое из загрязняющих веществ воздействует на различные растения и организмы по-разному.

Наиболее чувствительны к воздействию многих загрязняющих веществ хвойные (особенно сосны). Еще более чувствительны лишайники и мхи. Их наличие или отсутствие на прилегающей к предприятию территории может служить одним из критериев чистоты атмосферного воздуха. У лиственных растений первыми подвергаются повреждению клетки. При увеличении площади повреждения постепенно появляются бледно-зеленые, желтые и даже коричневые участки, которые в дальнейшем высыхают с образованием разрывов. Наиболее чувствительны к загрязнению атмосферы ясень, абрикос, цветы (гладиолусы).

На восприимчивость или устойчивость растений к загрязнению влияет большое количество факторов, но определяющим является концентрация загрязняющих веществ.

В большинстве стран критерий качества воздушного бассейна — предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества для атмосферного воздуха населенных мест, определяемая количеством вещества, находящегося в 1 м³ воздуха, которое не оказывает вредного влияния на здоровье людей, постоянно его вдыхающих. Эта концентрация определяется врачами-гигиенистами на основании экспериментальных исследований над подопытными животными и наблюдений за состоянием здоровья людей, находящихся под воздействием загрязняющих веществ с известной концентрацией. ПДК в атмосферном воздухе населенных мест могут быть максимально разовыми

ми или среднесуточными. В первом случае период осреднения величины концентрации по замеру принимается равным 20 мин. Эту концентрацию принимают при определении опасности загрязнения атмосферы

$$j = \frac{c_i}{ПДК_i} \geq 1, \quad (9.1)$$

где c_i — физическая концентрация загрязняющего вещества в приземном слое атмосферы (пространство до 2 м над поверхностью земли), замеренная или рассчитанная, мг/м³; ПДК_i — максимально разовая предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, мг/м³.

Если значение $j \geq 1$, то опасность загрязнения существует. Значения предельно допустимых концентраций для некоторых загрязняющих веществ, характерных для горного производства, приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

ПДК для загрязняющих веществ в атмосфере населенных пунктов, мг/м³

Вещества	Максимально разовая	Среднесуточная
Азота диоксид	0,085	0,085
Азотная кислота:		
по молекуле HNO ₃	0,4	0,4
по водородному иону	0,006	0,006
Аммиак	0,2	0,2
Бензол	1,5	0,8
Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на С)	5	1,5
Бензин сланцевый (в пересчете на С)	0,05	0,05
Бутан	200	—
Бутилен	3	3
Ванадия пентаоксид	—	0,002
Дихлорэтан	3	1
Марганец и его соединения (в пересчете на MnO ₂)	—	0,01
Мышьяк (неорганические соединения, кроме мышьяковистого водорода, в пересчете на As)	—	0,003
Пыль нетоксичная	0,5	0,15
Ртуть металлическая	—	0,0003
Сажа (копоть)	0,15	0,05
Свинец и его соединения (кроме тетраэтилсвинца в пересчете на Pb)	—	0,0007
Свинец сернистый	—	0,0017
Сернистый ангидрид	0,5	0,05
Сероводород	0,008	0,008
Сероуглерод	0,03	0,005
Углерода оксид	3	1

По степени воздействия на организм человека загрязняющие вещества подразделяются на 4 класса: 1 — чрезвычайно опасные ($ПДК$ вредных веществ в воздухе рабочей зоны меньше $0,1 \text{ мг/м}^3$); 2 — высокоопасные (то же, $0,1—1,0 \text{ мг/м}^3$); 3 — умеренно опасные (то же, $1—10 \text{ мг/м}^3$) и 4 — малоопасные (более 10 мг/м^3).

При совместном присутствии в атмосфере нескольких веществ, обладающих эффектом суммации (т. е. взаимно усиливающих воздействие на организм человека), опасность загрязнения определяется из выражения

$$j = \frac{c_1}{ПДК_1} + \frac{c_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{c_n}{ПДК_n} \geq 1, \quad (9.2)$$

где c_1, c_2, \dots, c_n — фактические концентрации веществ, мг/м^3 ; $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ — максимально разовые предельно допустимые концентрации для этих веществ, мг/м^3 .

Выражение (9.2) используется при установлении качества воздуха, если в нем одновременно присутствуют следующие группы веществ: ацетон и фенол; ацетальдегид и винилацетат; валериановая, капроновая и масляная кислоты; озон, диоксид азота и формальдегид; сернистый газ и фенол; сернистый газ и диоксид азота; сернистый газ и фтористый водород; сернистый газ и аэрозоль сернистой кислоты; сероводород и динил; сернистый газ и сероводород; изопропилбензол и гидропероксид изопропилбензола; фурфурол, метанол и этанол; циклогексан и бензол; этилен, пропилен, бутилен; уксусная кислота и уксусный ангидрид; ацетон и ацетофенон; бензол и ацетофенон; серный и сернистый ангидрид, аммиак, оксиды азота и другие комбинации.

Для специально охраняемых территорий, имеющих особое назначение, таких, как больницы, санатории, курорты, дома отдыха, спортивные сооружения, детские учреждения, рекреационные и заповедные объекты качество атмосферного воздуха оценивается по выражению

$$j = \frac{c_1}{ПДК_1} \leq 0,8, \quad (9.3)$$

а при эффекте суммации в выражении (9.2) 1 заменяют на 0,8.

В настоящее время установлены $ПДК$ для более 750 вредных веществ, загрязняющих воздух, и эта работа продолжается. Запрещается выбрасывать в атмосферу вещества, для которых $ПДК$ не установлены.

Пример. Определить опасность загрязнения атмосферы в жилом массиве, если концентрация в приземном слое $SO_2=0,4 \text{ мг/м}^3$, а $NO_2=0,17 \text{ мг/м}^3$.

Решение. С учетом эффекта суммации сернистого газа и диоксида азота опасность загрязнения определяется из выражения

$$I = \frac{c_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{c_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} \leq 1;$$

$$I = \frac{0,4}{0,5} + \frac{0,17}{0,085} = 0,8 + 2 = 2,8 > 1,$$

т. е. существует опасность загрязнения атмосферы.

Основываясь на концентрации критерия качества атмосферного воздуха, можно сделать вывод о том, что в атмосфере возможно содержание определенного количества загрязняющих веществ без проявления воздействия на растительность, организмы, людей. Непревышение ПДК обеспечивается за счет способности атмосферы к рассеиванию и самоочищению, ограничения интенсивности выброса загрязняющих веществ, деятельности растений и организмов по переработке этих веществ. В любом случае действия по уменьшению загрязнения атмосферы необходимы в первую очередь тогда, когда эффект загрязнения обнаружен и количественно определен.

9.2. РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРЫ

Загрязнение атмосферы — сложный природно-промышленный процесс, связанный с поступлением и рассеиванием загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. Значительную роль в этом процессе играют метеорологические условия в месте расположения источника загрязнения. При одинаковых параметрах выброса в приземном слое атмосферы могут возникать разные по величине концентрации загрязняющих веществ. Их величины будут зависеть от скорости и направления ветра, температурной стратификации атмосферы, температуры воздуха в момент выброса, осадков и других факторов. Рассмотрим их влияние вначале отдельно, а затем в совокупности.

В общем случае ветер в момент выброса загрязняющих веществ может играть как положительную, так и отрицательную роль в загрязнении атмосферы. Достаточная скорость ветра способствует хорошему «проветриванию» атмосферы, отсутствие его продолжительное время может привести к застойным явлениям и накоплению веществ в воздухе. Однако необходимо знать, что при всех прочих равных условиях существует опасная скорость ветра, при которой в приземном слое атмосферы возникают максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ от организованных выбросов. Такая скорость ветра определяется только параметрами источника выброса (труба, аэрационный фонарь, свечи и т. д.) и газовой воздушной смеси.

Вначале рассматривается параметр v_m по формуле

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}, \quad (9.4)$$

где V_1 — расход выбрасываемой газовой смеси, m^3/c ; ΔT — разность между температурами выбрасываемой газовой смеси T_r и атмосферного воздуха T_b ; H — высота источника выброса, м.

Значение опасной скорости ветра u_m , м/с, определяется из следующих условий (для нагретых выбросов):

$$\left. \begin{aligned} u_m &= 0,5 && \text{при } v_m \leq 0,5, \\ u_m &= v_m && \text{при } 0,5 < v_m \leq 2, \\ u_m &= v_m(1 + 0,12\sqrt{f}) && \text{при } v_m > 2 \end{aligned} \right\} \quad (9.5)$$

где $f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T}$; ω_0 — скорость выхода газовой смеси, м/с; D — диаметр устья источника выброса, м.

Для предприятий, имеющих несколько источников выброса, рассчитывается средневзвешенная скорость ветра по формуле

$$u_{m.c} = \frac{u_{m1}c_{m1} + u_{m2}c_{m2} + \dots + u_{mN}c_{mN}}{c_{m1} + c_{m2} + \dots + c_{mN}} \quad (9.6)$$

Для холодных выбросов (когда $\Delta T \approx 0$) расчету опасной скорости ветра предшествует определение параметра v'_m из выражения

$$v'_m = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H}. \quad (9.7)$$

$$\text{И далее (м/с): } \left. \begin{aligned} u_m &= 0,5 && \text{при } v'_m \leq 0,5, \\ u_m &= v'_m && \text{» } 0,5 < v'_m \leq 2, \\ u_m &= 2,2v'_m && \text{» } v'_m > 2 \end{aligned} \right\} \quad (9.8)$$

Опасная скорость ветра — один из климатических факторов, определяющих неблагоприятные метеорологические условия (НМУ).

В зависимости от расположения источника выброса по отношению к жилому массиву существует понятие «опасное направление ветра» — направление от источника выброса на жилой массив. При нескольких источниках выброса и расположении жилого массива вокруг предприятия за «опасное» принимается направление ветра, при котором происходит наложение факелов выброса наиболее мощных источников загрязнения атмосферы или наибольшего количества этих факелов.

Скорость и направление ветра в приземном слое атмосферы могут изменяться с высотой в зависимости от шероховатости земной поверхности, времени суток и других естественных и искусственных факторов, которые необходимо учесть при определении реальной ситуации.

Вертикальное движение масс воздуха, которое оказывает влияние на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, — сложный природный процесс, который может характеризоваться изменением температуры воздуха с высотой (градиентом температур). Сам процесс вертикального движения масс воздуха с некоторыми допущениями может рассматриваться как процесс адиабатический, т. е. протекающий без притока или отдачи тепла. При этом любая масса, поднимающаяся вверх, будет охлаждаться из-за снижения давления и увеличения объема, а опускающаяся — нагреваться из-за увеличения давления и уменьшения объема.

В реальных условиях в атмосфере может быть любое распределение температуры воздуха по высоте, в зависимости от которого выделяют три типичных состояния атмосферы: безразличное, неустойчивое и устойчивое.

При безразличном состоянии атмосфера характеризуется снижением температуры воздуха на каждые 100 м высоты на 1°C (сухоадиабатический градиент). Если при таком состоянии атмосферы выделить элементарный объем воздуха (рис. 9.1, а), то его температура при движении вверх или вниз будет постоянно одинакова с окружающей его атмосферой. Таким образом, атмосфера не будет способствовать перемещению этого объема воздуха ни вверх, ни вниз, т. е. она остается безразличной. С точки зрения рассеивания загрязняющих веществ такое состояние атмосферы не самое худшее, но и особо благоприятным оно не является.

Наиболее активно рассеиваются вещества в атмосфере при неустойчивом состоянии, когда реальный градиент температур превышает сухоадиабатический, т. е. температура на каждые 100 м высоты падает больше чем на 1°C (рис. 9.1, б). В этом случае каждый опускающийся объем воздуха будет всегда холоднее и тяжелее воздуха в окружающей его атмосфере и поэтому будет стремиться вниз, и наоборот, поднимающийся будет всегда теплее и легче атмосферного, поэтому будет им выталкиваться. Это способствует развитию первоначального импульса, и ускорение движению будет тем интенсивнее, чем больше температура этого элементарного объема будет отличаться от температуры окружающего воздуха. Такое состояние атмосферы наиболее благоприятно для рассеивания загрязняющих веществ.

Устойчивое равновесие в атмосфере возникает в том случае, когда реальный градиент температур меньше сухоадиабатиче-

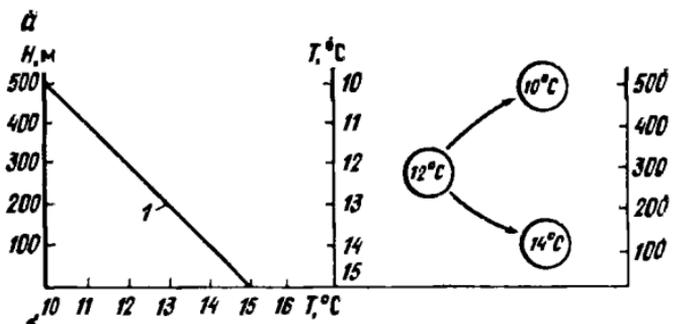
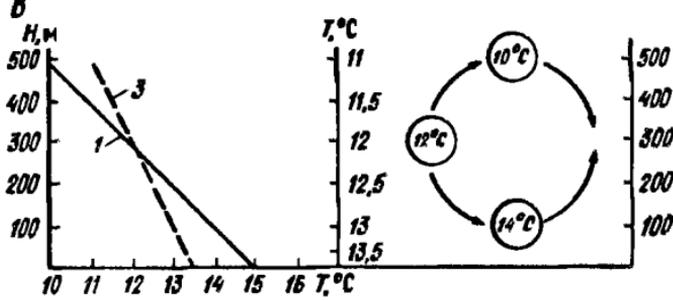
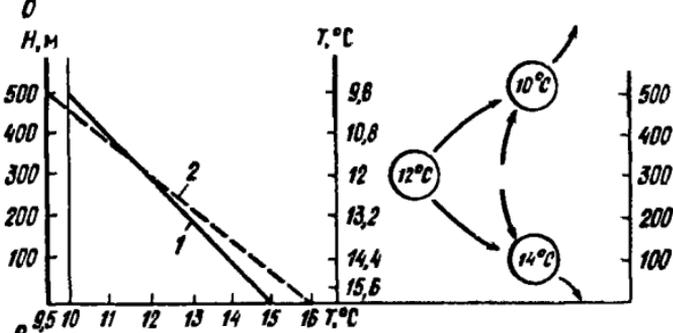


Рис. 9.1. График состояния атмосферы — безразличное (а); неустойчивое (б); устойчивое (в):

1 — сухоадиабатический градиент; 2 — сверхадиабатический градиент; 3 — градиент ниже сухоадиабатического; H — высота над земной поверхностью; T — температура атмосферы



ского, т. е. температура воздуха на каждые 100 м высоты падает меньше чем на 1°C (рис. 9.1, в). Поднимающийся элементарный объем воздуха будет охлаждаться быстрее, чем атмосферный, и будет все время тяжелее, а опускающийся — все время теплее, а значит и легче. Другими словами, при устойчивом равновесии этот объем воздуха будет стремиться вернуться к своему исходному положению, а действие первоначального импульса гасится тем интенсивнее, чем меньше градиент температур. Такое состояние атмосферы из всех рассмотренных выше наиболее неблагоприятное для рассеивания загрязняющих веществ. Устойчивое состояние атмосферы — еще один из климатических факторов, определяющих НМУ.

В расчетах рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере температурная стратификация атмосферы учитывается соответствующим коэффициентом (A), значение которого устанавливается в зависимости от места расположения источника загрязнения:

для районов Средней Азии южнее 40° с. ш., Читинской обл. — 250;

для европейской территории СССР: районы РСФСР южнее 50° с. ш., остальные районы Нижнего Поволжья, Кавказа; для азиатской территории СССР: Казахстан, Дальний Восток и остальные территории Сибири и Средней Азии — 200;

для европейской территории СССР и Урала $50-52^{\circ}$ с. ш., за исключением попадающих в зону перечисленных выше районов и Украины — 180;

для европейской территории СССР и Урала севернее 52° с. ш. (за исключением Центра европейской территории страны), а также для Украины — 160 (для расположенных на Украине источников высотой менее 200 м в зоне $50-52^{\circ}$ с. ш. — 180, а южнее 50° с. ш. — 200);

для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской и Ивановской областей — 140.

Для других территорий значение коэффициента (A) должно приниматься по сходным климатическим условиям турбулентного обмена с перечисленными выше районами.

Иногда температура воздуха в приземном слое атмосферы не уменьшается, а возрастает с высотой. Такое состояние атмосферы называют температурной инверсией, возникновению которой способствуют штили, туманы, низкая облачность или вторжение больших масс холодного либо теплого воздуха. Инверсионный слой, сформировавшийся на линии, разделяющей холодный и теплый воздух, создает препятствие рассеиванию загрязняющих веществ, т. е. рассеивание практически не происходит.

Длительное состояние инверсии может привести к катастрофическому загрязнению атмосферы, что требует особых мероприятий (остановка производств, запрещение использования транспорта, эвакуация людей и т. д.).

Состояние атмосферы изменяет форму факела выброса загрязняющих веществ и приблизительно может быть определено визуальным наблюдением. При неустойчивом состоянии факел выброса имеет клубообразную форму и стремительно поднимается вверх. При безразличном состоянии факел распространения имеет форму конуса и размеренно поднимается вверх. При опасной скорости ветра факел выброса без разрывов перемещается параллельно земле. Горизонтальное перемещение факела выброса без расширения характерно для устойчивого состояния. И наконец, температурная инверсия приводит к изменению формы и направления движения факела выброса загрязняющих веществ.

На распространение загрязняющих веществ в атмосфере оказывает влияние как температура атмосферы в момент выброса, так и температура газовой смеси. При расчете

рассеивания загрязняющих веществ необходимо предварительно определить значение разности температур $\Delta T (^{\circ}\text{C}) \Delta T = T_{\text{г}} - T_{\text{в}}$, в котором температура выбрасываемой в атмосферу газовоздушной смеси ($T_{\text{г}}$) определяется по действующим для данного производства технологическим нормативам, а температура окружающего атмосферного воздуха ($T_{\text{в}}$) — по фактическим замерам. Если $\Delta T \approx 0$, то выброс считается «холодным», при $\Delta T > 0$ газовоздушная смесь считается «нагретой». Холодные выбросы рассеиваются в атмосфере хуже, поэтому чем теплее атмосферный воздух и меньше значение ΔT , тем больше приземная концентрация загрязняющих веществ. При расчете максимальной приземной концентрации температура наружного воздуха принимается равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года. Высокая температура воздуха — еще один параметр, определяющий НМУ.

Осадки играют положительную роль в самоочищении атмосферы от загрязняющих веществ. Однако в последнее время обнаружено еще одно явление, связанное с загрязнением атмосферы и осадками и получившее название кислотный дождь или кислые осадки (второе название более правильное).

Как правило, осадки в виде дождя или снега имеют кислую реакцию: $\text{pH} = 5,5 - 5,6$. Избыточную (дополнительную) кислотность они могут получить из-за присутствия оксидов азота и серы в большем количестве, чем естественное. Осадки могут иметь и щелочную реакцию, если в атмосфере скапливается большое количество известняковой или сланцевой пыли. В настоящее время отмечены случаи выпадения дождей, у которых $\text{pH} = 2,5 - 5,0$. При этом основное поражение отмечено у листовых пород деревьев. Вместе с тем, отмечалось и положительное влияние кислых осадков на отдельные сельскохозяйственные культуры. Высокая кислотность наблюдается в начале выпадения дождя или снега, затем в процессе очищения атмосферы происходит постепенное приближение к нормальному значению.

Процессы, происходящие в атмосфере, играют активную роль в рассеивании загрязняющих веществ и определяют их концентрации в приземном слое. Величина концентрации может быть замерена или рассчитана, это определит состояние атмосферы. Максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы возникает при НМУ — опасная скорость ветра, устойчивое состояние атмосферы и максимальная температура воздуха в момент выброса.

Пример. Определить опасную скорость ветра для источника диаметром $D = 1$ м, высотой $H = 40$ м, скоростью выхода газовоздушной смеси $\omega_0 = 2$ м/с и ее температурой $T_{\text{г}} = 80$ °С. Источник расположен в г. Свердловске.

Решение. 1. Определяется расход газовой смеси

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 1}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. По СНиП 2.01.01—82 находим максимальную температуру наружного воздуха самого жаркого месяца в г. Свердловске (июль, 22 °С).

3. Рассчитываем по формуле (9.4) параметр

$$u_m = 0,65 \sqrt{\frac{1,57 (80 - 22)}{40}} = 0,98.$$

4. Из условия (9.5) находим, что в рассматриваемом случае опасная скорость ветра $u_m = u_{\text{н}}$, т. е. $u_{\text{н}} = 0,98 \text{ м/с}$.

9.3. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

Загрязнение воздушного бассейна в результате ведения различных технологических процессов происходит в виде организованных и неорганизованных выбросов загрязняющих веществ.

Для определения показателей интенсивности воздействия на атмосферу в источнике загрязнения (в технологическом процессе) целесообразно выделить источники выделения (машину, механизм, агрегат) и выброса (труба, свеча, аэрационный фонарь). Параметры источников выделения и выбросов определяются по технологическим картам, паспортным или проектным документам, а также в результате их инвентаризации с натурными измерениями.

К основным параметрам источника загрязнения относятся также интенсивность выделения загрязняющих веществ, общий объем газовой смеси, скорость ее движения по источнику выброса, температура газовой смеси. Совокупность параметров источников выделения и выброса с характеристиками пылегазовой смеси — исходные данные для оценки влияния источника загрязнения на атмосферу.

Наибольшая сложность в определении параметров возникает при замерах или расчетах интенсивности выброса загрязняющих веществ. Эту величину можно определить аналитическим расчетом, балансовым методом, по удельным значениям или путем фактических замеров. Так, расчет выброса твердых частиц от котлов тепловых электростанций определяется по формуле

$$P_{\text{тв}} = B \frac{A^r}{100 - z_{\text{ун}}} a_{\text{ун}} (1 - \eta), \quad (9.9)$$

где B — расход натурального топлива, г/с, г/год; A^r — зольность топлива, %; $a_{\text{ун}}$ — доля золы в уносе; η — доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях (применяется по результатам измерений не свыше годичной давности); $z_{\text{ун}}$ — содержание горючего в уносе, %.

Количество выбрасываемых при сжигании топлива оксидов серы в пересчете на SO_2 (г/год, г/с) определяется из выражения:

$$P_{SO_2} = 0,02BS^r (1 - \eta_{SO_2}) (1 - \eta_{SO_2}'), \quad (9.10)$$

где S^r — содержание серы в топливе, %; η_{SO_2} — доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле; η_{SO_2}' — доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе попутно с твердыми частицами.

Все необходимые для расчета показатели определяются по характеристикам сжигаемого топлива, котлов (источник выделения) и золоуловителей.

Более сложная задача при определении параметров источника загрязнения возникает при необходимости натурального измерения. Здесь важную роль играет выбор места и времени замера, применяемых оборудования и приборов.

Для разработки программы проведения замеров на шахте и правильной интерпретации полученных данных необходимо найти связь между значениями концентраций вредных веществ в исходящей струе и течением процессов при ведении горных работ. В наибольшей степени на концентрацию вредных веществ в исходящей струе влияет колеблющийся количественный и качественный состав выбросов при течении технологических и естественных процессов, а также дальнейшие изменения, происходящие при переносе их от источников выделения до мест выброса в атмосферу.

Количественный и качественный состав выбросов выявляют при проведении инвентаризации источников загрязнения рудничной атмосферы. Учитывая дальнейшие возможные его изменения, определяют суммарное количество каждого i -го загрязняющего вещества, выбрасываемого в единицу времени

$$Q^i = \sum_n Q_n^i k_n + \sum_m Q_m^i k_m + Q_f^i k_f, \quad (9.11)$$

где Q^i — общее количество i -го загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с; Q_n^i и Q_m^i — количество i -го вещества, выделяемого в рудничную атмосферу n -м технологическим и m -м естественным процессами в единицу времени, г/с; Q_f^i — фоновое количество i -го вещества, поступающего в рудник с вентиляционной струей, г/с; k_n , k_m , k_f — безразмерные коэффициенты, учитывающие изменение количества i -го вещества при переносе соответственно от n -го, m -го источника выделения и поступающего в рудник с поверхности, до мест выброса в атмосферу.

Выбор загрязняющих веществ для замеров производят исходя из класса приоритетности вещества и кратности его выбро-

са предельно допустимому. Если $Q'/ПДВ < 0,1$, то данное i -е вещество не включается в программу определения.

Далее выбираются наиболее характерные процессы, выделяющие подлежащее замеру i -е вещество с суммарной долей участия в общем выбросе порядка 80—90%. Исходя из существующих планограмм работы рудника, для выбранных процессов строятся зависимости изменения количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (или их концентраций в исходящей струе) от времени. Анализируя полученные графики, выделяются j наиболее характерных участков кривой изменения концентраций, выделяется периодичность их повторения, связь с планограммой работы рудника, составляется программа проведения необходимого количества замеров, обеспечивающих получение результатов с достаточной точностью для каждого из выделенных участков (режимов работы рудника).

Замеры концентраций загрязняющих веществ в выбросе при каждом j -м режиме должны производиться при средних значениях наиболее характерных объемов выполняемых работ, расходуемого топлива, взрываемого взрывчатого вещества (ВВ). На период проведения замеров не должны выполняться нехарактерные работы и вноситься изменения в вентиляционную схему рудника.

По величинам средних концентраций загрязняющих веществ в выбросе и его объему, измеренных при определенных режимах работы рудника, рассчитываются количества этих веществ, выбрасываемых в атмосферу в течение 1 с, соответствующие фактическим режимам работы

$$m_j^i = C_j^i V_0, \quad (9.12)$$

где m_j^i — количество i -го вещества в выбросе при j -м режиме, г/с; C_j^i — средняя концентрация i -го вещества в выбросе при j -м режиме, г/м³; V_0 — объем промышленного выброса, приведенный к нормальным условиям, м³/с.

Удельное количество загрязняющих веществ на единицу выполненных работ, взорванного ВВ, израсходованного топлива:

$$M_j^i = \frac{3600 m_j^i}{П_j}. \quad (9.13)$$

где m_j^i — удельное количество i -го вещества в выбросе при j -м режиме, г/с/ед; $П_j$ — объем выполненных работ, взорванного ВВ, израсходованного топлива при j -м режиме в течение 1 ч, ед.

Суммарное годовое количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при каждом j -м режиме, рассчитывается:

по усредненным количествам вредных веществ (г/с), выбрасываемых в атмосферу при усредненных показателях объемов выполненных работ, количества взорванного ВВ, израсходован-

ного топлива в году и годовой продолжительности работы источника:

$$G_j^t = 3,6 \cdot 10^{-3} M_j^t T_j, \quad (9.14)$$

где G_j^t — годовое количество i -го вещества, выбрасываемое в атмосферу при j -м режиме работы рудника, г; T_j — продолжительность работы рудника по j -му режиму в течение года, ч.

по усредненным удельным количествам загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, при усредненных годовых показателях объемов выполненных работ

$$G_j^t = 10^{-6} M_j^t B_j, \quad (9.15)$$

где B_j — годовой объем выполненных работ, взорванного ВВ, израсходованного топлива при j -м режиме, ед.

Суммарное годовое количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу рудником, определяется

$$G^t = \sum G_j^t. \quad (9.16)$$

В основу разработки методик проведения инженерно-экологических исследований должны быть заложены следующие принципы:

исследования на производстве следует увязывать во времени и в пространстве с графиком выполнения технологических процессов;

исследования в природной среде целесообразно проводить только после определения всех показателей воздействия на исследуемой территории;

обобщение, суммирование и интерполяция результатов исследования допускается только в том случае, если известен ход технологического и природного процессов за весь рассматриваемый промежуток времени.

Оценка опасного загрязнения атмосферы в соответствии с условиями (9.1—9.3) требует предварительного определения концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. На первом этапе эту концентрацию целесообразно определять расчетным методом. Первоначально рассчитывается максимальная приземная концентрация, которая возникнет при неблагоприятных метеорологических условиях

$$C_{\text{max}} = \frac{AMFmn}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} \eta, \quad (9.17)$$

где A — коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; F — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; значение коэффициента принимается: для газообразных ве-

ществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. д., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) $F=1$; для мелкодисперсных аэрозолей при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90% $F=2$; от 75 до 90% $F=2,5$; менее 75% и при отсутствии очистки $F=3$;

m и n — коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; коэффициенты m и n определяются в зависимости от параметров f , v_m , v'_m и f_e :

$$\left. \begin{aligned} f &= 1000 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \Delta T}, \\ v_m &= 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}, \\ v'_m &= 1,3 \frac{\omega_0 D}{H}, \\ f_e &= 800 (v'_m)^2. \end{aligned} \right\} \quad (9.18)$$

Коэффициент m определяется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} m &= \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}} && \text{при } f < 100 \\ m &= \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} && \text{» } f \geq 100 \end{aligned} \right\} \quad (9.19)$$

Для $f_e < f < 100$ коэффициент m вычисляется при $f = f_e$.

Коэффициент n при $f < 100$ определяется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} n &= 1 && \text{при } v_m \geq 2, \\ n &= 0,532v_m^2 - 2,13v_m + 3,13 && \text{» } 0,5 \leq v_m < 2, \\ n &= 4,4v_m && \text{« } v_m < 0,5, \end{aligned} \right\} \quad (9.20)$$

где H — высота источника выброса над уровнем земли, м (для наземных источников при расчетах $H=2$ м); η — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности ($\eta = 1-4$); ΔT — разность между температурами выбрасываемой газовой смеси и окружающего атмосферного воздуха, °C; V_1 — расход газовой смеси, м³/с.

По приведенным выше формулам с использованием исходных данных, характеризующих источники загрязнения воздушного бассейна делается расчет, в результате которого находятся величины c_{\max} , x_{\max} и j . Последние определяют опасность загрязнения воздушного бассейна выбросами анализируемого источника. Пример такого расчета приведен ниже,

Число источников выброса	1
Высота источника выброса, м	30
Диаметр устья источника выброса, м	1,4
Скорость выхода газовой смеси, м/с	8
Температура газовой смеси, °С	125
Температура воздуха, °С	25
Интенсивность выброса золы, г/с	15,5
Интенсивность выброса диоксида серы, г/с	12
Интенсивность выброса оксидов азота, г/с	4,2

Коэффициенты:

A	200
η	1

Максимальные разовые предельно допустимые концентрации выбрасываемых веществ (ПДК), мг/м³:

золы	0,5
диоксида серы	0,5
оксида азота	0,085

Объем газовой смеси, м³/с

$$V_1 = \frac{\pi D}{4} \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 8 = 12,3$$

Превышение температуры выброса над температурой воздуха, ΔT , °С

$$T = T_r - T_b = 125 - 25 = 100$$

Определение параметра

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T} = 1000 \frac{8^2 \cdot 1,4}{30^2 \cdot 100} = 1$$

Определение параметра v_m , м/с

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{12,3 \cdot 100}{30}} = 2,24$$

Определение параметра v'_m , м/с

$$v'_m = \frac{1,3 \omega_0 D}{H} = \frac{1,3 \cdot 8 \cdot 1,4}{30} = 0,48$$

Определение параметра f_e

$$f_e = 800 (v'_m)^3 = 800 (0,48)^3 = 88,47$$

Определение параметра

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{1} + 0,34 \sqrt[3]{1}} = 0,9$$

Определение параметра n при $v_m > 2$ 1

Опасная скорость ветра при $v_m > 2$, м/с

$$u_m = v_m (1 + 0,12 \sqrt{f}) = 2,24 (1 + 0,12 \sqrt{1}) = 2,5$$

Максимальная приземная концентрация золы c_{max} , мг/м³

$$c_{\text{max}} = \frac{AFM\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} = \frac{200 \cdot 15,5 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{30^2 \sqrt[3]{12,5 \cdot 100}} \dots \dots \dots 0,58$$

Опасность загрязнения атмосферы выбросами золы

$$j = \frac{c_{\text{max}}}{\text{ПДК}} = \frac{0,58}{0,5} = 1,16 > 1 \dots \dots \dots 1,16$$

т. е. опасность загрязнения существует.

c_{max} для диоксида серы, мг/м³

$$c_{\text{max}} = \frac{200 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{30^2 \sqrt[3]{12,3 \cdot 100}} \dots \dots \dots 0,22$$

Опасность загрязнения атмосферы только диоксидом серы

$$j = \frac{0,22}{0,5} = 0,45 < 1 \dots \dots \dots 0,45$$

т. е. опасности загрязнения нет.

c_{max} для оксидов азота, мг/м³

$$c_{\text{max}} = \frac{200 \cdot 4,2 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{30^2 \sqrt[3]{12,3 \cdot 100}} \dots \dots \dots 0,078$$

Опасность загрязнения атмосферы оксида азота.

$$j = \frac{0,078}{0,085} = 0,92 < 1 \dots \dots \dots 0,92$$

т. е. опасности загрязнения нет.

Опасность загрязнения газообразными веществами с учетом суммации воздействия при одновременном присутствии в атмосфере диоксида серы и диоксида азота

$$j = \frac{c_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}} + \frac{c_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}} = \frac{0,22}{0,5} + \frac{0,078}{0,085} = 1,37 > 1 \dots \dots \dots 1,37$$

т. е. опасность загрязнения существует.

Определение параметра d при $v'_m > 2$

$$d = 7 \sqrt[3]{v'_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f})} = 7 \sqrt[3]{2,24 (1 + 0,28 \sqrt[3]{1})} \dots \dots \dots 13,14$$

Расстояние от источника выброса до места с максимальной приземной концентрацией, м

$$x_{\text{max}} = \frac{5 - F}{4} dH;$$

для золы

$$x_{\text{max}} = \frac{5 - 2}{5} \cdot 13,41 \cdot 30 \dots \dots \dots 302$$

для газообразных веществ

$$x_{\text{max}} = \frac{5 - 1}{4} 13,41 \cdot 30 \dots \dots \dots 402$$

При нескольких источниках загрязнения, которые выбрасывают разнообразные загрязняющие вещества, расчет выполняют по той же методике, но с применением ЭВМ. Наиболее информативной в этом случае является распечатка, иллюстрирующая поле рассеивания, на нем условными значками (цифрами и буквами) показаны ареалы с разной опасностью загрязнения. Результаты расчета, перенесенные на соответствующую карту, позволят определить зоны влияния (где $c=0,1$ ПДК) и воздействия (где $c=$ ПДК).

На основе приведенных параметров можно определить экономический ущерб, возникающий в результате попадания в зону воздействия объектов аграрного и коммунально-бытового звена.

Оценку воздействия на ППК с применением метода расчета экономического ущерба рассмотрим на примере, показанном на рис. 9.2. Воздействие производств осуществляется через загрязнение воздушного бассейна нетоксичной пылью и диоксидом серы. Рассчитанные радиусы зон воздействия, на границах которых концентрация загрязняющих веществ равна ПДК, составили: по пыли $R=5$ км, диоксид серы $R \sim 15,4$ км; площади этих зон соответственно 7850 и 74730 га.

В первой зоне воздействие осуществляется пылью и диоксидом серы, а во второй — только газообразными веществами.

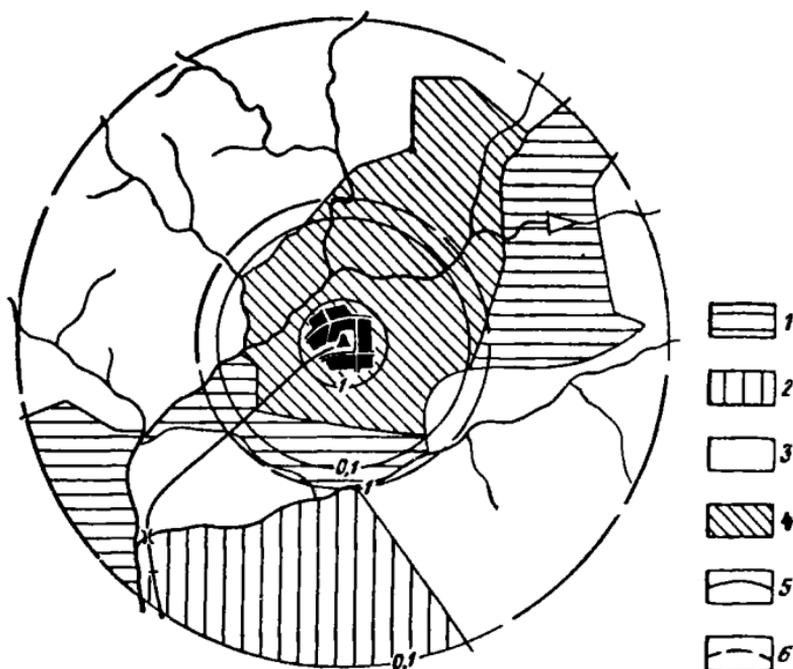


Рис. 9.2. Схема к оценке воздействия на ППК:

1 — сельскохозяйственные угодья; 2 — лесохозяйственные угодья; 3 — земли госземзавнаса; 4 — городские земли; 5 — изолиния концентрации пыли; 6 — изолиния концентрации SO_2 .

Структура зоны воздействия

Структурная единица ППК	Зона воздействия, га	
	пылью и SO ₂	SO ₂
1. Аграрное звено		
Сельскохозяйственные угодья	1805	12707
Лесохозяйственные угодья	942	36115
Земли госзапаса	1413	10700
2. Коммунально-бытовое звено		
Жилая зона города	1308	—
Рекреационная зона	2382	7358
Всего	7850	66800

Структура природно-промышленного комплекса в границах зоны воздействия приведена в табл. 9.2.

В табл. 9.2 нет объектов промышленного звена, которые представлены в данном случае только источником воздействия.

При суммарном воздействии двух и более загрязненных веществ иногда для укрупненных расчетов применяется метод приведения массы пылегазовых выбросов с использованием «эталонного значения ПДК», равного, например, 1 мг/м³. Тогда индекс токсичности I_i конкретного вещества определится как

$$I_i = \frac{ПДК_0}{ПДК_i}, \quad (9.21)$$

а приведенная масса пылегазового выброса предприятия рассчитывается из выражения

$$M_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n I_i M_i. \quad (9.22)$$

В рассматриваемом примере после определения приведенной массы выброса была рассчитана годовая нагрузка на 1 га площади, находящейся под воздействием, которая для зоны воздействия пылью и SO₂ составила 0,472, а только SO₂ — 0,262 т. С учетом структуры ППК в различных зонах годовой экономической эффект составил соответственно 25,5 тыс. и 33,2 тыс. руб.

Расчет показывает, что несмотря на значительное превышение площади воздействия только диоксидом серы (~10 раз) над площадью суммарного воздействия, экономический показатель изменился незначительно, что указывает на высокую степень опасности суммарного воздействия пылью и SO₂. Применение интегрированного показателя, каким является экономический ущерб, указывает на необходимость и целесообразность его использования при оценке воздействия производства на природную среду.

9.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОЗДУШНЫЙ БАСЕЙН И УПРАВЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

В соответствии с ГОСТ 17.2.3.02—78, показателем, определяющим допустимую степень воздействия на воздушный бассейн, является предельно допустимый выброс (ПДВ), который для одиночного источника выброса с круглым устьем может быть рассчитан по формуле

$$ПДВ = \frac{(ПДК - c_{\phi}) H^2}{AFm\eta} \sqrt[3]{V_i \Delta T}. \quad (9.23)$$

Входящие в формулу (9.23) величины те же, что и при расчете приземной концентрации. При расчете ПДВ в качестве критерия использовано условие: максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ даже в неблагоприятных метеорологических условиях не превышает ПДК, установленное для населенных пунктов. При этом вклад данного источника должен быть еще меньше: $ПДК - c_{\phi}$, где c_{ϕ} — концентрация от всех других источников загрязнения атмосферы как на самом предприятии, так и в зоне его влияния. Это накладывает жесткие, часто невыполнимые условия на технологические процессы производства, а при значительной удаленности населенных пунктов делает расчет не совсем корректным, так как оценка состояния воздушного бассейна в «расчетной точке», за которую принимается ближайшее к предприятию место населенного пункта, не выявит отклонения из-за больших расстояний.

Вместе с тем в зоне влияния предприятия могут оказаться объекты аграрного звена, которым в результате загрязнения атмосферы может быть нанесен экономический ущерб. В этом случае оценка состояния природной среды должна включать определение изменения продуктивности сельскохозяйственных угодий, возникшего в результате загрязнения атмосферы, а расчет показателей допустимой интенсивности воздействия должен строиться исходя из другого обоснования.

В основу такого обоснования может быть положен принцип максимализации экономического эффекта, который достигается в результате осуществления природоохранных мероприятий и определяется величиной превышения экономического результата над вызвавшими его затратами. Под экономическим результатом в рассматриваемом примере будем понимать величину предотвращенного экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству в результате загрязнения атмосферы.

В этом случае рассчитывается несколько значений ПДВ, достижение которых обеспечивается мероприятиями, которые выбираются методом вариантов из условия минимума приведенных затрат на их осуществление ($\sum_{k=1}^{L_k} Z_{ik} \rightarrow \min$).

Одновременно для каждого значения ПДВ определяется экономический ущерб. Условие выбора оптимального значения ПДВ — максимум превышения величины предотвращенного экономического ущерба над вызвавшими его затратами. Предотвращенный ущерб для каждого значения ПДВ равен разности фактического (на начало расчета) и остаточного (после достижения ПДВ) экономического ущерба

$$\left(Y_{\text{факт}} - \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^S y_{n,j} Q_{n,j} M_{n,j} \right) - \sum_{k=1}^{L_i} Z_{ik} \rightarrow \max, \quad (9.24)$$

где l — количество значений ПДВ; N — количество объектов, попадающих в зону влияния производства при l -м значении ПДВ; L_i — количество мероприятий, обеспечивающих достижение l -го значения ПДВ; $y_{n,j}$ — удельный ущерб от j -го загрязняющего вещества для n -го объекта; $Q_{n,j}$ — площадь n -го угодья, попадающего в зону влияния j -го вещества при l -м значении ПДВ; $M_{n,j}$ — масса j -го загрязняющего вещества, выпавшего на n -ю территорию; S — количество веществ, загрязняющих n -ю территорию.

В окончательный план показателей интенсивности воздействия кроме оптимального значения ПДВ могут быть внесены все промежуточные величины, которые являются временно согласованными выбросами (ВСВ).

Показатели допустимой интенсивности воздействия должны определяться в каждом конкретном случае исходя из цели, учитывающей как состояние природной среды, так и экономические факторы.

9.5. ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ОТ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИИ

В качестве примера методического подхода к определению плановых показателей охраны атмосферы на предприятиях рассмотрим расчет предельно допустимого выброса для одиночного точечного источника нагретых выбросов в атмосферу (табл. 9.3). На момент инженерно-экологического обследования источник выбрасывал в атмосферу три загрязняющих вещества с интен-

Таблица 9.3

Значения существующего и допустимого выброса

Загрязняющее вещество	Фактическая интенсивность выброса, г/с	Предельно допустимый выброс, г/с	Необходимая эффективность мероприятий, %
Пыль нетоксичная	14,9	0,7	99
SO ₂	6,2	2,3	82
CO	0,6	2,4	—

сивностью (г/с): пыль — 14,9; SO_2 — 6,2 и CO — 0,6. Они приняты в качестве исходных на момент разработки плановых показателей. Предельно допустимый выброс, который необходимо обеспечить для достижения безопасного загрязнения на любом расстоянии от его источника при самых неблагоприятных метеорологических условиях, рассчитывается по формуле (9.23). При этом следует иметь в виду, что фактический выброс также принят максимальным из всех возможных режимов работы источника воздействия.

Расчет предельно допустимого выброса по каждому загрязняющему веществу показывает, какой показатель интенсивности воздействия необходимо достичь, чтобы обеспечить выполнение поставленной задачи. При этом важно отметить возможность выброса CO даже в больших количествах, чем фактически, т. е. на данном этапе разработки комплексной программы планировать мероприятия по снижению выброса CO необходимости нет. Таким образом, фактическая интенсивность выброса становится плановой на любой период реализации программы.

Приведенный пример показывает, что в процессе выбора природоохранных мероприятий необходимо одновременно сокращать выбросы пыли и SO_2 . Если снижение выброса пыли может быть решено путем внедрения технического мероприятия (например, установки рукавных фильтров с эффективностью улавливания более 99%), то вопрос с улавливанием SO_2 в этом случае остается нерешенным, а значит и поставленная задача по охране воздушного бассейна.

Необходимо отметить, что охрана воздушного бассейна, особенно в крупных ППК с многочисленными источниками выброса загрязняющих веществ, очень сложная задача и требует ее поэтапного решения. Это не значит, что предприятия должны ждать, когда, например, будут разработаны и внедрены компактные аппараты по улавливанию NO_x , SO_2 и других газообразных соединений при небольшой интенсивности их выделения. Поэтому, определив, плановый показатель на конец реализации комплексной схемы, необходимо разработать программу поэтапного достижения конечного результата. Методически здесь возможны два подхода.

1. Выбираются возможные мероприятия, поэтапное внедрение которых обеспечит достижение ПДВ для каждого источника воздействия по каждому загрязняющему веществу. Для мероприятия определяются показатели его экологической эффективности, которые становятся плановыми на момент его внедрения. Такой подход может быть проиллюстрирован табл. 9.4.

2. Вносится корректировка в процесс формулирования стратегической задачи, которая разбивается на отдельные этапы, каждый из которых позволяет добиться предельного результата.

2.1. Достижение ПДК в «расчетной точке» на границе жи-

Планирование достижения ПДВ

Загрязняющее вещество	Фактическая интенсивность выброса, г/с	Мероприятие	Интенсивность выброса после внедрения мероприятия, г/с			
			ВСВ-1	ВСР-2	ВСВ-3	ПДВ
Пыль нетоксичная	14,9	№1	12,5	—	—	—
		№2	—	43	—	—
		№3	—	—	2,9	—
		№4	—	—	—	0,7
SO ₂	6,2	№1	3,1	—	—	—
		№2	—	—	—	2,3

лого массива от всех источников выброса каждого загрязняющего вещества с учетом фоновых концентраций при скорости ветра, наиболее часто встречающейся в данном направлении (ВСВ-1).

2.2. Достижение ПДК в «расчетной точке» на границе жилого массива от всех источников выброса с учетом фоновых концентраций при неблагоприятных метеорологических условиях (ВСВ-2).

2.3. Достижение ПДК на границе санитарно-защитной зоны предприятия от всех источников выброса загрязняющим веществам в неблагоприятных метеорологических условиях (ВСВ-3).

2.4. Достижение ПДК от всех источников выброса каждого загрязняющего вещества с учетом фоновых концентраций в любой точке в неблагоприятных метеорологических условиях (ПДВ).

Определив показатели интенсивности выброса, для каждого из перечисленных вариантов выбирают мероприятия, позволяющие достичь эти промежуточные показатели (2.1—2.3), которые называют временно согласованным выбросом (ВСВ), так как их принятие в качестве плановых требует согласования с контролирующими органами.

Второй подход к определению промежуточных плановых показателей более предпочтителен, так как позволяет решать конкретные природоохранные задачи. Мероприятия в этом случае обязательно должны включать график работы предприятия в неблагоприятных метеорологических условиях. Такой график должен быть разработан как мероприятие № 1. Он должен предусматривать соответствующий режим работы оборудования при возникновении неблагоприятных метеорологических условий.

Выбор и обоснование мероприятий по охране воздушного бассейна в общем случае производится в следующей последовательности,

На первом этапе выбирается вариант главных задач по охране воздушного бассейна. Для предприятия по добыче полезных ископаемых могут быть сформулированы четыре варианта таких задач:

сохранение состояния воздушного бассейна и степени улавливания ценных компонентов на достигнутом уровне;

улучшение состояния воздушного бассейна в зоне действия предприятия до санитарных норм;

улучшение состояния воздушного бассейна для повышения продуктивности сельскохозяйственных, лесных и других угодий в зоне действия предприятия;

повышение эффективности улавливания ценных компонентов, не представляющих опасности по загрязнению воздушного бассейна.

На втором этапе производится обоснование плановых показателей по периодам реализации комплексного плана охраны воздушного бассейна исходя из требований к качеству атмосферного воздуха в различных структурных звеньях природно-промышленного комплекса.

На третьем этапе выбираются технически возможные инженерные, экологические и организационные мероприятия по каждому источнику загрязнения с учетом метеорологических условий, определяющих эффективность рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

Выбор варианта главных задач по охране воздушного бассейна производится на основе результатов оценки его фактического состояния в зоне действия предприятия с учетом вклада в загрязнение других промышленных объектов, а также предприятий коммунально-бытового и аграрного звена в следующей последовательности.

1. Первый вариант главных задач выбирается в том случае, если при расчете рассеивания загрязняющих веществ от всех организованных источников загрязнения с учетом фоновой концентрации концентрация загрязняющих веществ в любой точке не превышает санитарных норм, установленных для рабочей зоны, коммунально-бытового звена, рекреационных объектов. При этом на промплощадке, а также на площади земельного отвода должны быть учтены выбросы неорганизованных источников загрязнения, и концентрация в зонах их действия должна быть определена как суммарная с концентрацией от организованных выбросов. Аналогично определяется концентрация в «расчетных точках» коммунально-бытового звена, вблизи рекреационных объектов, где кроме организованных выбросов необходимо учесть работу автомобильного транспорта, пыление дорог и выбросы других неорганизованных источников загрязнения.

Если с учетом всех перечисленных выше требований соблюдается условие (9.1) или при наличии веществ, обладающих

суммацией, условие (9.2), то выбирается первый вариант главных задач.

В этом случае разработка комплексного плана охраны воздушного бассейна ведется исходя из перспективных планов развития производства с учетом появления новых источников загрязнения воздушного бассейна.

2. Второй вариант главных задач выбирается в том случае, если при расчете рассеивания загрязняющих веществ от всех организованных источников загрязнения с учетом фоновой концентрации и концентрации от неорганизованных источников загрязнения получено превышение соответствующих предельно допустимых концентраций в жилом массиве или в рабочей зоне.

В этом случае разработка комплексного плана охраны воздушного бассейна строится исходя из необходимости достижения санитарных норм определенными источниками загрязнения и особенностей климатических условий в зоне действия предприятия.

3. Третий вариант главных задач выбирается в том случае, когда предприятие находится далеко от объектов коммунально-бытового звена и требования к состоянию воздушного бассейна не могут быть определены по санитарным нормам. В то же время в зону действия предприятия попадают объекты аграрного звена: сельскохозяйственные, лесохозяйственные или рыбохозяйственные угодья, которым наносится ущерб из-за загрязнения воздушного бассейна.

В этом случае разработка комплексного плана охраны воздушного бассейна строится исходя из требований, которые предъявляются к его состоянию со стороны объектов аграрного звена, а показателем, определяющим эффективность мероприятий по охране воздушного бассейна, будет величина снижения экономического ущерба от недополучения продукции.

4. Четвертый вариант главных задач выбирается в том случае, когда предприятие полностью выполняет все санитарные нормы охраны воздушного бассейна в зоне его действия и на рабочих местах, но имеются потери ценных компонентов в результате выброса их в атмосферу. Этими компонентами могут быть как газы, представляющие ценность для других отраслей производства, так и твердые вещества, улавливание и утилизация которых может сократить потери природных или материальных ресурсов, обеспечить их повторное использование.

В этом случае разработка комплексного плана охраны воздушного бассейна ведется исходя из ценности улавливаемых и утилизируемых ресурсов и технических возможностей решения поставленной задачи. Показателем, определяющим эффективность мероприятий, будет превышение доходов от улавливания и утилизации ресурсов над расходами по осуществлению этих мероприятий.

Планирование показателей по периодам их реализации в зависимости от выбранного варианта главных задач производится путем определения количества загрязняющих веществ, которые можно выбросить в атмосферу с учетом удовлетворения требований к качеству атмосферного воздуха. Показатели планируются по каждому источнику загрязнения и в целом по предприятию.

При реализации первого варианта главных задач для каждого вновь строящегося объекта и для всех его источников загрязнения производится расчет предельно допустимого выброса по формуле (9.23).

Рассчитанный показатель должен быть использован для выбора варианта технологии или мероприятий по улавливанию загрязняющих веществ на стадии проектирования вновь вводимого объекта, имеющего источник загрязнения воздушного бассейна.

Однако в некоторых случаях обеспечение ПДВ для вновь вводимого в эксплуатацию объекта может оказаться технически недостижимо или экономически нецелесообразно. В этом случае на момент ввода нового объекта должны быть предусмотрены мероприятия на действующих объектах, снижающие фоновую концентрацию загрязняющих веществ в «расчетной точке» и позволяющие обеспечить ПДВ для вновь вводимого. Показатели, обеспечивающие указанное выше условие, будут плановыми.

При реализации второго варианта главных задач, когда требуется обеспечить санитарные нормы атмосферного воздуха в зоне действия предприятия, плановые показатели по периодам реализации комплексного плана охраны воздушного бассейна могут быть установлены путем расчета ПДВ для отдельных источников и для предприятия в целом, для чего определяют количества загрязняющих веществ:

которые можно выбрасывать в атмосферу при определенных погодных условиях, отличных от неблагоприятных, при соблюдении предельно допустимых концентраций в «расчетных точках» (жилой массив, рекреационные объекты) при различных направлениях ветра. После выбора мероприятий данные показатели утверждаются контролирующими организациями в качестве ВСВ-1;

которые можно выбросить в атмосферу при неблагоприятных погодных условиях и опасных направлениях ветра (на жилой массив) при соблюдении санитарных норм в расчетной точке. После выбора мероприятий данные показатели утверждаются контролирующими организациями в качестве ВСВ-2;

которые можно выбросить из отдельного источника загрязнения при условии, что максимальная приземная концентрация от данного источника не превысит ПДК при любых погодных условиях (ВСВ-3);

при которых обеспечиваются санитарные нормы воздуха на границе санитарно-защитной зоны предприятия при любом направлении ветра в неблагоприятных погодных условиях (ВСВ-4);

при которых обеспечиваются санитарные нормы воздуха в любой точке промплощадки предприятия (ВСВ-5). Эти показатели могут быть приняты за конечные в данном варианте главных задач комплексного плана охраны воздушного бассейна.

При реализации третьего варианта главных задач, когда требования к состоянию воздушного бассейна устанавливаются на стадии разработки комплексных схем охраны земельных и водных ресурсов, показатели по периодам реализации комплексного плана охраны воздушного бассейна определяются путем расчета ПДВ для отдельных источников и для предприятия в целом в следующей последовательности.

Определяются количества загрязняющих веществ, которые можно выбросить в атмосферу при условии:

затраты на мероприятия должны окупиться за счет прироста объемов сельскохозяйственной, лесохозяйственной, рыбохозяйственной продукции (снижения или ликвидации экономического ущерба), достигаемого в результате снижения степени вредного влияния загрязнения атмосферы на соответствующие уголья (ВСВ-1);

недопущения экономического ущерба от недобора сельскохозяйственной, лесохозяйственной и рыбохозяйственной продукции, когда вложенные в мероприятие затраты окупаются в нормативные сроки за счет полученного результата в аграрном звене (ВСВ-2);

недопущения накопления загрязняющих веществ в сельскохозяйственной, лесохозяйственной и рыбохозяйственной продукции за период ее выращивания и созревания (ВСВ-3). Эти показатели могут быть приняты за конечные плановые в данном варианте главных задач комплексного плана охраны воздушного бассейна.

При реализации четвертого варианта главных задач, когда требуется обеспечить улавливание и утилизацию ценных компонентов или ресурсов (материалов, газов, металлов, тепла) плановые показатели определяются в зависимости от технических возможностей реализации данного мероприятия и экономической эффективности их внедрения за счет вовлечения в производство вторичных энергетических и материальных ресурсов или дополнительного извлечения (использования или снижения потерь). При этом плановые показатели определяются из расчета количества веществ:

которые требуется уловить и утилизировать для достижения нормативных показателей их использования (потерь);

которые необходимо уловить и утилизировать для достижения показателей передовых предприятий в отрасли;

которые можно уловить и утилизировать с учетом научных и технических достижений в нашей стране и за рубежом.

Эти показатели могут быть приняты за конечные плановые в данном варианте главных задач комплексного плана охраны воздушного бассейна.

Как было сказано, выбор мероприятий по охране воздушного бассейна производится из всех возможных (инженерных — технологических и технических, экологических и организационных) методом вариантов. При этом в общем случае целесообразно придерживаться следующей последовательности.

Первоначально рассматриваются все возможные технологические мероприятия, которые можно разделить на: связанные с совершенствованием или заменой источника выделения (котла, двигателя, дробилки, грохота, конвейера; погрузочного устройства и т. д.); предполагающие замену или изменение качества используемых материалов и добавок (топлива, флокулянтов, растворителей, наполнителей, взрывчатых веществ и т. д.); направленные на замену технологии ведения работ (например, взрывной отбойки на механическую; автомобильного транспорта на конвейерный или трубопроводный; складирования пород в отвалы на закладку выработанных пространств и т. д.).

Возможен вариант, когда применение даже самой совершенной технологии не может обеспечить полную ликвидацию выбросов в атмосферу. В этом случае рассматриваются следующие технические мероприятия: устройство аспирационных систем и установок пылегазоулавливающего оборудования; определение оптимальных для данных условий параметров источника выброса; создание замкнутых схем использования газовойдушной смеси.

Экологические мероприятия, связанные с охраной воздушного бассейна, предполагают использование свойств атмосферы к рассеиванию загрязняющих веществ (абиотические мероприятия). Они применяются в том случае, если выброс загрязняющих веществ не превышает установленной нормы (ПДВ). В некоторых случаях можно использовать свойства растительности задерживать (пыль) или поглощать (газ) загрязняющие вещества (биотические мероприятия) для чего в пределах санитарно-защитной зоны предприятия создаются ветрозащитные полосы.

Большую роль в охране воздушного бассейна играют организационные мероприятия, которые в первую очередь связаны с ликвидацией источников загрязнения, их передислокацией (планировочные мероприятия). Такая задача чаще всего может решаться только в рамках территориальной межотраслевой структуры (ППК, ТПК). Оперативные мероприятия разрабатываются одновременно для всех предприятий района (города)

в виде графиков работы источников загрязнения в неблагоприятных метеорологических условиях.

Окончательно мероприятия по охране воздушного бассейна выбираются в результате экономического сравнения вариантов (см. 9.4).

Контрольные вопросы

1. Изучить методику расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.
2. Выполнить расчет рассеивания на ЭВМ для условий, приведенных в табл. 9.5, и дать оценку состояния природной среды.

Таблица 9.5

Вариант	M, т/с	H, м	φ ₀ , м/с	V ₁ , м ³ /с	D, м	T, °C	A	η	Вещество	Степень улавливания, %
1	10	40	Определить	5	2,4	120	160	1,4	Сажа	—
2	20	100		10	3	100	180	1,2	»	—
3	15	20		4	1,5	Наружного воздуха	240	3,5	Пыль цементная	60
4	10	80		15	2	120	200	1,6	»	—
5	7	12		3,5	0,6	Наружного воздуха	160	1,8	Пыль известняка	—

3. Как определить зоны влияния и воздействия для источника загрязнения воздушного бассейна?

4. Изучить методики определения загрязняющих веществ в промышленных выбросах.

10. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ ДЕЙСТВИЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

10.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Воздействие на ландшафт при добыче и переработке полезных ископаемых оценивается превышением предельно допустимой нагрузки, способной привести к необратимым изменениям и невозможности выполнения им социально-экономических функций. Уровень такой нагрузки фиксируется наблюдением за развитием каждого природного компонента. Результаты конт-

роля представляются в качестве обоснования необходимости разработки природоохранных мероприятий. Фактическое снижение степени загрязнения биогеоценозов и восстановление режимов обмена веществ служат критерием эффективности очистки пылегазовых выбросов, промышленных стоков и рекультивации земель.

Контроль состояния природной среды заключается в регистрации и оценке отдельных показателей, значение которых может находиться в широком диапазоне. Определенная часть такого интервала относится к оптимальной. В общем случае лимитируется верхняя граница диапазона, которая нарушается при техногенном воздействии.

Из признаков, указывающих на состояние природных объектов с точки зрения инженерной экологии, измеряемых контролируемыми показателями, служат свойства отдельных компонентов, определяющие биологическую продуктивность структурных единиц ландшафта. К таким свойствам относятся, например, динамика и состав атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод (за счет которых в основном происходит миграция обменных веществ), элементное содержание абиотических составляющих экосистем (определяющее обеспеченность питательными веществами), а также видовое разнообразие биоценозов (способствующее устойчивости к воздействию).

На основании данных контроля производится экологическая экспертиза производства по натуральным показателям. К особой группе таких показателей относятся санитарные требования к качеству природной среды.

Службами предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых ведется контроль за нарушением и загрязнением природных объектов, выбросами в атмосферу и сбросами со сточными водами вредных веществ. Состав показателей, методика наблюдений, обработка и представление результатов стандартизированы.

10.2. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Основные контролируемые характеристики динамических атмосферных процессов — температура воздуха, атмосферное давление, относительная влажность, количество атмосферных осадков, скорость и направление ветра, прямая и рассеянная солнечная радиация.

Значения перечисленных показателей определяют степень концентрации или рассеивания загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, уязвимость природных комплексов зоны поражения.

Метеорологические данные измеряются на специализированных постах государственной сети гидрометеорологической служ-

бы СССР и публикуются в периодических справочных изданиях. Параметры атмосферных процессов отражаются с суточным, декадным и месячным осреднением в табличной форме. К материалам наблюдений прилагаются подробные комментарии с указанием положения метеостанции или метеопоста, правил пользования табличной информацией при расчетах суммарных и производственных величин и оценки точности результатов. Как правило, исходные показатели требуют определенную разбивку или группировку. Производится, например, выделение хода и средней величины температуры воздуха для отопительного сезона и теплого периода года, отражение динамики атмосферных осадков с разделением на дождевые, смешанные и снежные, суммирование поступающей прямой солнечной радиации за активный вегетационный период (между среднесезонными датами перехода температуры воздуха через 0°C). Цифровые данные иллюстрируются графиками и диаграммами (рис. 10.1—10.3).

К наиболее ответственным показателям относятся результаты контроля качества воздуха в зоне загрязнения промышлен-

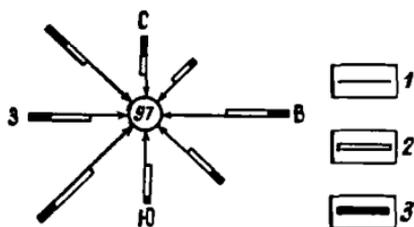


Рис. 10.1. Частота встречаемости ветров со скоростью ≤ 2 м/с (1), 2–5 м/с (2), > 5 м/с (3); 97 — среднее многолетнее количество штилей в году

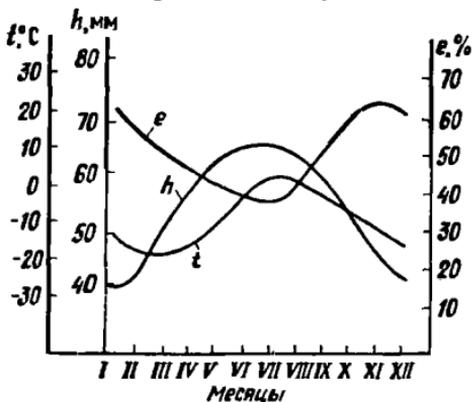


Рис. 10.2. График изменения температуры приземного слоя атмосферы (t $^{\circ}\text{C}$), относительной влажности воздуха (e) и атмосферных осадков (h) в течение года

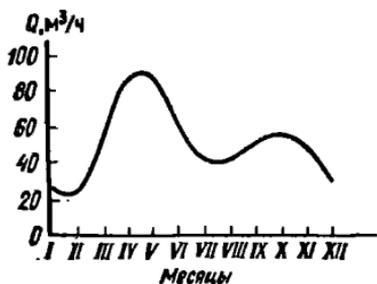


Рис. 10.3. График расхода воды в реке по месяцам (гидрограф)

ным предприятием. Правила наблюдений регламентируются ГОСТ 17.2.3.01—86.

В соответствии с данным документом устанавливаются три категории постов наблюдений: стационарный, маршрутный и передвижной (подфакельный). Стационарные посты предназначены для определения долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных загрязняющих веществ; маршрутный — для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке с помощью передвижного оборудования; передвижной (подфакельный) — для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны воздействия данного источника.

Стационарные и маршрутные посты размещаются на основании предварительного обследования с охватом типовых участков наиболее интенсивного загрязнения, зон отдыха и на границе санитарно-защитной зоны с согласованием местных органов Государственного комитета СССР по гидрометеорологии. Число стационарных постов в зависимости от численности населения устанавливается не менее: 1 пост — до 50 тыс. жителей, 2 — 100 тыс., 2—3 — 100—200 тыс., 3—5 — 200—500 тыс., 5—10 — более 500 тыс., 10—20 — более 1 млн. жителей.

Наблюдения на постах выполняются по определенным программам: полной, неполной, сокращенной или суточной.

При полной программе устанавливаются разовые и среднесуточные концентрации. Регистрация загрязнения воздуха производится с помощью автоматических анализаторов или дискретно в 1, 7, 13, 19 ч местного декретного времени. Сокращенная программа предусматривает определение разовых концентраций ежедневно в сроки 7 и 13 ч местного декретного времени. Переход к сокращенной программе допускается при температуре ниже -45°C и в местах, где среднемесячные концентрации снижаются более чем в 20 раз по сравнению с ПДК. Суточная программа предназначена для получения значения средней концентрации путем непрерывного суточного отбора проб.

Одновременно с отбором проб воздуха определяют следующие метеорологические параметры: направление и скорость ветра, температуру воздуха, состояние погоды и подстилающей поверхности (выпадение осадков, туман, изморозь, гололедица и т. д.). На опорных стационарных постах проводятся наблюдения за содержанием пыли, сернистого газа, оксида углерода, диоксида азота (основные загрязняющие вещества) и за специфическими веществами, которые характерны для промышленных выбросов конкретных предприятий.

Продолжительность отбора проб загрязняющих веществ при определении разовых концентраций составляет 20—30 мин. Измерение среднесуточных концентраций производится непрерывным отбором в течение 24 ч. Отбор проб проводится на высоте

1,5—3,5 м от поверхности земли. Конкретные требования к способам и средствам отбора, необходимым реактивам, условиям хранения и транспортирования образцов, индивидуальным для каждого загрязняющего вещества, устанавливаются в нормативно-технических документах на методы определения химических соединений.

По данным о загрязнении атмосферы определяют величины концентраций примесей: разовые (20—30 мин), среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые. При вычислении среднесуточные концентрации определяются как среднее арифметическое значение разовых концентраций. Среднемесячные и среднегодовые концентрации рассчитываются как среднее арифметическое значение всех разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение месяца или года.

Согласно СН 245-71 выбросы в атмосферу лимитируются такими величинами, чтобы при рассеивании примеси не превышали: на территории предприятия 30% максимально разовой концентрации, установленной для рабочей зоны ($0,3 \cdot ПДК_{р.з}$); в воздухе населенного пункта — максимально разовой концентрации ($ПДК_{м.р}$); в воздухе населенных пунктов с населением более 200 тыс. чел и в курортных зонах $0,8 \cdot ПДК_{м.р}$.

10.3. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Состояние поверхностных, почвенных и подземных вод с экологических позиций определяется средообразующим эффектом данного компонента природной среды. В этом смысле контролю подлежат показатели динамические и вещественного состава, характеризующие прямое воздействие на процессы, развивающиеся в непосредственном контакте с источником.

При добыче полезных ископаемых между горными выработками и гидрологическими объектами развиваются определенные гидравлические связи. Изменение параметров подземного стока приводит к смене режима (типа) водного питания биогеоценозов, нарушению обмена минеральных веществ в экосистемах суши и баланса притоков и расходов в водных биоценозах, а также к истощению водного ресурса.

Основные контролируемые показатели речных водотоков следующие: скорость течения (м/с), расход ($м^3/с$), продолжительность фаз состояния (ледостав, ледоход). На озерах регистрируются уровень воды, периоды формирования сплошного ледового покрова, ледостава и таяния (схода) льда. Гидрологические данные измеряются на специализированных станциях и постах сети Госкомгидромета СССР и публикуются в гидрологических ежегодниках.

Подземные воды контролируются по сети режимных наблюдательных скважин, пробуренных до соответствующего горизонта распространения запасов, пригодных для водоснабжения. Измерению подлежит уровень поверхности безнапорных подземных вод (или величина напора). Контроль осуществляется гидрогеологическими подразделениями Мингео СССР и предприятий горнодобывающих отраслей.

Необходимым элементом контроля за состоянием водных ресурсов служит наблюдение за водопритоком в горные выработки. К одной из основных задач наблюдательной службы горного предприятия относятся фиксирование и сопоставление величин роста дренажа ($\text{м}^3/\text{сут}$), повышение уровня подземных вод ($\text{м}/\text{сут}$) и атмосферных осадков ($\text{мм}/\text{сут}$). На основании этих данных оценивается теснота гидравлических связей между горными работами и биогеоценозами. Для установления уязвимости экосистем суши при воздействии на них процессов добычи рассчитывается коэффициент корреляции γ по формуле

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})(h_i - \bar{h})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2 \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}}, \quad (10.1)$$

где n — количество сопоставляемых наблюдений; V_i, h_i — шахтный (карьерный) водоприток ($\text{м}^3/\text{сут}$) и суточная сумма осадков (мм) при i -м измерении; \bar{V}, \bar{h} — средние величины суточных водопритоков и осадков за период наблюдений.

При прямопропорциональной зависимости V от h (с учетом времени запаздывания эффекта V относительно момента регистрации фазы h) коэффициент корреляции γ стремится к 1. Если гидравлическая связь отсутствует, то $V=0$.

В результате замены h_i в формуле (10.1) на уровень воды водоема (или водотока), изменяющегося за счет приема стоков за пределами воздействия добычи полезного ископаемого, выявляется фактическая гидравлическая связь водного биоценоза с горными выработками.

Выполнение контроля состояния водного бассейна необходимо для заблаговременного выявления тенденций к недопустимому сокращению запасов поверхностных вод и почвенной влаги или к переувлажнению поверхностных отложений и заболачиванию земель. Показатели, которые используются для обнаружения признаков негативных процессов следующие; изменение мощности зоны аэрации H (расстояние от земной поверхности до уровня подземных вод сплошного распространения); распределение долей поверхностного стока, подземного стока в пределах зоны аэрации, стока в подземные воды с постоянным уровнем и капиллярной влаги от величины атмосферных осад-

ков. Характеристики миграции подземных вод, включая восходящие потоки капиллярной влаги, определяются свойствами вмещающих пород и изменяются при сокращении или увеличении H .

Количество и места размещения наблюдательных скважин определяются неоднородностью строения геологического фундамента. В общем случае при контроле воздействия добычи и переработки полезного ископаемого выделяются направления наибольшего и наименьшего изменения признаков. Скважины пробуриваются по линии в количестве, позволяющем по однородному участку построить график изменения параметра по профилю аппроксимацией результатов измерения прямой или кривой 2-го и 3-го порядка.

Важнейший критерий воздействия промышленного производства на природную среду — распространение загрязняющих веществ с поверхностными и подземными водами. К характерной особенности горного производства относятся наличие организованных сбросов загрязняющих веществ с поверхностным стоком и распространение продуктов выщелачивания из отвалов вскрышных и вмещающих пород складов сырья, промпродуктов и твердых отходов.

Устанавливается 4 категории пунктов контроля.

Пункты 1-й категории располагаются на средних, больших водоемах и водотоках, имеющих важное народнохозяйственное значение, в городах с населением свыше 1 млн. чел. в районах повторяющихся аварийных сбросов и заморных явлений среди водных организмов. Пункты 2-й категории размещаются в районах со средней загрязненностью воды, расположения городов с населением от 0,5 до 1 млн. чел. Пункты 3-й категории устанавливаются на реках и озерах у городов с населением до 0,5 млн. чел. в устьях водопритоков, где наблюдается низкая загрязненность воды. Пункты 4-й категории устанавливаются на незагрязненных водоемах и водостоках, расположенных на территории заповедников и природных национальных парков.

Пункты контроля включают один или несколько створов. Один створ используется для фоновых измерений при отсутствии загрязняющих веществ. Для контроля процессов разбавления промышленных стоков наблюдения ведутся, как правило, по трем створам. На первом створе регистрируется фоновая концентрация ингредиентов, и наблюдения выполняются выше сброса по течению реки. Второй створ устанавливается на месте полного смешения сточных вод, третий — на расстоянии разбавления загрязняющих веществ до ПДК, которое согласовывается с инспектирующими организациями.

При контроле качества воды водоема используется не менее трех створов равномерно по всей акватории или, при локализации зоны загрязнения, один совмещается с выпуском промсто-

ков, а другие два — располагаются по обе стороны на границе ареала распространения загрязняющих веществ с концентрацией, превышающей ПДК.

Створ представляет собой линию, перпендикулярную к течению и пересекающую по всей ширине водоток, или линию, перпендикулярную к береговой линии водоема, пересекающую всю полосу загрязнения. Вдоль этой линии производятся гидрологические измерения и отбор проб воды по всей толще от дна до поверхности (по вертикали).

Количество вертикалей на створе и точек измерения на вертикали устанавливаются из условий достижения устойчивых средних величин оцениваемых параметров, что зависит от неоднородности водных потоков и стратификации водной толщи.

Перечень определяемых показателей качества воды водоемов и водотоков устанавливается в зависимости от целевого использования объекта и состава сбрасываемых сточных вод. Измерения на пунктах контроля производятся по специальным программам. Выполнение контроля по определенной программе определяется продолжительностью периода между наблюдениями и категорией пункта контроля (табл. 10.1 и 10.2).

Таблица 10.1

Контроль водоемов и водотоков по гидрологическим и гидрохимическим показателям

Периодичность проведения контроля	Программы контроля для пунктов контроля категорий			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Ежедневно	Сокращенная № 1	Визуальные наблюдения	—	—
Ежедекадно	Сокращенная № 2	Сокращенная № 1	—	—
Ежемесячно	Сокращения № 3			—
В основные фазы водного режима	Обязательная			

Таблица 10.2

Контроль водоемов и водотоков по гидробиологическим показателям

Периодичность проведения контроля	Программы контроля для пунктов контроля категорий			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Ежемесячно	Сокращенная		Сокращенная в активный вегетационный период	—
Ежеквартально	Полная			

Всего стандартных программ контроля 6, из них 4 предусматривают определение гидрологических и гидрохимических показателей и 2 — гидробиологических.

Сокращенная программа 1 от обязательной отличается последовательным нарастанием оцениваемых свойств водной среды. Например, по программе № 1 предусмотрено определение скорости течения, м/с, и расхода, м³/с (для водоема — уровня воды, м); температуры, °С; концентрации растворенного кислорода, мг/л; удельной электропроводности, см/см. Далее, добавляются водородный показатель (рН), концентрация взвесей (мг/л), химическое потребление кислорода (ХПК, мг/л), биохимическое потребление кислорода за 5 сут (БПК₅, мг/л): концентрация двух-трех ингредиентов, характерных для данного участка, и т. д.

Программы определения гидробиологических показателей делятся на полную и сокращенную. Сокращенной предусматривается определение обилия и видового многообразия фито- и зоопланктона, зообентоса и перифитона (обрастания). Из состава организмов и растений, закрепляющихся на донных отложениях (соответственно зоопланктона и перифитона), обитающих в свободноплавающем состоянии (планктона), находится доля видов, указывающих на степень сапробности водной экосистемы.

Сапробность, выражающаяся обилием простейших и сложных растительных и животных организмов, бурно развивающихся с увеличением органического загрязнения акваторий, служит показателем ответной реакции экосистемы на воздействие.

Полная программа определения гидробиологических показателей выполняется с целью детальной характеристики функционирования водной экосистемы. При этом измеряются: продукция фотосинтеза по выделению кислорода и содержанию хлорофилла, величина деструкции и т. д.

Основная задача гидробиологических наблюдений при контроле состояния водного бассейна — оценка фактического средообразующего эффекта промышленных стоков. В целях оперативной оценки значимость распространения загрязняющих веществ устанавливается по соотношению наблюдаемой и предельно допустимой концентрации ингредиентов.

Нормирование качества поверхностных вод, основано на исключении неблагоприятных последствий при хозяйственно-питьевом, рыбохозяйственном или другом водопользовании. Для вод питьевого назначения, например, предъявляются требования по микробиологическим, токсикологическим и органолептическим показателям. Первая группа лимитирующих показателей вредности представлена двумя величинами: не более 100 микроорганизмов в 1 см³ воды и не более 3 бактерий крупных кишечных палочек в 1 л воды. Во второй группе перечислено более

600 химических веществ, превышение концентрации которых опасно для здоровья человека, в третьей — учитываются требования к запаху, вкусу и привкусу, цветности и мутности в относительных единицах, а также приведены предельные концентрации веществ, определяющих органолептические свойства (например, не более 350 мг/л хлоридов (Cl^-), не более 7 мг-экв/л соединений, составляющих общую жесткость и т. д.).

Воды рыбохозяйственных водоемов оцениваются по рыбохозяйственным, токсикологическим и органолептическим лимитирующим показателям. ПДК некоторого вредного вещества по разным лимитирующим показателям и категориям водопользования, как правило, неодинакова.

При оценке содержания химических соединений по определенному лимитирующему признаку, обладающих суммацией действия, сопоставление концентраций выполняется по формуле (3.1).

В результате наблюдений на контрольном пункте производится определение требуемой очистки промстоков. Для этого, кроме измеренного превышения ПДК вещества, находящегося в наибольшем количестве относительно нормы, рассчитывается кратность разбавления ингредиента. Установление предельно допустимых сбросов (ПДС) входит в задачу контроля источника воздействия. Для определенных условий спуска (берегового, рассредоточенного и т. д.), морфологических особенностей водного объекта, характера течений и т. д. разработан ряд методик нормирования сбросов сточных вод и программ расчетов на ЭВМ.

Данные о наблюдении за состоянием воздушной и водной среды служат основой контроля соблюдения ПДВ, ПДС и правил хранения отходов производства. Значение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и поверхностных водах учитывается при установлении плат за нормативное загрязнение природной среды и штрафных санкций за сверхнормативные выбросы и сбросы.

В общем случае для конкретного предприятия плата за допустимые выбросы и сбросы пропорциональна доле его вклада в загрязнение, которая умножается на общую сумму затрат на природоохранные мероприятия по оцениваемой территории. В случае регистрации превышения содержания ингредиентов предельных норм источник воздействия (производство) штрафует на сумму, превышающую затраты предприятия на природоохранные мероприятия, необходимые для снижения выбросов и сбросов до установленных лимитов.

По каждому зафиксированному службами контроля случаю повышения норм концентрации загрязняющих веществ в пунктах наблюдений предприятиям составляется отчет о соблюдении режима очистки отходов и технологических процессов — источ-

ников образования соответствующих ингредиентов. На предприятиях ведется постоянный учет исправности работы технологического оборудования, который отражается в специальных журналах, имеющих стандартные формы.

10.4. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

При добыче полезных ископаемых почвы подвергаются самым различным изменениям. В пределах почвенных отложений наблюдаются процессы, развивающиеся в результате прямого воздействия и указывающие на формирование вторичных явлений (последствий).

В настоящее время к нормированным показателям отнесено содержание в почвенных растворах ряда веществ, превышение предельной концентрации которых приводит к их накоплению в кормовых и пищевых продуктах. В основном, в составе загрязняющих веществ оказываются ядохимикаты, применяемые в качестве средств борьбы с вредителями, возбудителями заболеваний растений и животных, а также удобрения, вносимые в повышенных дозах.

Общие требования к контролю и охране от загрязнения почв, а также требования к методам определения загрязняющих веществ регламентированы ГОСТ 17.3.3.04—85 и ГОСТ 17.4.3.03—85. Наблюдения за санитарным состоянием почв выполняются местными службами Минздрава СССР по стандартной номенклатуре показателей. Свойства, характеризующие качество почвенных отложений разделены на 4 группы: санитарно-химические, санитарно-бактериологические, санитарно-эпидемиологические и санитарно-энтомологические. К первой группе отнесено 14 признаков: пестициды (остаточное количество), мг/кг почвы; тяжелые металлы, мг/кг; канцерогенные вещества, мг/кг; нефть и нефтепродукты, мг/кг; и др. Вторая группа включает: термофильные бактерии, индекс; бактерии группы кишечной палочки, титр, клостридий перфригенс¹, титр; патогенные микроорганизмы (по эпидемиологическим показаниям), титр. К третьей группе отнесены жизнеспособные яйца и личинки гельминтов (паразитических червей, вызывающих глистные заболевания человека, животных и растений), шт/кг. Четвертую группу составляют жизнеспособные личинки и куколки синантропных мух, шт/кг (контактирующих с человеком и вне селитбы не размножающихся).

Для отдельных назначений землепользований состав показателей неодинаков и регламентирован ГОСТ 17.4.2.01—81, где указано определение признака: строго обязательное, обязатель-

¹ Анаэробный микроорганизм, постоянно обитающий в кишечнике человека и животных. В чистой почве отсутствует.

ное при наличии источника загрязнения и необязательное. Например, на территории санитарно-защитных зон предприятий содержание макро- и микрохимических удобрений не лимитировано.

С целью определения и контроля загрязненности и деградации почв, установления мероприятий по их охране каждым землепользователем, почвенный покров подлежит паспортизации (ГОСТ 17.4.2.03—86). В паспорте в установленной последовательности приводятся данные: о географическом положении объекта охраны; физико-географические условия местности; хозяйственное использование; характеристика источников воздействия и причин деградации почв; общие классификационные признаки, морфологические и водно-физические свойства всего почвенного слоя; характеристики каждого почвенного горизонта, указывающие на механизм обмена веществ; санитарное состояние. Методы отбора и подготовки проб, проведения химических, бактериологических и гельминтологических анализов описаны. Так, например, установлена частота опробования. Полный анализ проводится не менее 1 раза в год, тяжелые металлы контролируются 1 раз в 3 года, почвы территорий детских, лечебно-профилактических учреждений и зон организованного отдыха подвергаются анализу каждой весной и осенью. Собственно паспорт почв представляет собой перечень данных в унифицированной списочной форме, комплект бланков описания пробной площадки, почвенного разреза и сопроводительных талонов к образцам.

С точки зрения контроля состояния почвы, подверженной влиянию горного производства, основное значение приобретают показатели изменения механизма обменных процессов, механических нарушений поверхности и нарушений территориальной структуры покрова в районе ведения работ.

К одним из распространенных явлений, отражающихся на свойствах почвы, относятся деформации толщи пород в результате просадок. При достаточной независимости близповерхностных подземных вод от нижних дренируемых горизонтов опускание поверхности приводит к интенсификации восходящих потоков капиллярной влаги, подъему уровня подпочвенного водного горизонта и заводнению территории.

Данные процессы контролируются наблюдением за депрессией земной поверхности, насыщением влагой подстилающих пород и уровнем верховодки, относительно поверхности. Размещение пунктов контроля производится в центре и по периферии мульды проседания. Количество замерных точек для получения данных определяется сложностью контура территории, подверженной нарушению. При круговой или овальной форме мульды достаточно произвести наблюдения на концах наиболее протяженного и короткого профилей.

Депрессия поверхности может сопровождаться засолением почв или другой формой деградации, сопровождающейся сокращением содержания почвенного воздуха, разложением гумусовых кислот, оглеением (переходом трехвалентного железа в двухвалентное в условиях дефицита кислорода) и т. д. Эти процессы регистрируются при производстве почвенных анализов, методики которых гостированы.

Иногда смена режима почвенного водообмена приводит к положительным эффектам. В этом случае в задачу организации контроля входит оценка обратимости явления после завершения добычи полезного ископаемого. Положительное влияние выражается в дренировании подпочвенной влаги при избыточном атмосферном увлажнении экосистем суши.

К многочисленным нарушениям приводит механическое воздействие на почву. При добыче полезных ископаемых в районе размещения предприятия развивается широкая сеть коммуникаций (автодорог, трубопроводов, линий связи и электропередач). Возрастает частота движения по отдельным маршрутам тяжелой транспортной и ремонтной техники вне дорог. В результате повышения плотности линейных нарушений сплошности почвенного покрова отдельные его участки изолируются от почвенного стока влаги и иссушаются. На других участках поверхностный сток атмосферных осадков локализуется в линейные водотоки, и по склонам вдоль трасс образуются овраговые эрозионные борозды.

В районах распространения многолетнемерзлых пород механическое нарушение монолитности почвенных отложений, особенно линейной формы, резко усугубляется изменением термических характеристик обменных процессов. Воздействие на почву в этом случае нередко сопровождается развитием термоэрозионных борозд, термокарста в результате размораживания и вымывания грунтов относительно теплыми атмосферными осадками или водами, проникающими с разогреваемой солнцем поверхности.

Объектами контроля состояния почвенного покрова служат эрозионные новообразования, которые фиксируются визуально и обмеряются. Рост линейных размеров и образование новых нарушений оцениваются в зависимости от пригодности к использованию в народном хозяйстве угодий, подлежащих соответствующему восстановлению, в пределах которых наблюдаются негативные явления. Лимитирующей является площадь нарушенных земель, которая ограничивается земельным отводом.

На территории предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых сооружаются крупные хранилища отходов и горных пород, поверхность которых подлежит контролю. Данные сооружения лишены естественного почвенного покрова и их

поверхностные отложения слагаются потенциально плодородными грунтами. В целях контроля развития процессов, отрицательно влияющих на сопредельные экосистемы, производится наблюдение за ветровой эрозией (дефляции), плоскостным смывом, деформацией, оползневыми проявлениями и т. д.

Измерения данных показателей выполняются по специальным реперам, обнажающимся или засыпающимся при эрозии, перемещающимся или наклоняющимся при движении откосов.

Методы выполнения наблюдений и анализа результатов стандартизированы. Определение, например, классификационных признаков пригодности горных пород к использованию в качестве питательной среды для биоценозов основано на ГОСТ 17.5.1.03—86.

В данном регламентирующем документе в сводной табличной форме указаны диапазоны ряда величин, на основании которых породы делятся на пригодные, малопригодные и непригодные для использования в качестве поверхностных отложений. К диагностическим свойствам отнесены: рН водной вытяжки; сумма токсичных солей в водной вытяжке, %; алюминий подвижный, мг/100 при рН=6,5; натрий, % от емкости поглощения при рН=6,5; соотношение фракций менее 0,1 мм и более 3 мм, % и др. Другим примером может служить ГОСТ 26950—86, в котором регламентированы метод определения обменного натрия в почвах. В этом стандарте указывается порядок отбора образцов, приводится перечень необходимой аппаратуры, материалов и реактивов; описывается рецептура необходимых растворов, дается последовательность выполнения операций химических анализов; приводятся правила обработки формы представления результатов.

Растительность служит индикатором реакции природной среды на все воздействия, и, в частности, при добыче и переработке полезных ископаемых.

Методы прямого механического устранения растительного покрова очевидны. Данный компонент ландшафта ярко «физиономичен» и без труда фиксируется по ареалу распространения.

Определенные трудности представляют количественные оценки ответной реакции на загрязнение и нарушение биогеоценозов по свойствам, проявляющимся у отдельных растений и растительной группировки в целом. Известен ряд болезней многих видов растений, приобретающих массовое распространение при загрязнении атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод. Такие патологии, как некроз (омертвление), инвазия (поражение глистами, личинками насекомых), гигантизм или карликовые формы обнаруживаются по внешним проявлениям только в явной форме. Вместе с тем, в настоящее время получили распространение методы контроля растительного покрова, основанные на анализе морфологических признаков.

Наблюдения за растительностью выполняются совместно с фиксированием показателей загрязнения и нарушения. Сопоставление признаков ухудшения состояния фитоценоза и параметров воздействия, оценка коррелируемости процессов, в качестве меры тесноты причинно-следственных связей, главный элемент контроля. Это вызвано тем, что деградация растительности может быть следствием как совокупности большого количества равнозначных факторов ухудшения среды, так и действия конкретного источника.

Чаще других коэффициенты корреляции рассчитываются между величинами нарастания воздействия и ростом плотности увядающих экземпляров (или падением частоты встречаемости отдельных видов) в растительном покрове.

Контролирующие показатели при наблюдении за средообразующим эффектом добычи и переработки полезных ископаемых следующие: видовое обилие растительных группировок; продолжительность фаз вегетационного периода, встречаемость патологических форм отдельных растений; полнота, интенсивность возобновления и роста сообществ.

Методикой выполнения работ предусматривается фиксирование количества экземпляров растений определенного вида и соответствующего состояния по внешним признакам на пробных (контрольных) площадках. Измерению подлежат: возраст древесных пород, высота верхнего яруса, расстояние между отдельными деревьями.

Плотность и интенсивность роста многолетних растений оцениваются в относительных единицах (в единицах полноты и баллах бонитета). Полнота и бонитет находятся сопоставлением между контролируемой группировкой и эталонной для данного региона по плотности древостоя, отношению высоты и возраста. Для установления этого показателя составлены специальные сортиментные таблицы, бонитировочные шкалы и графики. Травянистая растительность пробной площадки и эталона сопоставляется по высоте и плотности проективного покрытия в фиксированные фазы вегетационного развития.

Контрольные площадки совмещаются с пунктами наблюдений за всеми другими компонентами природной среды. Ботанические наблюдения выполняются научно-исследовательскими организациями академических, отраслевых и учебных институтов. Кроме контрольных функций, выполняемые работы преследуют цель изучения устойчивости растений к различным воздействиям. В настоящее время разрабатываются рекомендации по установлению предельно допустимых концентраций в атмосфере вредных веществ для отдельных пород деревьев. Как правило, данные лимитирующие показатели приводят к более строгим требованиям к качеству атмосферного воздуха и снижению ПДК.

10.5. АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ И КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Контроль состояния природной среды не ограничивается совокупностью данных об отдельных компонентах. Экологическая оценка средообразующего эффекта промышленного производства требует фиксирования характера регионального распространения результатов воздействия. Закономерность приуроченности форм проявления загрязнения и нарушения биогеоценозов к производственным объектам и ландшафтным структурам регистрируется по материалам аэрокосмосъемки и при составлении природоохранных карт.

Широко используемые космические снимки (КС) имеют масштаб 1 : 100 000 и мельче. Они применяются при организации системы пунктов контроля на территории протяженностью более 30—50 км с целью выделения основных обобщенных процессов изменения природной среды. Аэроснимки (АС) применяются для анализа районов, подверженных воздействию одним или компактной группой предприятий. Масштаб АС колеблется от 1 : 10 000 до 1 : 100 000.

Главными задачами дешифрирования аэрокосмоснимков в данном случае являются регистрация источников воздействия на природную среду и подверженных изменению экосистем различных рангов, а также выделение из каждой классификационной группы эталонных и нарушенных морфологических единиц ландшафта.

Изображение снимков интерпретируется в определенной последовательности. Анализ начинается с предварительного камерального дешифрирования. Производится районирование территории. При работе в мелком масштабе выделяются водотоки, водоемы, водораздельные и водосборные комплексы. Отмечаются источники выбросов в атмосферу и промышленных стоков. По крупномасштабному изображению определяются границы единиц низших таксономических рангов биогеоценозов и групп биогеоценозов, в том числе и комплексов искусственного происхождения.

Второй этап — полевое дешифрирование. Выборочным или маршрутным обследованием при использовании КС, полным обследованием при применении крупномасштабных АС выявляются классификационные признаки типов экосистем (подтипов, разновидностей и т. д. в зависимости от детализации изображения). В результате определения принадлежности к данному типу структурных единиц ландшафта (в соответствии со свойствами компонентов) устанавливается положение пунктов контроля и пробных площадок. Контролем охватывается каждая классификационная группа.

Полевые работы сопровождаются рекогносцировочными

(предварительными) экспресс измерениями уровней загрязнения и режимов водного питания. В процессе натуральных наблюдений оценивается соответствие внешнего облика экосистем определенному типу и степени техногенного изменения особенностям фотонизображения. Устанавливается контролирующая роль рельефа в распространении загрязняющих веществ. При полевых работах выбираются эталонные фоновые участки для сравнения с ними природных объектов, находящихся в зоне воздействия промышленного производства.

Третий этап анализа материалов аэрокосмической съемки выражается в заключительном камеральном дешифрировании, нанесении на фотонизображение данных по результатам регулярного контроля и оценке по фототоновой структуре снимков проявления границ ареалов распространения вредных веществ, зарегистрированных инструментально.

На данном этапе на территорию, не охваченную полевым обследованием, информация переносится методом подобия. Контурам, идентичным по фотонизображению придаются одинаковые свойства.

Важнейший технологический элемент аэрокосмического метода контроля — периодическое обновление фотоматериала многократной съемкой земной поверхности. Зондирование повторяется в сопоставляемых фазах активного и пассивного вегетационных периодов (сезонов года). Оценка динамики структуры изображения экосистем производится одновременно с фиксированием изменения свойств отдельных компонентов по наземным пунктам контроля. На основании сопоставления результатов, получаемых с определенным интервалом лет, выявляются формирование границ и изменение ареала структурных нарушений в природной среде. Устанавливается характер локализации и постоянства миграции загрязняющих веществ с поверхностным стоком.

Основу контроля качества компонентного состава полевыми наблюдениями и состояния экосистем методами аэрокосмической съемки составляют инструментальные измерения. При дешифрировании снимков показатели фототоновой структуры регистрируются специальными фотометрическими приборами. Измеряемыми величинами служат средняя плотность радиационного образа и ряд статистических характеристик, определяемых особенностями размещения и форм элементов изображения. Таким образом, основная информация о морфологических свойствах, характеризующих общее строение экосистем, исчерпывается при анализе динамики фототоновой структуры аэрокосмического изображения.

В настоящее время практическое использование КС и АС расширяется за счет внедрения различных видов съемок. В результате применения новых технических средств зондирования

радиационный образ фиксируется в сочетании и отдельно по нескольким относительно узким и широким зонам всего спектра электромагнитных волн.

С использованием аэрокосмических и наземных методов контроля природной среды неразрывно связано природоохранное картографирование. Назначение природоохранных карт состоит в достижении требований к метрическим свойствам изображения, в производстве анализа закономерностей размещения объектов пространственной структуры и представлении результатов контроля в обобщенной системе условных обозначений.

Наряду с цифровыми, табличными и другими формами, карты используются как средство инвентаризации источников и результатов воздействия в классификационных показателях, наблюдаемых наземными и аэрокосмическими средствами (рис. 10.4). Нередко вычерчивание карты ведется непосредственно по фотонизображению КС и АС. При этом выполняется отбор необходимой информации, содержащейся в радиационном образе и отчетной документации о результатах контрольных измерений. Процессы анализа снимков и картографирования, как правило, совмещаются. После соответствующих фотометрических и геометрических измерений на участки фотографического изображения наносятся необходимые условные знаки.

При составлении инвентаризационных карт источники воздействия отражаются соответствующими контурами техногенных экосистем, параметрами пылегазовых выбросов и промышленных стоков в единицах ПДВ и ПДС. Лимитирующие показатели выделяются границами земельных и горных отводов, санитарно-защитных зон с совмещенными с ними шкалами уровней загрязнения относительно ПДК. Подверженность природных объектов соответствующим воздействиям обозначается изолиниями поля рассеивания вредных веществ, штриховыми и цветовыми картограммами, знаками движения, точечными и структурными значками. Данная информация накладывается на изображение ландшафтно-морфологической структуры территории, содержащей элементы географической привязки (географических названий).

Основная задача инвентаризационного картографирования заключается в систематизации исходной информации (разработке легенды), расчете шкал и положения условных границ, выборе графических средств отображения.

В целях обобщения результатов контроля, особенно при мелкомасштабном картографировании, при обработке исходных данных отдельные величины осредняются и интегрируются в комплексные показатели — нормативные нагрузки. В настоящее время научно-исследовательские работы в данном направлении находятся в стадии накопления информации и выработки отдельных рекомендаций. Стандартизированных норм, включая

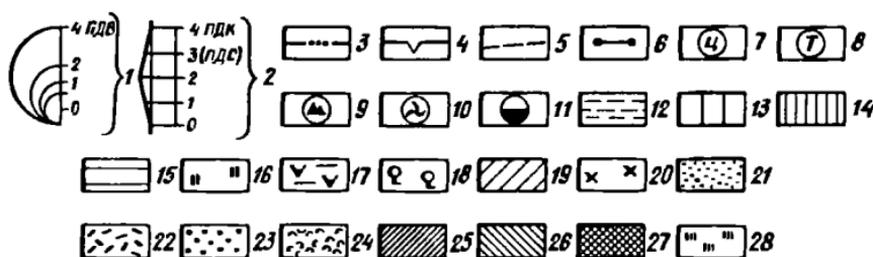
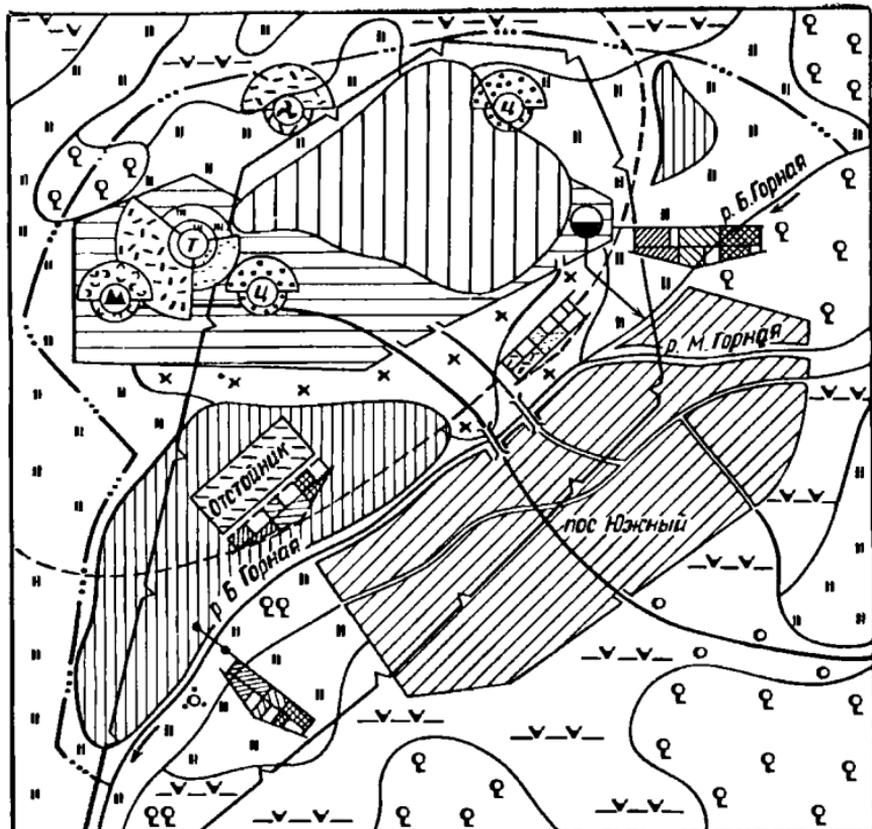


Рис. 10.4. Инвентаризационная инженерно-экологическая карта:

лимитирующие показатели воздействия (1 — шкала предельно допустимых выбросов; 2 — шкала предельно допустимых концентраций (сброса сточных вод); 3 — граница земельного отвода; 4 — граница горного отвода; 5 — граница санитарно-защитной зоны; 6 — контрольный створ); промышленное производство (7 — подготовка цементной закладочной смеси; 8 — производство тепловой энергии; 9 — складирование угля; 10 — вентиляция подземных выработок; 11 — очистка шахтных вод; 12 — складирование шламов; 13 — открытый способ добычи руды; 14 — складирование вмещающих пород; 15 — эксплуатация инженерных коммуникаций, технологического добычного и транспортного оборудования); агропроизводство (16 — луго-пастбищное животноводство; 17 — пропашное растениеводство; 18 — лесоразведение); непроизводственные хозяйства (19 — сельтба; 20 — неиспользуемая пустошь); загрязняющие вещества (21 — инертная пыль; 22 — оксиды углерода; 23 — цементная пыль; 24 — угольная пыль; 25 — цинк; 26 — свинец; 27 — медь; 28 — оксиды азота)

предельно допустимых, пока не существует. Поэтому в каждом конкретном случае обобщение данных контроля при картографировании имеет исследовательский характер, обосновывается с технико-эколого-экономических и математических позиций.

10.6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Под экологическим мониторингом понимается единая система средств и методов наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды, изменяющейся под воздействием человека. Это многоцелевая информационно-аналитическая система, назначение которой состоит в обеспечении обоснования принимаемых решений по регулированию использования ресурсов.

Мониторинг формируется по территориальному принципу. Локальные системы контроля воздействия отдельных производств организуются в региональные с учетом комплекса физико-географических факторов, определяющих, в том числе, концентрацию промышленных предприятий, приуроченных к сырьевой базе.

В объекты наблюдений данных систем включаются биосферные заповедники, территории ограниченного пользования и подверженные максимальной нагрузке. При этом охватывается полный комплекс проявлений антропогенных процессов, обусловленных всей совокупностью источников воздействия на природную среду.

Следующий структурно функциональный уровень — государственный мониторинг. Объектом его анализа, учитывая площадь и географическое положение СССР, являются трансконтинентальные миграции ингредиентов в атмосфере, больших речных системах, морях и океанах.

Высшая ступень интеграции — глобальный мониторинг. Международная организация системы контроля и обоснования решений по предотвращению негативных планетарных процессов образована в рамках ООН. Сотрудничество стран в природоохранной деятельности осуществляется в рамках программ, утвержденных межправительственной комиссией ЮНЕСКО «Человек и биосфера».

Контроль воздействия предприятия по добыче и переработке полезных ископаемых в рамках экологического мониторинга предполагает обработку результатов наблюдений не только и не столько в целях регистрации соблюдения норм природопользования на определенный момент времени. Это — постоянная система, выполняющая функции средства изучения механизма распространения загрязняющих веществ, нарушения экосистем и их компонентов. При этом, проводятся специальные эксперименты, создаются математические модели, выявляются закономерности отдельных процессов, протекающих в относительно однородных средах, и сложные многофакторные и многофазовые явления. К важнейшим задачам мониторинга относится прогнозирование последствий эксплуатации природных ресурсов, выявления пороговых значений нагрузки на экосистемы в единицах доз и продолжительности.

Техногенные изменения природной среды для каждого ландшафта во многом индивидуальны. Это проявляется в эндемичных видах растений и животных, своеобразии геологического фундамента и режима водного стока, микроклиматических особенностях и других аномалиях. Поэтому для каждого локального мониторинга информационная база исходных данных может иметь свои особенности. Применяемый аналитический аппарат и модели адаптируются к конкретной территории.

Главная особенность мониторинга заключается в том, что это — не простая совокупность ведомственных контрольных служб, выполняющих наблюдения в рамках регламентированных форм отчетности. В работу данных систем включаются многие научные учреждения, пользующиеся результатами штатных наблюдений на постах и ведущие исследования по утвержденным государственным программам. Результаты научно-исследовательских работ поступают в головные по конкретным программам институты для обобщения и регистрируются в Государственном комитете СССР по науке и технике.

Таким образом, мониторинг — организационная основа, объединяющая практически все научные силы страны.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют категории постов наблюдений за состоянием атмосферы?
2. Какое назначение постов наблюдений за состоянием поверхностных вод?
3. Какие основные группы показателей качества почв?
4. Какие свойства растительного покрова используются при оценке состояния природной среды?
5. Что такое мониторинг?

11. ПЛАНИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

11.1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПЛАНОВ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Природоохранные мероприятия, осуществляемые предприятием (объединением), должны полностью компенсировать отрицательное воздействие производства на окружающую среду. При этом за пользование природными ресурсами как частью национального достояния оно должно вносить установленные платежи и осуществлять природоохранные мероприятия за счет собственных средств и кредитов. Предприятие должно возмещать ущерб, причиненный загрязнением окружающей среды и нерациональным использованием природных ресурсов, и нести

материальную ответственность за несоблюдение законодательства об охране природы.

В связи с этим разработка и реализация комплексных планов охраны окружающей среды и повышения эффективности использования природных ресурсов для каждого промышленного предприятия становятся важным направлением его деятельности. Четкость планирования, последовательность и полнота решения природоохранных задач в значительной степени определяют общий экономический результат деятельности предприятия. Выбор и обоснование технически возможных, экономически целесообразных и экологически необходимых мероприятий требуют детальной проработки ряда альтернативных вариантов плана на стадии его разработки, а также строгого и четкого контроля за внедрением каждого мероприятия при его реализации в целом.

Для разработки комплексных планов предварительно необходимо провести детальное обследование технологической линии предприятия, определить эффективность использования природных ресурсов при выполнении основных процессов, провести инвентаризацию всех организованных и неорганизованных источников выбросов вредных веществ в водный и воздушный бассейны и дать экологическую оценку состояния окружающей среды в зоне воздействия предприятия.

В соответствии с действующим законодательством все предприятия, независимо от их ведомственной подчиненности, в своей работе по охране окружающей среды и использованию природных ресурсов подконтрольны местному Совету народных депутатов и другим органам, осуществляющим государственный контроль в области охраны природы и использования природных ресурсов. Из этого следует, что все нормативы по использованию природных ресурсов, нормативы по предельно допустимым выбросам вредных веществ в воздушный бассейн и сбросов сточных вод утверждаются местными органами Госкомприроды СССР. Одновременно местные органы власти согласовывают и утверждают предприятиям и организациям основные плановые показатели по составлению комплексных планов мероприятий по охране окружающей среды и повышению эффективности использования природных ресурсов. Плановые показатели предприятиям устанавливаются с учетом их реального вклада в общий процесс нарушения и загрязнения водного и воздушного бассейнов, почв таким образом, чтобы обеспечить необходимый уровень качества окружающей природной среды в данном конкретном районе, городе, населенном пункте.

Разработка комплексных планов охраны природы ведется с использованием территориально-отраслевого принципа планирования и реализации мероприятий по охране окружающей среды и повышению эффективности использования природных ресур-

сов. Стратегические задачи и плановые показатели по всем разделам комплексного плана должны согласовываться с задачами и показателями, принятыми в территориальных комплексных схемах охраны природы промышленных узлов, территориально-промышленных комплексов или горнопромышленного района, в состав которого входит данное предприятие. Комплексность решения задач рационального природопользования достигается путем одновременного учета трех аспектов:

... соблюдение нормативов и повышение эффективности использования минеральных, водных, земельных и других природных ресурсов, необходимых для функционирования высокопроизводительного промышленного производства;

... охрана здоровья людей, соблюдение необходимого уровня качества окружающей природной среды, выполнение установленных требований охраны и использования недр, поверхностных и подземных вод и атмосферного воздуха;

... соблюдение интересов всех отраслей народного хозяйства, обеспечение оптимального уровня продуктивности сельскохозяйственных, рыбохозяйственных, лесохозяйственных и других угодий, оказавшихся в зоне вредного влияния отдельного промышленного предприятия.

Сущность системного подхода заключается в представлении природных и промышленных элементов и компонентов, как единой системы, как целостного образования, состоящего из территориально и функционально взаимосвязанных природных и промышленных объектов. В этом случае это образование может рассматриваться как природно-промышленный комплекс (ППК), рациональное функционирование которого определяется как природными, так и технологическими факторами.

Комплексный план является составной частью перспективных планов экономического и социального развития предприятия по разделу Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Это документ, в котором даны научное обоснование и план внедрения технически возможных, экономически целесообразных и экологически необходимых мероприятий, обеспечивающих заданную эффективность использования природных ресурсов, нормативное качество окружающей среды и оптимальную продуктивность всех угодий, оказавшихся в зоне действия предприятия. Комплексный план целесообразно разрабатывать сроком на 15 лет с выделением пятилетних периодов. План должен носить целевой характер и являться директивным и адресным документом, включающим свод плановых показателей, план конкретных мероприятий для каждого структурного подразделения предприятия, входящему в его состав, и графики организации и выполнения работ по периодам планирования. Одновременно инженерные, экологические и организационные природоохранные мероприятия, принятые к исполнению

на предприятии, входят в состав соответствующих разделов территориальной комплексной схемы более высокого ранга и их выполнение постоянно находится под контролем местных органов власти.

Одно из основных направлений при разработке комплексных планов — использование достижений научно-технического прогресса при планировании природоохранных мероприятий и установлении рационального использования природных ресурсов с учетом не только имеющихся новых технических решений, но также ожидаемых в ближайшие 15—20 лет.

Структура и содержание комплексного плана действующего предприятия определяются характером и структурой производства, а также состоянием и продуктивностью основных природных объектов, сельскохозяйственных, лесных и других угодий, входящих в состав экологической системы района, где проявляется вредное влияние предприятий. Комплексный план в общем случае состоит из шести взаимосвязанных частей.

Первая часть, вводная, содержит формулировку общей задачи по охране окружающей среды и повышению эффективности использования природных ресурсов на современном этапе, главной стратегической задачи по повышению эффективности использования природных ресурсов в данном конкретном районе и главных задач по охране каждого отдельного взятого природного ресурса. В разделе выделяются группы задач, связанных с повышением эффективности использования ресурсов непосредственно участвующих в технологическом процессе предприятия (предприятий), задач по охране окружающей природной среды и задач, связанных с повышением продуктивности сельскохозяйственных, рыбохозяйственных, лесных и других угодий, оказавшихся в зоне влияния предприятий.

Во второй части комплексного плана дается структурная схема предприятия и сводная инженерно-экологическая ведомость, которые характеризуют эффективность (состояние) использования и охраны природных ресурсов по каждому структурному подразделению предприятия, входящему в его состав.

В структурной схеме каждого горного предприятия выделяются крупные технологические подразделения, цеха и объекты, на вход которых поступают полуфабрикаты продукции, дополнительные материальные, энергетические и другие ресурсы, а на выходе — качественно изменившиеся полуфабрикаты, выбросы и отходы данного производства. На вход первого структурного подразделения поступают исходные материальные ресурсы, на выходе последнего — готовая продукция рассматриваемого предприятия.

В структурной схеме крупных технологических подразделений предприятий могут выделяться производственные единицы, где процесс производства осуществляется по единой схеме и пред-

ставляет собой относительно самостоятельную технологическую линию, для которой возможен учет поступающих главных, сопутствующих, вспомогательных, энергетических и других видов ресурсов, а также материальных ресурсов, покидающих линию с продукцией, отходами и выбросами производства.

Для добычных предприятий в качестве отдельной производственной единицы принимается выемочная единица по отработке наименьшей части месторождения, где извлечение минерального сырья осуществляется по одной системе разработки и по единой технологической схеме, в пределах которой с достаточной достоверностью определены балансовые запасы и возможен первичный учет добычи и потерь ресурсов.

Каждая выделенная производственная единица, в свою очередь, делится на элементарные технологические единицы (отдельные элементарные технологические процессы), для которых возможен учет затрат всех видов ресурсов на единицу продукции. Если выполнение технологического процесса связано с воздействием на элементы и компоненты природной среды, то он рассматривается в дальнейшем как источник нарушения или загрязнения окружающей природной среды. В этом случае должны определяться характер и интенсивность воздействия, а также осуществляться его прогноз на весь период разработки комплексного плана.

Третья часть комплексного плана включает систему (свод) нормативных, директивных и плановых показателей, обусловленных законодательством и действующими нормативами. В этом разделе для каждого структурного подразделения и технологической единицы устанавливаются соответствующие плановые показатели по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов. Эти показатели определяются в соответствии с удельным весом структурного подразделения в общем объеме освоения определенного ресурса или его значения в общей интенсивности нарушения и загрязнения окружающей природной среды. Общий суммарный эффект, получаемый при реализации плановых показателей на всех структурных подразделениях, должен соответствовать требованиям, установленным для предприятия в целом.

Четвертая часть комплексного плана содержит перечень инженерных, экологических и организационных мероприятий по повышению эффективности использования природных ресурсов и охране окружающей среды.

Комплексный план повышения эффективности использования и охраны природных ресурсов действующего предприятия составляется по разделам, которые представляют собой поресурсные комплексные планы, разработанные на единой методической основе. Для выполнения плановых показателей должны быть сформулированы несколько вариантов плана, включающих

разные технически возможные мероприятия. Выбор наиболее рационального варианта плана должен осуществляться на основе результатов технико-эколого-экономического анализа.

В состав плана по каждому разделу (природному ресурсу) в первую очередь включаются инженерные, экологические или организационные мероприятия, обеспечивающие выполнение нескольких плановых показателей повышения эффективности использования ресурсов и улучшение качества (продуктивности) природной среды. При выборе мероприятий принимается во внимание опыт передовых предприятий отрасли и планируемые достижения научно-технического прогресса в соответствующей области. Для каждого варианта комплексного плана производится предварительный расчет затрат и определяются результаты по периодам планирования.

Пятый раздел комплексного плана включает основные технико-эколого-экономические показатели по его разработке и внедрению. В нем для каждого запланированного мероприятия указаны необходимые материальные, энергетические и другие затраты, определяется экономический, экологический и социальный эффекты, которые могут быть достигнуты при реализации каждого мероприятия и комплексного плана в целом. Данные технико-эколого-экономического анализа позволяют оценить реальность и эффективность плана в целом и отдельных его частей.

В шестой части комплексного плана даны сроки и указаны последовательность выполнения всех мероприятий, приведены графики работ по проектированию и внедрению предусмотренных мероприятий. Графики, составленные для отдельных производств, цехов, и объектов, являются составной частью общего графика выполнения работ для предприятия в целом.

11.2. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ПЛАНА ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Экономический результат от внедрения природоохранных мероприятий Экономическая эффективность мероприятий, предусмотренных комплексным планом по охране окружающей среды, устанавливается путем соизмерения экономических результатов и вызвавших их затрат \mathcal{E}_3 . Показатель общей экономической эффективности всех средозащитных затрат — это отношение годового объема полного экономического результата к приведенным затратам, вызвавшим этот результат

$$\mathcal{E}_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij}}{C_n + E_n K} > 1; \quad E_n = 0,12, \quad (11.1)$$

где \mathcal{E}_{ij} — экономический результат i -го вида от предотвращения потерь на j -м объекте, руб.; C_{Π} — годовые эксплуатационные расходы на обслуживание и содержание основных фондов средозащитного назначения, руб.; K — капитальные вложения в строительство объекта средозащитного назначения.

Экономическая эффективность капитальных вложений в средозащитные мероприятия

$$\mathcal{E}_K = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij} - C_{\Pi}}{K} \quad (11.2)$$

Расчетные показатели экономической эффективности затрат в мероприятия по охране окружающей среды сравниваются с нормативами, а также с расходами в аналогичные мероприятия на передовых предприятиях данной отрасли.

Экономический эффект определяется как общий и хозрасчетный. Общий эффект исчисляется по народному хозяйству в целом и его отраслям, а также по отраслям промышленности как прирост национального дохода, ценности природных ресурсов или чистой продукции. Хозрасчетный эффект определяется по отдельным предприятиям, районам и территориально-производственным комплексам как прирост прибыли, чистой продукции (нормативной) или снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Оптимальный вариант плана комплексных мероприятий может устанавливаться по минимальным приведенным затратам

$$C_{\Pi} + E_{\Pi}K \rightarrow \min; \quad (11.3)$$

при $E_{\Pi} = 0,12$.

Общий экономический результат от средозащитных мероприятий $\mathcal{E}_{\text{общ}}$ складывается из предотвращенного или ликвидированного ущерба $Y_{\Pi(л)}$, прироста ценности природных ресурсов $\Delta Z_{\text{пр}}$, прироста валовой продукции от производства дополнительной из отходов производства или загрязнителей ΔB

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = Y_{\Pi(л)} + \Delta Z_{\text{пр}} + \Delta B. \quad (11.4)$$

Предотвращенный или ликвидированный экономический ущерб от негативного влияния горного производства на природные ресурсы и окружающую природную среду

$$Y_{\Pi(л)} = Y_{\text{м.р}} + Y_{\text{з.р}} + Y_{\text{в.р}} + Y_{\text{в.б}} + Y_{\text{р.ж.м}} \quad (11.5)$$

где $Y_{\text{м.р}}$, $Y_{\text{з.р}}$, $Y_{\text{в.р}}$, $Y_{\text{в.б}}$, $Y_{\text{р.ж.м}}$ — предотвращенный или ликвидированный ущерб ресурсам минеральным, земельным, водным, воздушному бассейну, растительному и животному миру, руб.

Определение экономического эффекта природоохранных мероприятий методом прямого счета. По методикам прямого счета

определение экономического эффекта осуществляется сопоставлением экономического результата до и после реализации природоохранного мероприятия.

Предотвращенный или ликвидированный экономический ущерб земельным ресурсам складывается из ущерба от изъятия земель из сельскохозяйственного пользования $Y_{н.з}$ и нарушения земельных ресурсов $Y_{н.з}$

$$Y_{н.з} = Z_3 S_{н}; \quad (11.6)$$

$$Y_{н.з} = (Z_{з.п} - Z_{з.д}) S_{н}, \quad (11.7)$$

где Z_3 — кадастровая оценка сельскохозяйственных угодий, руб/га; $S_{н}$ — площадь земель, восстановленная для сельскохозяйственного пользования или предотвращенная от изъятия, га; $Z_{з.д}$ и $Z_{з.п}$ — кадастровая оценка 1 га земельных ресурсов соответственно до и после проведения мероприятий, руб.; $S_{н}$ — площадь восстановленных или предотвращенных от нарушения земель, га.

Предотвращенный или ликвидированный ущерб водным ресурсам складывается из ущербов от загрязнения $Y_{в.в}$ и уменьшения запасов водных ресурсов $Y_{з.у}$:

$$Y_{в.р} = Y_{в.з} + Y_{в.у}, \quad (11.8)$$

$$Y_{в.з} = \sum_{i=1}^n (Z_{п_i} V_{п_i} - Z_{д_i} V_{д_i}), \quad (11.9)$$

где n — количество различных видов продукции; $Z_{д_i}$ и $Z_{п_i}$ — ценность единицы продукции, полученной из водоемов соответственно до и после проведения мероприятия, руб.; $V_{д}$ и $V_{п_i}$ — количество продукции, полученной из водоемов соответственно до и после проведения мероприятия.

Величины Z и V включают доходы водохозяйственных организаций от использования воды на орошение земель, на питьевые и другие хозяйственные нужды.

Ущерб от уменьшения запасов водных ресурсов

$$Y_{в.у} = (q_{п} - q_{д}) Z_{в}, \quad (11.10)$$

где $q_{д}$ и $q_{п}$ — объем запасов воды соответственно до и после проведения мероприятия, м³; $Z_{в}$ — ценность 1 м³ воды, руб.

Ценность воды рекомендуется принимать по установленным региональным тарифам.

Предотвращенный или ликвидированный экономический ущерб от загрязнения воздушного бассейна складывается из ущерба от снижения урожайности сельскохозяйственных угодий $Y_{с.у}$, ухудшения состояния растительного и животного мира $Y_{р.ж.м.}$, увеличения заболеваемости населения $Y_{в.л}$ и преждевременного

износа основных фондов, находящихся в загрязненной воздушной среде $У_{о.ф}$

$$У_{в.б} = У_{с.у} + У_{р.ж.м} + У_{з.п} + У_{о.ф} \quad (11.11)$$

Предотвращенный или ликвидированный ущерб от снижения урожайности сельскохозяйственных угодий

$$У_{с.у} = \sum_{i=1}^n (Q_{п_i} Z_{п_i} - Q_{д_i}) S_i + \Delta Z_1, \quad (11.12)$$

где n — количество сельскохозяйственных культур, выращиваемых на данной площади; $Q_{д_i}$ и $Q_{п_i}$ — урожайность с 1 га сельскохозяйственных угодий i -й культуры соответственно до и после проведения мероприятия, ц; $Z_{д_i}$ и $Z_{п_i}$ — ценность единицы i -й сельскохозяйственной культуры соответственно до и после проведения мероприятия, принимается по закупочным ценам, руб.; S_i — площадь, на которую распространяется действие мероприятия, га; ΔZ_1 — дополнительные затраты на производство сельскохозяйственной продукции до проведения мероприятия, определяются по разности эксплуатационных затрат после и до загрязнения атмосферы.

Предотвращенный или ликвидированный ущерб от ухудшения состояния растительного и животного мира

$$У_{р.ж.м} = \sum_{j=1}^m (A_{п_j} Z_{п_j} - A_{д_j} Z_{д_j}) + \Delta Z_2, \quad (11.13)$$

где m — количество видов продукции; $A_{д_j}$ и $A_{п_j}$ — объем различных видов продукции, полученной за год от использования леса, сбора грибов, ягод, отстрела птиц и животных соответственно до и после проведения природоохранного мероприятия; $Z_{д_j}$, $Z_{п_j}$ — ценность единицы перечисленных видов продукции до и после реализации мероприятия; ΔZ_2 — дополнительные затраты на поддержание нормального состояния растительного и животного мира до проведения мероприятия, определяются по разности годовых затрат общества на поддержание нормального состояния после и до загрязнения воздушного бассейна.

Предотвращенный или ликвидированный ущерб от увеличения заболеваемости населения

$$У_{з.п} = У_{ч.п} + У_{с.с} + У_{з.л}, \quad (11.14)$$

где $У_{ч.п}$ — ущерб от недополучения чистой продукции в результате заболевания работников предприятий, находящихся в зоне загрязненного бассейна

$$У_{ч.п} = П_{ч} H_{з}, \quad (11.15)$$

$P_{\text{ч}}$ — средний объем чистой продукции, приходящейся на 1 отработанный человеко-день после проведения природоохранного мероприятия; $H_{\text{з}}$ — снижение потерь рабочего времени от заболевания работников вследствие загрязнения воздушного бассейна в результате проведения природоохранного мероприятия, чел.-дни; $У_{\text{с.с}}$ — ущерб от выплат работникам из фонда социального страхования за период временной и постоянной нетрудоспособности, наступившей в результате загрязнения атмосферы, руб.

$$У_{\text{с.с}} = ВН_{\text{з.л}}, \quad (11.16)$$

$В$ — средний размер пособия по временной нетрудоспособности, приходящийся на один день болезни; $У_{\text{з.л}}$ — ущерб от затрат на лечение населения, заболевшего вследствие загрязнения воздушного бассейна

$$У_{\text{з.л}} = З_{\text{л.а}} H_{\text{з.а}} + З_{\text{л.с}} H_{\text{з.с}}; \quad (11.17)$$

$З_{\text{л.а}}$ и $З_{\text{л.с}}$ — средние затраты на лечение одного человека в день соответственно в амбулаторных условиях и стационаре; $H_{\text{з.а}}$ и $H_{\text{з.с}}$ — снижение количества человеко-дней лечения больных соответственно в амбулаторных условиях и стационаре.

Предотвращенный или ликвидированный ущерб от преждевременного износа основных фондов

$$У_{\text{о.ф}} = У'_{\text{ч.п}} + У_{\text{р}}, \quad (11.18)$$

где $У'_{\text{ч.п}}$ — ущерб от недополучения чистой продукции в связи с дополнительными простоями основных фондов в ремонте и сокращением срока их службы, руб.,

$$У'_{\text{ч.п}} = \sum_{j=1}^m P_{\text{ч.п}j} n_j, \quad (11.19)$$

m — количество различных видов оборудования, работающего в загрязненной атмосфере; $P_{\text{ч.п}}$ — производство чистой продукции за 1 машино-ч j -го оборудования после проведения мероприятия; n_j — снижение потерь рабочего времени после проведения мероприятия; $У_{\text{р}}$ — ущерб от дополнительных затрат на текущие и капитальные ремонты

$$У_{\text{р}} = \sum_{j=1}^m З_{\text{р}j} \frac{P_{\text{р}j}}{P_{\text{п}j}}, \quad (11.20)$$

$З_{\text{р}j}$ — затраты на один ремонт j -го оборудования; $P_{\text{р}j}$ и $P_{\text{п}j}$ — периодичность ремонтов j -го оборудования соответственно до и после проведения мероприятия.

Укрупненный метод определения экономического ущерба от нарушения и загрязнения природной среды. Укрупненный метод

основывается на использовании в расчетах удельных величин ущерба на единицу выбросов загрязняющих веществ, тарифов на воду, удельных затрат на восстановление сельскохозяйственных земель, годовой приведенной массы выбросов и основных факторов, характеризующих их вредность, фиксированных на некотором среднем уровне.

Предотвращенный или ликвидированный экономический ущерб от выброса загрязнений в атмосферу для всякого источника укрупненно можно определить по формуле

$$Y_a = \gamma \sigma f M, \quad (11.21)$$

где γ — константа, численное значение которой равно 2,4; σ — показатель, характеризующий относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от типа территории; f — коэффициент, учитывающий характер рассеяния примеси в атмосфере; M — приведенная масса снижения годового выброса загрязнения из источника в результате проведения природоохранного мероприятия.

Показатель относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха σ над территориями различных типов приведен ниже.

Территория курортов, санаториев, заповедников, заказников . . .	10
Пригородные зоны отдыха, садовые и дачные кооперативы . . .	8
Населенные пункты	8
Территории промышленных предприятий, промузлов, включая защитные зоны	4
Леса (по группам)	
1-я	0,2
2-я	0,1
3-я	0,025
Пашни ¹	
Южные зоны (южнее 50° с. ш.)	0,25
Центрально-Черноземные районы, Южная Сибирь	0,15
Прочие районы	0,1
Сады, виноградники ¹	0,5
Пастбища, сенокосы ¹	0,05

¹ Для орошаемых пахотных земель, садов, виноградников, сенокосов указанные числа умножить на два.

Коэффициент характера рассеяния примеси в атмосфере f определяется следующим образом.

1. Для газообразных примесей и легких мелкодисперсных частиц с очень малой скоростью оседания (менее 1 см/с)

$$f = \frac{100}{100 + \varphi h} \frac{4}{1 + u}, \quad (11.22)$$

где φ — поправка на тепловой объем факела выброса в атмосфере

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75}, \quad (11.23)$$

ΔT — среднегодовое значение разности температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере, °С; h — геометрическая высота устья источника, м; u — среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/с (в случаях, когда u неизвестно, оно может приниматься равным 3 м/с).

2. Для частиц, оседающих со скоростью 1—20 см/с,

$$f = \frac{1000}{60 + \phi h} \frac{4}{1 + u} \quad (11.24)$$

3. Для частиц, оседающих со скоростью свыше 20 см/с, принимается $f = 10$.

Приведенная масса снижения годового выброса загрязнений в атмосферу из источника

$$M = \sum_{i=1}^n A_i m_i \quad (11.25)$$

где n — общее количество примесей, выбрасываемых в атмосферу; A_i — показатель относительной агрессивной примеси i -го вида; m_i — масса снижения годового выброса примеси i -го вида в атмосферу, т.

Значения A_i (усл. т/т) для ряда вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу промышленными предприятиями, приведены ниже.

Диоксид азота	41,1
Азотная кислота	8,3
Оксиды аммония	37,9
Аммиак	10,4
Ацетон	2,22/5,55
Бензопирен	12,6 · 10 ⁵
Нефтяной бензин	6,9/17,3
Бензол	11
Пентаоксид ванадия	1225
Фтористый водород	980
Хлористый водород	15,4
Оксид кадмия	2738,5
Кобальт	1730
Диоксид кремния	83,2
Медь	275
Марганец и его соединения	7070
Оксид азота	41,1
Оксиды мышьяка	1581
Зола углей:	
донецких (АШ, Д, ГСШ), подмосковных	70
кузнецких, экибастузских, карагандинских	80
березовских, назаровских, ангренских	60

Величина экономического ущерба от загрязнения водных ресурсов определяется в зависимости от концентрации и вредности загрязняющих веществ, которые содержатся в сточных водах различных производств.

Годовой экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству загрязнением поверхностных водных источников, ориентировочно можно определить по формуле

$$Y_{\text{в}} = \gamma \sigma_{\text{к}} M, \quad (11.26)$$

где γ — константа, численное значение которой рекомендуется принимать 400 руб/усл. т; $\sigma_{\text{к}}$ — константа, имеющая неодинаковое значение для различных водохозяйственных участков¹.

Значение M определяется по формуле

$$M = \sum_{j=1}^n A_j m_j, \quad (11.27)$$

где n — общее количество примесей, сбрасываемых источником в водоемы; A_j — показатель относительной опасности сброса j -го вещества в водоем (усл. т/т)

$$A_j = \frac{1}{\text{ПДК}_i}, \quad (11.28)$$

ПДК_i — предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, г/м³; m_j — общая масса снижения годового сброса j -й примеси оцениваемым источником, т.

Предотвращенный или ликвидированный экономический ущерб от изъятия сельскохозяйственных земель укрупненно можно определить по формуле

$$Y_{\text{н.з}} = y_i S_{\text{н}} + B, \quad (11.29)$$

где y_i — норматив стоимости освоения новых земель взамен изымаемых из сельскохозяйственного пользования, руб/га (принимается по справочным данным); $S_{\text{н}}$ — площадь сельскохозяйственных земель, предотвращенная от изъятия.

Предотвращенный или ликвидированный экономический ущерб от нарушения земель

$$Y_{\text{н.з}} = y'_i S_{\text{н}} + B, \quad (11.30)$$

где y'_i — удельный ущерб от нарушения 1 га земли, руб., $S_{\text{н}}$ — площадь нарушенных земель, га; B — сумма убытков от изъятия сельскохозяйственных земель (потери сельскохозяйственной продукции) в данном году, руб/га.

Выполнение природоохранных мероприятий нередко ведет к неполному, частичному предотвращению или ликвидации экономического ущерба. В таких случаях экономический эффект от природоохранных мероприятий будет определяться величиной предотвращенного или ликвидированного ущерба

¹ *Временная отраслевая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды.* М., изд. ЦНИЭИуголь, 1987.

$$\Delta Y = Y_{\text{п}} - Y_{\text{д}}, \quad (11.31)$$

где $Y_{\text{д}}$ и $Y_{\text{п}}$ — величина ущерба соответственно до и после проведения мероприятия.

Прирост ценности природных ресурсов в результате реализации природоохранных мероприятий

$$\Delta Z_{\text{пр}} = (Z_{\text{пр. п}} - Z_{\text{пр. д}}) V_{\text{пр}}, \quad (11.32)$$

где $Z_{\text{пр. д}}$ и $Z_{\text{пр. п}}$ — ценность единицы природных ресурсов соответственно до и после реализации природоохранных мероприятий; $V_{\text{пр}}$ — объем природных ресурсов, на который оказало влияние природоохранное мероприятие.

Ценность единицы природных ресурсов принимается по кадастровой оценке земли, тарифов на воду и т. д.

Прирост валовой продукции от выпуска дополнительной из отходов производства или загрязнителей

$$\Delta B = \sum_{i=1}^m B_{\text{п}i} - \sum_{i=1}^n B_{\text{д}i}, \quad (11.33)$$

где $B_{\text{п}i}$ и $B_{\text{д}i}$ — годовой объем валовой продукции от выпуска i -й дополнительной продукции соответственно после и до проведения природоохранных мероприятий, руб.

Определение платежей за загрязнение природной среды. В соответствии с требованиями природоохранного законодательства все предприятия обязаны платить за загрязнение окружающей природной среды.

За выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов устанавливаются два вида нормативов платы:

за допустимые (в пределах установленных лимитов) объемы выбросов (сбросов) загрязняющих веществ и размещение твердых отходов;

за превышение допустимых (относительно установленных лимитов) объемов выбросов (сбросов) загрязняющих веществ и размещение твердых отходов.

Нормативы платы за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ и размещение твердых отходов служат исходной базой для определения размеров платы за загрязнение природной среды для предприятия.

$$P = \frac{\Pi}{\sum_{j=1}^m M^{\text{п}}_j}, \quad (11.34)$$

где P — норматив платы за допустимые выбросы (сбросы) загрязняющих веществ, руб/усл. т; j — предприятия, которым в

плане экономического и социального развития региона (города, области, края) установлен лимит на выброс (сброс) загрязняющих веществ ($j=1, 2, \dots, m$); Π — затраты на осуществление комплекса природоохранных мероприятий, предусмотренных в плане экономического и социального развития региона, включающие капитальные вложения предприятий (за вычетом амортизационного фонда по природоохранным объектам), капитальные вложения и бюджетные средства местного Совета народных депутатов, руб.

$$\Pi = \left(K_{м.с} + Z_{м.с} + \sum_{j=1}^m S_j^n \right) r, \quad (11.35)$$

$K_{м.с}$ — капитальные вложения, необходимые местным Советам народных депутатов для осуществления природоохранных мероприятий в плановом периоде, руб.; $Z_{м.с}$ — бюджетные средства, необходимые местным Советам народных депутатов для осуществления природоохранных мероприятий в плановом периоде, руб.; S_j^n — капитальные вложения, необходимые предприятиям в плановом периоде для достижения лимитов, руб.; r — коэффициент, учитывающий отчисления в республиканские и государственные фонды охраны природы (принимается в соответствии с временным типовым положением об образовании и использовании фондов охраны природы); M_j^n — приведенная масса выброса (сброса) в пределах лимита, установленного в годовом плане экономического и социального развития региона предприятием, усл. т.

M_j^n определяется по формуле

$$M_j^n = \sum_{i=1}^n k_i m_i, \quad (11.36)$$

где i — вид загрязняющего вещества, учитываемого при установлении предприятию платы за загрязнение природной среды ($i=1, 2, 3, \dots, n$); m_i — масса i -го загрязняющего вещества, т/год; k_i — коэффициент приведения.

Размер плановой платы предприятия за допустимый выброс (сброс) загрязняющих ($\Pi^{пл}$) веществ определяется по формуле

$$\Pi^{пл} = PM^n - S^{пл}, \quad (11.37)$$

где $S^{пл}$ — капитальные вложения предприятия, направленные на достижение лимита в плановом году, руб¹.

Размер фактической платы предприятия за выброс (сброс) загрязняющих веществ в пределах лимита определяется по формуле

¹ В случае необоснованного завышения предприятием расчетных показателей $S^{пл}$ на соответствующую величину повышается размер его фактической платы за выброс (сброс) загрязняющих веществ в пределах лимита.

$$P\Phi = P M\Phi - S_{\text{пл}} \frac{M^{\text{л}}}{M\Phi}, \quad (11.38)$$

где $M\Phi$ — приведенная масса фактического выброса (сброса) загрязняющих веществ в пределах лимита ($M\Phi \leq M^{\text{л}}$).

Размер платы предприятия за превышение допустимого выброса (сброса) загрязняющих веществ ($M\Phi > M^{\text{л}}$)

$$P^{\text{пр}} = P\alpha\Delta M, \quad (11.39)$$

где α — коэффициент кратности норматива платы за превышение допустимого выброса (сброса) загрязняющих веществ.

Значение коэффициента α устанавливается в размере не менее отношения фактического выброса (сброса) к установленному лимиту ($\alpha \geq \frac{M\Phi}{M^{\text{л}}}$), но в целом таким образом, чтобы величина

нормативов платы обеспечивала превышение указанной платы по сравнению с увеличением хозяйственного дохода при выполнении природоохранных мероприятий, необходимых для снижения выбросов (сбросов) загрязняющих веществ до установленных лимитов; ΔM — превышение фактического выброса загрязняющих веществ предприятия над установленным лимитом

$$\Delta M = M\Phi - M^{\text{л}}. \quad (11.40)$$

Фактическая плата будет равна сумме за выброс (сброс) в пределах лимита и за его превышение.

Нормативы платы за размещение отходов рассчитываются исходя из оценки потерь материальных ресурсов и затрат на размещение (захоронение) отходов в природной среде.

Плата за размещение отходов устанавливается в зависимости от их значения как сырьевого ресурса для удовлетворения потребности в них отраслей народного хозяйства, направлений и технологий использования, затрат на их захоронение (хранение) и обезвреживание с учетом относительной опасности, характера обустройства и местоположения отвалов, хвостохранилищ, полигонов и т. д.

Лимит размещения — это разница между планируемыми объемами образования отходов и их использования.

Норматив платы за размещение отходов определяется по формулам (11.34) и (11.35), а значение $M^{\text{л}}$ по формуле

$$M^{\text{л}} = \sum_{i=1}^n m_c^{\text{л}} k_{c_{1i}} k_{c_{2i}} A_i, \quad (11.41)$$

где $m_c^{\text{л}}$ — лимит размещения i -го отхода, т/год; $k_{c_{1i}}$ — коэффициенты учета местоположения и характера обустройства места складирования (захоронения) i -го вида отхода, определяемые следующим образом: на расстоянии от городов, населенных пунктов, водоемов, рекреационных зон и водохранимых террито-

рий свыше 3 км — $k_{сИ}=1$, менее 3 км — $k_{сИ}=3$ (минимальное расстояние, с которого начинается применение $k_{сИ}=3$ может быть увеличено решением исполкома Совета народных депутатов совместно с региональными органами Госкомприроды СССР и санитарной службы); специально обустроенные места складирования (полигоны), обеспечивающие защиту атмосферы и водных источников, и озелененные места складирования $k_{с2i}=1$; выделенные исполкомами Советов народных депутатов места складирования (свалки) $k_{с2i}=2$; A_i — показатель относительной опасности i -го отхода, усл. т/т.

Годовой размер платы предприятия за выброс всех загрязняющих веществ в атмосферу и в водные источники, а также за размещение отходов определяется путем суммирования соответствующих плат по всем видам загрязнения природной среды.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беспамятнов Г. П., Кротов Ю. А.* Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Л., Химия, 1985.
2. *Бялко А. В.* Наша планета Земля. М., Наука, 1983.
3. *Горлов В. Д.* Рекультивация земель на карьерах. М., Недра, 1981.
4. *Защита атмосферы от промышленных загрязнений.* Под ред. С. Калверта и Г. М. Инглунда. М., Металлургия, 1988.
5. *Иванов Б. А.* Инженерная экология, Л., изд. ЛГУ, 1989.
6. *Ливчак И. Ф., Воронов Ю. В.* Охрана окружающей среды М., Стройиздат, 1988.
7. *Лобанов Н. Я.* Экономика природопользования при добыче и переработке полезных ископаемых. Л., изд. ЛПИ, 1988.
8. *Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.* ОНД—86. Л., изд. Гидрометеониздат, 1987.
9. *Одум Ю.* Экология. М., Мир, 1986.
10. *Охрана окружающей среды/С. А. Брылов, Л. Г. Грабчак, В. И. Комашенко и др.* М., Высшая школа, 1985.
11. *Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях.* М., Недра, 1981.
12. *Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах.* Л., Гидрометеониздат, 1987.
13. *Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами.* Л., Гидрометеониздат, 1986.
14. *Справочник по пыле- и золоулавливанию.* Под ред. А. А. Русанова, М., Энергоатомиздат, 1983.
15. *Уминов А. Е.* Охрана природы и недр в горной промышленности. М., Недра, 1987.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. История развития экологических проблем	5
1.1. Этапы развития жизни на Земле и история экологических кризисов	5
1.2. Экологические проблемы на современном этапе развития общества	9
2. Состав и строение литосферы, гидросферы и атмосферы	18
2.1. Литосфера	18
2.2. Гидросфера	20
2.3. Атмосфера	24
2.4. Абиотический круговорот веществ на планете	26
3. Учение о биосфере	32
3.1. Роль живых организмов в формировании биосферы	32
3.2. Биотический круговорот веществ в биосфере	37
3.3. Природные экологические системы	44
4. Научные основы инженерной экологии	62
4.1. Инженерная экология — новое научное направление	62
4.2. Природно-промышленные системы	65
4.3. Функционирование природно-промышленных систем	75
4.4. Источники воздействия на природную среду	84
4.5. Формы нарушения и загрязнения природной среды	90
5. Основы природоохранного законодательства	107
5.1. Принципы и развитие природоохранного законодательства в СССР	107
5.2. Содержание права государственной собственности на природные объекты	111
5.3. Конституционные основы охраны природы в СССР	113
5.4. Система законодательных актов об охране природы	114
5.5. Органы государственного управления охраной и рациональным использованием природных ресурсов	117
5.6. Общие требования по охране окружающей природной среды при строительстве и эксплуатации горных предприятий	119
5.7. Ответственность за нарушение природоохранного законодательства	125
6. Рациональное использование минеральных ресурсов и охрана недр при добыче и переработке полезных ископаемых	128
6.1. Общие положения по охране и рациональному использованию минеральных ресурсов и недр	128
6.2. Технико-эколого-экономическая оценка эффективности использования и охраны минеральных ресурсов при разработке месторождений полезных ископаемых	139
7. Рациональное использование и охрана земельных ресурсов при добыче и переработке полезных ископаемых	160
7.1. Оценка эффективности использования и охраны земель при добыче и переработке полезных ископаемых	160
7.2. Паспортизация используемых земель при строительстве и эксплуатации горных предприятий	167
	319

7.3. Охрана и рациональное использование земель при добыче и переработке полезных ископаемых	170
7.4. Рекультивация нарушенных земель	187
8. Рациональное использование и охрана водных ресурсов при добыче и переработке полезных ископаемых	229
8.1. Общие сведения	229
8.2. Показатели и требования по обеспечению качества природных и сточных вод	231
8.3. Водоснабжение горных предприятий	240
8.4. Условия образования и состав сточных вод горных предприятий	245
8.5. Способы и методы очистки и обеззараживания сточных вод	248
9. Охрана атмосферы	253
9.1. Критерии качества атмосферного воздуха	253
9.2. Роль климатических факторов в загрязнении атмосферы	258
9.3. Оценка загрязнения воздушного бассейна	264
9.4. Определение допустимого воздействия на воздушный бассейн и управление воздействием	273
9.5. Охрана воздушного бассейна от пылегазовых выбросов предприятий	274
10. Контроль состояния природной среды в районе действия горного предприятия	282
10.1. Общие положения по контролю состояния природной среды	282
10.2. Контроль состояния атмосферного воздуха	283
10.3. Контроль состояния поверхностных и подземных вод	286
10.4. Контроль состояния почвенного покрова	292
10.5. Аэрокосмический и картографический методы контроля	297
10.6. Экологический мониторинг	301
11. Планирование и реализация природоохранных мероприятий	302
11.1. Структура и содержание комплексных планов действующих горных предприятий	302
11.2. Оценка экономической эффективности реализации комплексного плана охраны окружающей среды и повышения эффективности использования природных ресурсов	307
Список рекомендуемой литературы	318