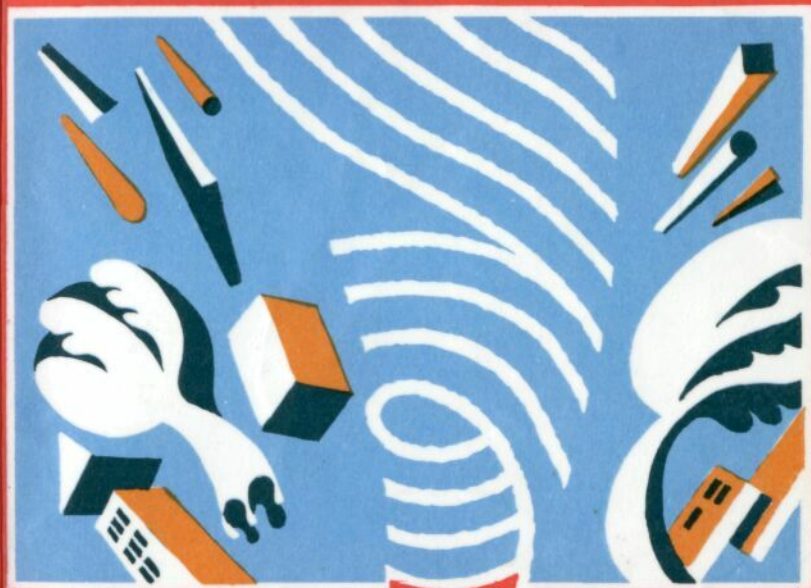


П. Д. АСТАПЕНКО

Вопросы о погоде



ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

П. Д. АСТАПЕНКО

Вопросы
о погоде

(ЧТО МЫ О НЕЙ ЗНАЕМ И ЧЕГО НЕ ЗНАЕМ)

Издание второе, исправленное
и дополненное



ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1986

A91
26.23

Рецензенты: д-р физ.-мат. наук А. Х. Хргиан,
канд. геогр. наук В. И. Сазонов

Астапенко П. Д.
A91 Вопросы о погоде. — 2-е изд., испр. и доп. — Л., Гидрометео-
издат, 1986, 392 с. с илл.

Эта книга — о погоде в самом широком смысле слова. В ней собраны наиболее типичные вопросы о погоде, задаваемые обычно людьми разных возрастов, уровней образования, профессий. Отвечая на эти вопросы, автор не углубляется в теоретические основы метеорологии, но и не впадает в упрощение.

Предназначается широкому кругу читателей, учителям и учащимся в первую очередь.

1903040000-167
069(02)-86 58-86

26.23

© Гидрометеиздат, 1986

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

О погоде люди судят не по книгам и учебникам, а по собственному опыту — по тому, как она влияет на их повседневную жизнь, как они воспринимают ее капризы. Суждения людей о погоде в значительной мере отражают индивидуальные особенности реакции человека на состояние внешней среды и часто субъективны. Интересует погода, хотя бы время от времени, практически всех нас, она — постоянная тема разговоров, но знаем мы о ней далеко не все. В школах должного внимания погоде не уделяют, а популярной литературы о ней недостаточно.

Моих коллег-метеорологов поражает разнообразие вопросов о погоде, задаваемых друзьями и знакомыми. Ответить на такие вопросы — и есть основная цель предлагаемой читателю книги, рассчитанной на всех, кого интересует погода, ее особенности и капризы.

В книге более пятисот различных вопросов о погоде, сгруппированных по основным темам. В ответах на вопросы дается объективная оценка того, что мы знаем о погоде и чего еще не знаем о ней. Есть темы, объединяющие вопросы, которые может задать каждый, есть темы для особо любознательных, для тех, кто интересуется работой метеорологов, их подготовкой, прогнозированием погоды, изменениями климата, влиянием погоды на жизнь людей и другими проблемами современной науки о погоде.

Автор стремился излагать установившиеся в науке взгляды, лишь в отдельных случаях приводя еще не общепринятые, дискуссионные толкования. Он надеется, что книга будет полезной читателю, не искушенному в проблемах метеорологии, но испытывающему желание в них разобраться.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

В предлагаемом читателю новом издании книги сохранен текст ответов почти на все вопросы, содержащиеся в первом издании. Исключение составляют три вопроса, освещение которых в новой редакции учитывает замечания читателей. Автор выражает глубокую признательность всем многочисленным читателям, которые прислали свои отзывы и замечания и тем самым способствовали улучшению содержания книги.

Идя навстречу пожеланиям читателей, автор дополнил книгу ответами более чем на два десятка различных вопросов, в том числе на вопросы, касающиеся влияния погоды на занятия спортом, которые сведены в новую отдельную главу «Спорт и погода». В основном это вопросы о занятиях видами спорта, связанными с пребыванием на открытом воздухе, — планеризмом, парусным спортом, лыжами, горным и пешеходным туризмом.

В ряде случаев даны новые, более точные цифровые характеристики, ставшие известными в последние годы, после выхода в свет первого издания книги (например, минимальная температура воздуха, зафиксированная на земной поверхности в Антарктиде, высота облачного покрова на Венере и др.).

В новом издании исправлены и отдельные опечатки, вкравшиеся, к сожалению, в текст первого издания. Книга дополнена предметным указателем.

Автор надеется, что книга окажется полезной широкому кругу читателей, особенно школьной и студенческой молодежи, которой она в первую очередь предназначается. Он будет благодарен за все отзывы и замечания читателей.

ВОПРОСЫ, ЗАДАВАЕМЫЕ ВСЕМИ



Среди множества вопросов о погоде встречаются такие, которые может задать любой человек, независимо от пола и возраста, образования и профессии. Обычно эти вопросы о погоде как таковой, то есть о ее сущности и природе, а также о причинах ее изменений, кажущихся необычными, и о возможной связи этих изменений с такими порождениями века научно-технической революции, как проникновение человека в космос, термоядерные взрывы, полеты сверхзвуковых самолетов и т. д.

При всей кажущейся наивности некоторых вопросов ответить на них не всегда просто. Удивительно, что иной раз сложнее всего бывает ответить на вопрос ребенка дошкольного возраста. Крохотный человечек, только начинающий познавать окружающий его мир, не воспринимает погоду как нечто само собой разумеющееся. Он стремится понять суть вещей, о которых взрослые уже не задумываются, как не задумываются они, скажем, над сутью понятий «пространство» и «время», а ведь размышления о них в свое время привели Эйнштейна к созданию теории относительности... Итак:

1.1. Почему погода бывает такая разная?

В самом деле, почему? Источник тепла, поступающего на Землю, всегда один и тот же, количество солнечной энергии, достигающей Земли, практически неизменно, как неизменны форма Земли, ее поверхность и газовый состав воздушной оболочки нашей планеты. А погода бывает разная не только в разных местах планеты, но и в каждой отдельной точке ее, и не только в

разные сезоны, но даже на протяжении одного дня, а то и часа!

Причин разнообразия и непостоянства погоды так много, что один только перечень их может составить целую книгу. Здесь мы укажем лишь две основные причины: во-первых, чрезвычайная подвижность атмосферы, во-вторых, огромное количество так называемых метеорологических величин и явлений, определяющих состояние погоды в какой-то любой момент или за какой-то любой промежуток времени. И все эти величины (температура, влажность, ветер, давление, облака и пр.) и явления (грозы, смерчи, метели, бури и пр.) взаимосвязаны — изменение одного из них влечет за собой изменение других. Например, если развитие процессов в атмосфере приведет к изменению облачности, то последнее может повлечь за собой изменение температуры, влажности, осадков, ветра, метель или грозу, туман, гололед, град и т. д. Отсюда нестабильность погоды, ее разнообразие...

1.2. Что такое метеорология?

Название свое наука метеорология получила от греческого слова «метеора», означающего «нечто в небе»; буквально это наука о метеорах (не метеоритах!). Изучает метеорология гидрометеоры (дождь, снег, град), воздушные метеоры (ветер, пыльные бури), литометеоры (пыль, пыльца), светящиеся метеоры (радуга, миражи), огненные метеоры (молнии) и т. д.

Метеорологию называют также наукой о погоде. Такое более простое толкование этой науки достаточно точно отражает ее содержание и в настоящее время наиболее употребительно.

1.3. В чем различие между понятиями «метеорологические величины», «метеорологические явления» и «погода»?

Метеорологические величины — это температура и влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра, дальность видимости, количество и высота облаков и другие характеристики состояния атмосферы, которые могут быть выражены в тех или иных единицах измерения.

Метеорологические явления — туман, гололед, метель, пыльные и песчаные бури, гроза, шквал, смерч и другие качественные характеристики происходящих в атмосфере процессов — не имеют точного количественного выраже-

ния. Их интенсивность определяют или с помощью терминов «слабый», «умеренный», «сильный», или через метеорологические величины, например: туман с дальностью видимости 500 м и т. д.

Погода — это состояние атмосферы в какой-то физический момент или отрезок времени, характеризующееся совокупностью метеорологических величин и явлений. Можно говорить о погоде, наблюдаемой в данную минуту или наблюдавшейся в какой-то момент в прошлом, о погоде одного дня, месяца или сезона и т. д.

Характеризуют погоду или с помощью приближенных, упрощенных, обобщающих терминов (облачная, дождливая, теплая, сухая, жаркая, холодная, ветреная, сырая), или всей совокупностью значений метеорологических величин (например: полная облачность, дождь, ветер северный, температура воздуха 10°C и т. д.).

1.4. Что такое атмосфера?

Под земной атмосферой мы подразумеваем воздушную оболочку нашей планеты. Существуют атмосферы и у других планет, но они по своему составу отличны от нашей. Земная атмосфера представляет собой смесь около двадцати газов. Основные из них — азот и кислород, а также такие важные примеси, как водяной пар, углекислый газ и озон. Газы, входящие в состав воздуха, обладая определенной плотностью, оказывают на каждый квадратный сантиметр земной поверхности давление, равное весу столба воздуха от поверхности моря и до верхней границы атмосферы и составляющее на уровне моря в среднем $1,033 \text{ кг/см}^2$. В технике эта величина принята за единицу давления, ее так и называют — атмосфера.

1.5. Как высоко простирается атмосфера Земли и какова ее масса?

Основная масса воздуха сосредоточена в нижних нескольких десятках километров над земной поверхностью: в первых 5 км — примерно половина, в 10-километровом слое — около трех четвертей, а в 20-километровом — 19/20. Разряжаясь с высотой, атмосфера незаметно переходит в межпланетное пространство. Четкой верхней границы атмосферы не существует: следы некоторых легких газов, входящих в состав воздуха, еще присутствуют на очень значительных высотах — до многих тысяч километров.

Масса земной атмосферы колоссальна: на 510,2 млн. км² поверхности Земли оказывает давление 5,15 квадриллионов тонн воздуха ($5,15 \cdot 10^{15}$).

1.6. Одинаков ли состав воздуха на разных высотах в атмосфере?

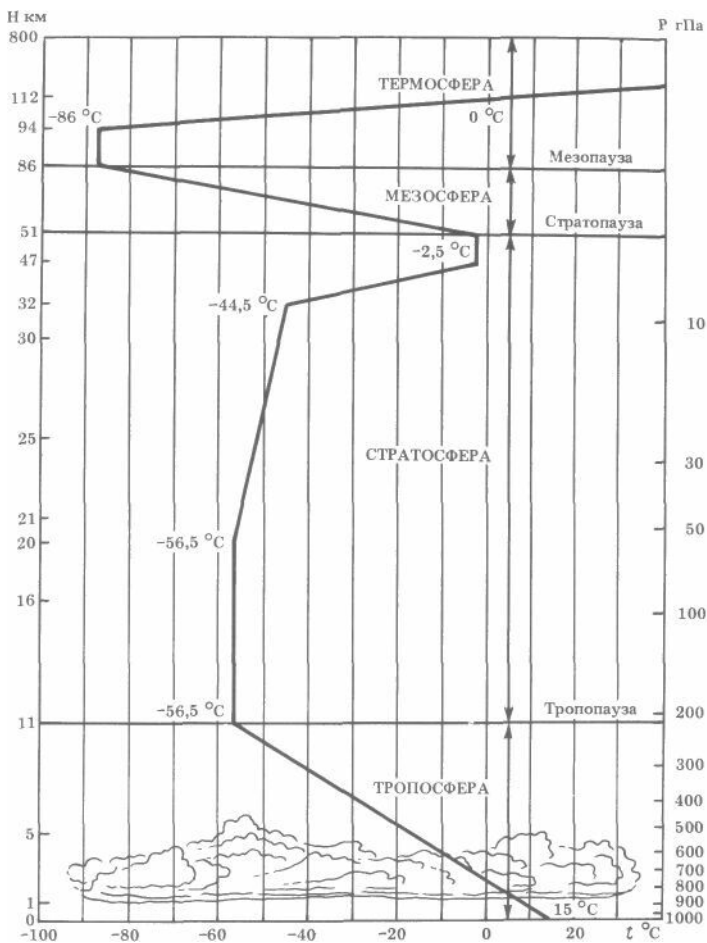
Атмосфера по составу основных газов считается однородной только в нижнем 94-километровом слое, называемом гомосферой; выше находится гетеросфера, в которой содержание легких газов возрастает, а тяжелых — уменьшается; газы там в значительной степени ионизированы или находятся в атомарном состоянии, то есть их молекулы диссоциированы.

1.7. На какие слои делится атмосфера и по каким признакам?

По основным физическим свойствам и составу воздуха атмосфера, как отмечалось выше, делится на гомосферу и гетеросферу. По характеру изменения температуры с высотой метеорологи выделяют пять основных слоев и четыре промежуточных. До высоты (в среднем) 11 км — тропосфера, от 11 до 51 км — стратосфера, от 51 до 86 км — мезосфера, от 86 до 800 км — термосфера и выше 800 км — экзосфера. Промежуточные слои — тропопауза, стратопауза, мезопауза и термопауза. Характер изменения температуры с высотой в каждом основном слое и приблизительные характерные значения температуры показаны на рис. 1.

Радиофизики по уровню ионизации, электропроводности и способности отражать и поглощать радиоволны выделяют в атмосфере еще несколько слоев. Слой атмосферы, заключенный между высотами 100 и 1000 км, называют ионосферой. В ионосфере на высотах 60—100 км лежит слой *D*, от 10 до 150 км — слой *E*, выше 220 км — слои *F*₁ и *F*₂. Положение и интенсивность слоев ионосферы меняется ото дня к ночи и в зависимости от изменений солнечной активности.

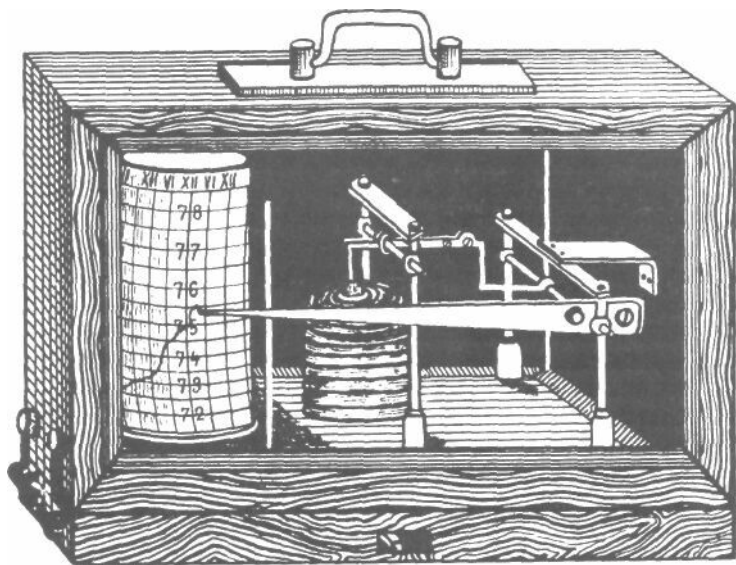
В атмосфере выделяют еще один особый слой, называемый озоносферой. Он находится на высотах 10—60 км, то есть в стратосфере и нижней мезосфере. Здесь происходят фотохимические процессы образования озона, максимальное содержание которого отмечается между 20 и 25 км. Так как озон способен поглощать значительную часть ультрафиолетовой радиации, идущей от Солнца, то температура воздуха выше озоносферы, то есть в верхней стратосфере, достигает даже положительных значений.



1. Стрoение атмосферы. Распределение температуры с высотой в СА-81

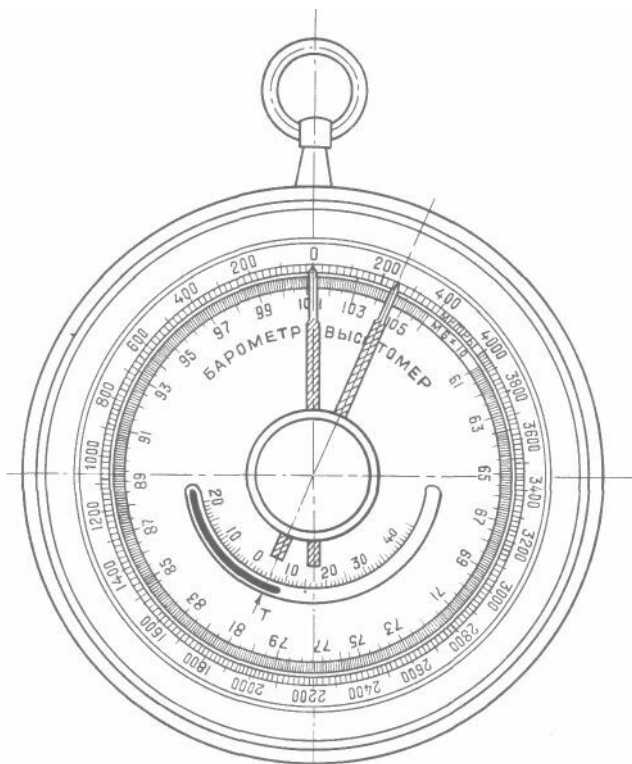
1.8. Как и в каких единицах измеряют атмосферное давление?

Стандартным прибором для измерения атмосферного давления является ртутный барометр. Он представляет собой стеклянную трубку, запаянную с одной стороны и наполненную ртутью. Открытым концом трубка опущена



2. Барограф — самописец атмосферного давления

в сосуд, частично заполненный ртутью. Когда давление воздуха повышается, столбик ртути в трубке растет, и наоборот. Высота столбика ртути в барометре на уровне моря при среднем, или «нормальном», давлении равна 760 мм. Колебания этой высоты также можно измерять в миллиметрах. Официальной единицей атмосферного давления является паскаль (Па). 100 Па составляют 1 гектопаскаль (гПа), или 1 миллибар (мбар). 1 гПа соответствует $3/4$ мм ртутного столба. На практике используются все названные единицы для определения атмосферного давления: Па, гПа, мбар, мм рт. ст. В метеорологии долгое время наиболее употребительной была единица миллибар, в настоящее время — гектопаскаль; бортовые авиационные приборы у нас в стране тарированы в миллиметрах ртутного столба.



3. Барометр-анероид

Там, где относительно громоздкие ртутные барометры неудобны, применяют барометры-анероиды (рис. 3). Основной частью анероида является упругая мембранная металлическая коробка, из которой выкачан воздух. Деформация стенок коробки, вызываемая изменением давления, системой рычагов передается на шкалу, градуированную по эталону — ртутному барометру — в соответствующих единицах атмосферного давления. Точность измерения давления барометрами-анероидами несколько меньшая, чем ртутными барометрами, но для ряда практических целей она достаточна.

1.9. Существует ли прямая связь между изменениями давления и изменениями погоды?

Поскольку в областях высокого атмосферного давления — антициклонах — погода чаще всего бывает лучше, чем в областях низкого давления — циклонах, то в принци-

пе рост атмосферного давления (о котором свидетельствует увеличение высоты столбика ртути в барометре) с некоторой вероятностью может служить признаком улучшения погоды, а понижение давления (уменьшение высоты столбика ртути) — предвестником ее ухудшения. Таким образом, более существенна тенденция изменения давления, а не абсолютное его значение. Однако условия погоды определяются далеко не одним атмосферным давлением, поэтому полагаться только на этот признак нельзя, можно ошибиться, что и случается нередко при пользовании старинными приборами-анероидами, снабженными помимо шкалы давления надписями типа: «сухо», «переменно», «к осадкам» и т. п.

1.10. Что такое относительная влажность воздуха?

Воздух может быть сухим или влажным. При одной и той же температуре воздуха содержание водяного пара в нем может колебаться в широких пределах: от максимально возможного (полное насыщение) до нуля (абсолютно сухой воздух). Относительная влажность и характеризует степень насыщения воздуха водяным паром. Она представляет собой отношение фактически имеющегося в воздухе количества водяного пара к максимально возможному его количеству при данной температуре. Выражается относительная влажность в процентах, например: 100% — полное насыщение, 50% — насыщение наполовину и т. д. Относительная влажность, таким образом, не характеризует абсолютное содержание в воздухе водяного пара, которое в зависимости от температуры воздуха может быть значительным и при небольшой относительной влажности (например, в жару) и очень малым — при высокой относительной влажности (например, в сильные морозы).

1.11. Что такое стандартная атмосфера?

Фактические характеристики состояния атмосферы все время меняются в зависимости от развития атмосферных процессов, времени года, суток и т. д. В практической деятельности оказалось необходимым и удобным средние значения этих характеристик принимать за постоянные.

Условные постоянные значения основных характеристик состояния атмосферы на разных высотах — атмосферного давления, температуры, плотности воздуха, вязкости, теплопроводности и других, — неизменные независимо от времени года или суток, сведены в таблицы стандартной атмосферы (СА).

Существуют национальные и международные таблицы, есть таблицы СА для отдельных географических районов (например, тропическая СА) и сезонов (летняя арктическая СА, зимняя арктическая СА). На территории Советского Союза действует обязательный для всех ГОСТ СА. Последнее издание таблиц СА носит сокращенное название ГОСТ СА 4401-81. Таблицы содержат официальные данные для высот от 2000 до 1 200 000 м.

1.12. Для чего нужна стандартная атмосфера?

Стандартная атмосфера предназначена для использования при расчетах и проектировании самолетов, вертолетов, двигателей и оборудования, а также при решении других научно-технических задач.

Исходя из СА можно сопоставлять результаты инструментальных измерений, произведенных в атмосферном воздухе в разное время, можно объективно оценить качества различных летательных аппаратов, например их способность развивать максимальную скорость или подниматься на предельно достижимую высоту. Для этого надо данные, полученные любым летательным аппаратом в любое время, привести к стандартным условиям СА.

1.13. Каковы характеристики стандартной атмосферы?

Во всех таблицах СА, за исключением таблиц для тропической и арктической зон, на уровне моря приняты следующие значения основных параметров атмосферы:

атмосферное давление $P = 760$ мм рт. ст. = 1013,25 гПа;

температура воздуха $T = 288,15$ К, $15,0^\circ$ С;

относительная влажность воздуха $f = 0\%$;

плотность воздуха $\rho = 1,225$ кг/м³;

ускорение свободного падения $g = 9,8066$ м/с².

1.14. Что такое календари погоды?

Возникновение календарей погоды связано с первыми попытками людей систематизировать результаты своих наблюдений за погодой и ее изменениями. Еще в V веке до н. э. греческий астроном Метон ввел обычай выставлять на городских площадях мраморные таблицы, на которых отмечались наиболее важные явления погоды и даты их наблюдения (правда, без указания года). Эти таблицы назывались парапегмами, и ими пользовались как прогнозами будущей погоды.

Позже в разных странах наряду с календарями самого различного назначения (астрономическими, религиозными,

ми, астрологическими) стали составляться и календари погоды. В них давались сведения о погоде в разные дни года, сезона, месяца и недели.

По аналогии с календарями, указывающими будущее состояние звезд, планет, различных явлений природы и даже человеческих судеб, календари погоды содержали сведения о предстоящей погоде. Например, Метон утверждал, что в явлениях погоды существует девятнадцатилетний цикл, а его соотечественник Эвдокс, живший позже, обнаруживал четырехлетнюю периодичность.

Календари погоды существовали и в Древнем Риме (например, календарь Колумеллы). Были они и в Индии (в них делалась попытка предсказать время начала и интенсивность муссонных дождей). Расцвет увлечения календарями погоды приходится на средние века. В сочинениях этого типа было мало примет, имеющих практическую ценность, таких, как в «Книге природы» (1340 год), где Конрад фон Мегенберг указывает, что гало предвещает дождь. В «Правилах пастуха из Бэнбери», опубликованном членом Лондонского королевского общества Клэриджем в 1744 году, наряду с рядом ошибочных утверждений тоже содержались и некоторые вполне обоснованные приметы.

Самым известным стал Брюсов календарь XVIII века. Извлечения из него систематически публиковались в дореволюционной России, а в ряде стран они продолжали печататься в настенных календарях и некоторых газетах вплоть до середины нынешнего века. По своей сути сведения, которые можно почерпнуть из этого календаря, лженаучны, как лженаучны творения и других авторов календарей погоды; большинство их — плод добросовестных заблуждений, а иногда и спекуляция на человеческом невежестве и острой потребности людей знать будущую погоду.

1. 15. Существует ли на Земле «кухня погоды»?

«Кухней погоды» на Земле является вся земная атмосфера, взаимодействующая с поверхностью океанов и континентов, которую принято называть подстилающей поверхностью. Указать какое-либо особое место, где зарождаются наиболее существенные изменения погоды, нельзя, хотя еще не так давно некоторые метеорологи считали, что существуют места на земном шаре, которые образно можно назвать «кухней погоды». «Кухню погоды» помещали то в Арктику, то в Антарктику, то в верхние слои атмосферы, чувствительные к изменениям солнечной ак-

тивности, и даже в космическое пространство. В последнее время есть тенденция называть «кухней погоды» Мировой океан. Поскольку он покрывает около 3/4 поверхности нашей планеты, то у него, по-видимому, больше, чем у остальных претендентов, права носить это звание. Однако эта «кухня» слишком велика, чтобы можно было легко распознать, какая в ней готовится погода для того или иного района.

Погода на земном шаре формируется через механизм общей циркуляции атмосферы, двигателем которого является поступающая к Земле солнечная энергия. Механизм этот чрезвычайно сложный, и порождаемые им условия погоды удивительно разнообразны, а закономерности их изменений пока известны недостаточно полно. Искать на Земле какое-то особенное место, откуда приходит к нам «и зной, и хлад, и с громом град», так же бесперспективно, как конструировать вечный двигатель или искать философский камень.

1.16. Почему продукты портятся быстрее в теплую погоду?

Порча продуктов связана с активизацией жизнедеятельности бактерий, сопровождающейся химической реакцией окисления. В конечном счете указанные процессы достигают некоторого уровня, который мы характеризуем как гниение. Известно, что скорость большинства химических реакций и биологических процессов приблизительно удваивается при повышении температуры на 10°C. Именно поэтому при высокой температуре, то есть в теплую погоду, продукты портятся быстрее.

1.17. Что такое бури равноденствия?

Это штормы в океанах и морях у западных побережий континентов в умеренных широтах, часто приходящиеся на периоды весеннего и осеннего равноденствия или на сроки, близкие к ним. В эти периоды теплый сезон сменяется холодным (или наоборот) и погода особенно неустойчива. Обычно штормы переходных сезонов вызываются глубокими, перемещающимися с большой скоростью циклонами, несущими с собою ненастье, сильные ветры, волнение на море. Прямой же связи штормов с пересечением солнцем экватора при его движении с юга на север или с севера на юг, то есть с моментом весеннего и осеннего равноденствия, не существует. Можно говорить лишь о приблизительном *совпадении* во времени этих двух явлений природы.

1.18. Существует ли связь между полярными сияниями и погодой?

Полярные сияния возникают при свечении разреженных газов в верхних слоях атмосферы — ионосфере. Свечение газов вызывается электрически заряженными частицами, испускаемыми время от времени Солнцем в периоды повышенной солнечной активности. Поток этих частиц (корпускулярное излучение Солнца), отклоняясь под действием магнитного поля Земли, проникает в атмосферу над полярными областями. Сияния наблюдаются в нижнем и верхнем слоях ионосферы, преимущественно на высотах 80—320 и 560—1040 км. Явление это обычно сопровождается магнитными бурями, нарушением радиосвязи, но никак не влияет на погоду в нижних слоях атмосферы. О связи полярных сияний с погодой можно говорить лишь в том смысле, что наблюдение их становится возможным при ясном, не закрытом облаками небе. Однако на высоте сотен или даже тысяч километров над земной поверхностью, где наблюдаются полярные сияния, возможны колебания температуры, связанные с корпускулярным излучением.

1.19. Могут ли изменения погоды вызвать землетрясение?

Развитие атмосферных процессов никак не связано с состоянием земной коры и, таким образом, непосредственной причиной колебаний отдельных участков земной поверхности быть не может. Однако в зонах сейсмической активности возможны ситуации, когда быстрая смена барических систем и вызванное ею резкое изменение атмосферного давления над какой-то местностью дают толчок вертикальному смещению находящихся в состоянии неустойчивого равновесия пластов земной коры, то есть фактически провоцируют землетрясение, назревающее в природе независимо от атмосферных процессов. Другими словами, перемещение крупных атмосферных вихрей, сопровождающееся резкими колебаниями атмосферного давления над значительными площадями земной поверхности, способно ускорить возникновение землетрясения, но непосредственной причиной последнего быть не может.

1.20. Связаны ли с погодой случаи взрывов газов в угольных шахтах?

Расследование обстоятельств некоторых взрывов в шахтах в США показало, что нередко взрывы происходят примерно через сутки после прохождения над этой мест-

ностью глубоких циклонов, то есть вслед за резким падением атмосферного давления. Специалисты считают, что при быстром понижении давления из угля начинают усиленно выделяться газы, в таком количестве, что их не успевают откачивать вентиляторы. Газы накапливаются в шахте и, смешиваясь с воздухом, становятся взрывоопасны. Предотвратить взрывы могла бы более совершенная система вентиляции, работающая «с запасом», то есть в расчете на аномально большое выделение газов при интенсивном изменении атмосферного давления на поверхности.

1.21. Что подразумевается под «сезоном» в метеорологии и других науках?

Астрономические сезоны имеют по три месяца и разграничиваются сроками равноденствий и солнцестояний: в северном полушарии зима наступает после зимнего солнцестояния, 21 декабря, весна — после весеннего равноденствия, 21 марта, лето — после летнего солнцестояния, 21 июня, и осень — после осеннего равноденствия, 22 сентября.

Метеорологические и климатологические сезоны выделяются по другим признакам, не одинаковым для разных географических районов. Это или даты установления и схода устойчивого снежного покрова, даты перехода дневных и суточных температур воздуха через 0°C , или же время наступления типичных для каждого сезона процессов в атмосфере, переломов в погоде. Помимо общеизвестных четырех основных сезонов иногда выделяют и дополнительные переходные сезоны, например, предзимье или предвесенье.

Фенологи устанавливают границы между сезонами по характерным явлениям в природе — прилету и отлету птиц, пробуждению растений, разворачиванию листьев на деревьях, появлению цветов, ягод, созреванию плодов или злаков, началу листопада, прекращению вегетации растений и т. д.

В отличие от астрономических, все остальные сезоны имеют различную продолжительность, и даты их наступления в разные годы колеблются в значительных пределах. Но существуют и средние многолетние даты сезонов, устанавливаемые специалистами для отдельных районов. Так, например, в Ленинграде зима — период года с устойчивыми морозами — в среднем начинается 7 декабря и заканчивается 10 марта, то есть длится 93 дня, а в Москве соответственно — с 24 ноября по 12 марта, то есть 108 дней.

Если рассматривать зиму как период с устойчивым снежным покровом, то в Ленинграде она заканчивается 31 марта, а в Москве только 7 апреля и длится, следовательно, в Ленинграде 116 дней, а в Москве — 132 дня. Зато лето — период без заморозков в воздухе — в Ленинграде примерно на столько же дней короче, насколько длиннее зима в Москве.

1.22. Можно ли заранее узнать, каким будет лето или зима?

Среди других ошибочных представлений о признаках погоды существует и такое: «после морозной зимы будет жаркое лето, а после холодного лета — теплая зима». Это заблуждение основано на мнении, что существует некий закон компенсации, то есть неизбежность выдерживания среднегодового режима погоды: если в одном сезоне было отклонение в одну сторону, то в последующих сезонах должно быть отклонение в сторону противоположную. Конечно же, прямой связи между погодой в различные сезоны года не существует, это доказано трудами многих исследователей. Аномалии погоды бывают не только сезонными, но и годовыми, и следовательно, аномально теплыми или аномально холодными могут оказаться оба сезона — и зима, и лето; возможно также, что после одного аномально теплого сезона несколько более холодными окажутся один или несколько других сезонов, и год в целом будет обычным, близким к норме...

Прогнозы погоды на сезон иногда бывают удачными, но научно обоснованный ответ на вопрос о том, каким будет лето или зима, ученые пока дать не могут.

1.23. Есть ли основания считать долгосрочные прогнозы проблемой века?

Нашему XX веку присваивалось множество эпитетов, и множество различных событий — знаменательных, сенсационных, значительных и лишь кажущихся такими... — пытались украсить именем века. Вспомним многочисленные открытия века, болезни века, матчи века, убийства и даже кражи века и, наконец, проблемы века. Среди последних иногда называют и проблему долгосрочного прогноза погоды. Есть ли для этого основания? Едва ли. Родилась эта проблема отнюдь не в нашем веке, а тысячами лет раньше, да и полного своего решения она в нашем столетии еще не получила и вряд ли получит.

Будущая погода — на следующий день, месяц, сезон или год — интересовала людей всегда. В глубокой древ-

ности человек зависел от погоды не меньше, а, пожалуй, больше, чем сейчас. Первобытный собиратель корней растений, охотник, кочевник-скотовод, земледelec — все они нуждались в предвидении погоды. А верных примет погоды, доступных человеку, в природе не так уж много, особенно примет, предупреждающих с большой заблаговременностью о предстоящих переменах погоды.

Литературные источники древности полны упоминаний о погоде и ее изменениях, управляемых единым богом, богами или слугами богов. Античные ученые, например Аристотель, отмечали связь между отдельными явлениями погоды, в том числе между направлением ветра и состоянием неба, но дальше этого они не пошли.

Ученые, начиная с Аристотеля, занимались этой проблемой более двух тысячелетий, и лишь в прошлом веке наука стала делать первые и весьма скромные успехи. Только самые смелые оптимисты среди метеорологов высказывают надежду на возможность полного успеха в решении проблемы долгосрочных прогнозов в следующем столетии. Вопрос о том, проблемой какого века можно будет назвать проблему долгосрочного предсказания погоды, остается, таким образом, пока открытым.

1.24. Почему краткосрочные прогнозы погоды общего пользования не всегда оправдываются?

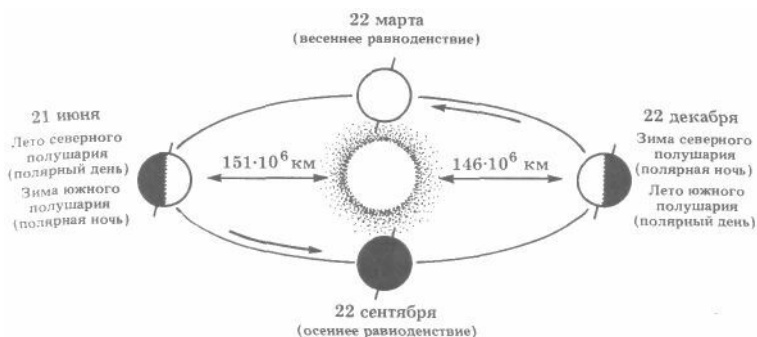
Оправдываемость прогнозов погоды общего пользования в среднем составляет около 90%. Наука не в состоянии пока обеспечить абсолютную оправдываемость прогнозов. Это объясняется, в частности, неполнотой исходной информации о фактической погоде: ведь для прогнозов нужны сведения о погоде на большой территории, а разветвленная сеть метеорологических станций имеется далеко не везде (в океанах, например, или в горных областях она очень редка). Кроме того, прогнозируемые условия очень трудно детализировать, так как погода бывает разной даже в пределах одного города (в одном его районе выпал дождь, а в другом его не было, например). Отметим и то, что прогноз погоды общего пользования зависит не только от точности математических расчетов, но и от субъективных факторов — опыта и квалификации синоптиков, их умения интерпретировать данные расчетов, выполненных на ЭВМ (пока ЭВМ рассчитывает будущее значение только трех элементов — давления, температуры и ветра, и не для приземного слоя воздуха, а для вышележащих уровней). Люди же, как известно, могут иногда ошибаться.

1.25. Влияет ли на атмосферные условия вращение Земли вокруг своей оси?

Да, вращение Земли отражается на погодных условиях нашей планеты. Будь Земля неподвижной, не вращающейся, они были бы совсем иными. Существенна, однако, *угловая* скорость этого вращения, одинаковая для всех точек земной поверхности, составляющая в среднем $0,729 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$; линейная же скорость вращения, которая на полюсах равна нулю, а на экваторе достигает 464 м/с, то есть около 1700 км/ч, практического значения для условий погоды не имеет. Дело в том, что вся воздушная оболочка Земли — атмосфера — вращается вместе с Землей и с той же скоростью. Вращение Земли создает инерционные силы, в том числе отклоняющую силу вращения Земли, пропорциональную угловой скорости вращения планеты. Эта сила сказывается на любом горизонтальном движении, в том числе и на движении воздуха, то есть ветре. Она отклоняет поток воздуха от первоначального его направления в северном полушарии вправо, а в южном — влево. Поэтому ветер в северном полушарии дует не из области высокого давления в область низкого, а под некоторым углом (прямым или несколько меньшим его) к прямой, соединяющей их центры, так что низкое давление остается слева, а высокое — справа от направления движения воздуха. В связи с этим выравнивание неравномерностей в давлении происходит замедленно, возникшие ветры дуют длительно, создавая те или иные условия погоды. Кроме того, поскольку отклоняющая сила вращения Земли имеет неодинаковое значение в разных широтах (на полюсах она максимальная, на экваторе — равна нулю), движение воздуха в разных географических районах имеет свои особенности. Все это благоприятствует формированию вихрей большого масштаба (циклонов и антициклонов) в высоких и умеренных широтах и препятствует их возникновению вблизи экватора.

1.26. Действительно ли зима наступает при очередном удалении Земли от Солнца, а лето — при очередном приближении ее к Солнцу?

Для южного полушария это действительно так, но причина смены времен года на нашей планете не в изменении расстояния между Солнцем и Землей при движении последней по орбите, имеющей форму эллипса (рис. 4). Истинной причиной существования на Земле различных сезонов является наклон земной оси к плоскости земной



4. Положение Земли относительно Солнца

орбиты. Благодаря этому наклону, неизменному (равному $23,5^\circ$) как во время суточного вращения Земли вокруг своей оси, так и во время ее годового вращения вокруг Солнца, создаются различные условия облучения земной поверхности в течение года. Шесть месяцев северное полушарие наклонено к Солнцу и солнечные лучи падают на его поверхность продолжительнее и круче, чем в южном полушарии. Это летнее полугодие северного полушария. Вторые шесть месяцев года в таких условиях оказывается южное полушарие, а поверхность северного, наоборот, обращена в сторону, противоположную Солнцу, она получает меньше солнечных лучей и падают они на нее более полого, чем в южном полушарии. Для северного полушария это зимнее полугодие.

1.27. Зависит ли погода от состояния небесных светил и их положения на небосводе?

На состояние земной атмосферы, а следовательно и на погоду на Земле, могут оказывать влияние лишь светила, являющиеся источником энергии, поступающей на нашу планету. Солнце — практически единственный такой источник, и, значит, это единственное светило, от положения на небосводе и состояния которого зависит погода на Земле. Остальные звезды, другие планеты солнечной системы так же, как Луна, никакого прямого влияния на погоду Земли не оказывают, хотя условия их наблюдения с Земли сильно зависят от условий погоды. Это-то и дало повод людям в далеком прошлом связывать с положением небесных светил происходящие на Земле изменения погоды.

1.28. Влияет ли Луна на погоду на Земле?

Луна, совершая движение вокруг Земли, создает приливные волны в океанах. В значительно меньших масштабах приливо-отливные волны возникают в атмосфере. Их можно заметить по показаниям приборов, измеряющих атмосферное давление, — барометров. Эти колебания давления настолько незначительны, что практически не оказывают влияния на погоду. Однако поскольку Луна видна в основном в ясную малооблачную погоду, люди привыкли связывать ее появление с хорошей летней погодой или ясной морозной зимой. Это породило ложное представление о влиянии Луны на погоду, нашедшее отражение в народных приметах. Некоторые люди разделяют это заблуждение и в наши дни, хотя абсурдность подобных представлений доказана наукой несколько веков тому назад. Еще в XVIII веке иезуит Биро представил Французской академии наук убедительные доказательства отсутствия связи между фазами Луны и погодой, позже к таким же выводам пришли и многие другие исследователи, в том числе известный французский ученый физик и астроном Араго в 1833 году.

В научной литературе встречаются указания на существование незначительного эффекта астрономических воздействий, в том числе и связанных с Луной, на атмосферную циркуляцию, однако масштабы этих воздействий по сравнению с другими факторами настолько малы, что практически в условиях погоды не проявляются: изменения фаз Луны имеют строгую периодичность, которой нет в изменениях погоды.

1.29. Влияют ли на погоду пятна на Солнце?

Время от времени на поверхности Солнца, по обе стороны солнечного экватора, возникают темные, то есть более холодные, участки. Они представляют собой вырвавшиеся наружу газовые вихри, зародившиеся в солнечном ядре, с Земли они выглядят как небольшие, подвижные и изменяющиеся по величине пятна, продолжительность существования которых — от нескольких дней до недели, а изредка и более. Действительные размеры этих пятен примерно от 1000 до 80 000 км в поперечнике. Возникновение и исчезновение солнечных пятен — свидетельство бурных процессов, происходящих на Солнце, проявление его активности, которая имеет значение и для жизни на Земле в том числе, возможно, и для процессов в земной атмосфере. Однако колебания солнечной активности вообще в очень незначительной степени отражаются на поступлении на

Землю тех видов лучистой энергии, которая связана с формированием погоды. Кроме того, механизм погодообразования, то есть возникновения облачности, осадков, ветра и разных метеорологических явлений в тех или иных районах земного шара, так сложен, что проследить непосредственное воздействие солнечных пятен на погоду в какой-либо точке земной поверхности не представляется возможным ни теоретически, ни практически.

В периоды максимального увеличения количества солнечных пятен, которые повторяются в среднем через 11 лет (а фактически через разные промежутки времени, от 7 до 17 лет), погода на Земле ничем не отличается от погоды в другие годы: в одних районах она может быть необычайно жаркой, а в другой в это же самое время — необычайно холодной и т. п. Это многократно доказано материалами наблюдений. Так, при повышенной солнечной активности в сентябре 1980 года на Черноморском побережье Кавказа выпала годовая норма осадков, а на южном берегу Крыма — меньше месячной нормы. В другие годы с повышенной солнечной активностью осенью на Кавказе осадков выпадало меньше обычного, а в Крыму — больше нормы (например, в 1972 году). Средняя годовая температура воздуха, среднее годовое количество выпадающих осадков и т. д. в целом на планете остаются неизменными.

1.30. Влияют ли на погоду солнечные протуберанцы?

Протуберанцы — облака светящихся газов, наблюдающиеся чаще всего вблизи темных пятен на поверхности Солнца. Хотя эти огненные облака в виде узких лент могут удаляться от поверхности Солнца на сотни тысяч километров, они, как и солнечные пятна, практически не влияют на погоду на Земле.

При оценке возможного влияния на погоду любых явлений на Солнце надо иметь в виду одно важное обстоятельство: все происходящее на Солнце в состоянии изменить солнечное излучение, направленное к Земле, только одним определенным образом, то есть усилить его или ослабить. А это, как показано выше (см. 1.29), не отражается явно на земной погоде. Поэтому прогностической ценности для погоды на Земле явления на Солнце практически не имеют.

1.31. Какова температура на Солнце?

Расстояние от Солнца до Земли, составляющее в июле примерно 152 млн. км, а в январе — 147 млн. км, солнеч-

ные лучи преодолевают в среднем за 8 мин 20 с. Температура в центре солнечного ядра, по расчетам, превышает 10 млн. К, а на поверхности Солнца она составляет около 6000 К. На поверхности темных участков Солнца, солнечных пятен, температура ниже — примерно 4400 К.

1.32. Угрожает ли Земле постепенное похолодание из-за неизбежного угасания Солнца?

Да, такая угроза существует, но лишь в принципе. Угроза эта не слишком актуальна, и прежде чем человечеству придется всерьез с нею считаться, у него появятся тысячи других причин для более острого беспокойства.

Хотя Солнце и самая «рядовая» звезда, размеры и масса которой меньше, чем у многих других звезд, все же по нашим земным масштабам это гигантское светило — его масса в 330 000 раз больше массы Земли. В процесс непрерывных ядерных превращений водорода в гелий в солнечном ядре рождается колоссальное количество лучистой энергии (кстати, только одна двухмиллиардная доля этой энергии достигает нашей планеты). Ежесекундно при этом разрушается около 4 млн. т массы Солнца, около 90% которой составляет водород.

Если учесть, что ослабление энергии, излучаемой Солнцем, по мнению ученых, станет заметным не ранее чем через 30 или даже 100 миллиардов лет, то есть полное основание считать, что ни нам, ни достаточно большому ряду поколений людей, которые будут жить после нас на Земле, серьезных причин беспокоиться о жизнеспособности Солнца пока нет...

1.33. Что такое аэрозоли?

Это мельчайшие физико-химические частицы в атмосфере, являющиеся ее примесями. Эти примеси могут иметь как естественное происхождение, так и антропогенное, то есть вызванное деятельностью человека.

Естественные аэрозоли образуются различными путями. Это могут быть продукты взаимодействия океана и атмосферы — хлористые соединения натрия и магния, входящие в состав морской соли, частички которой в большом количестве попадают в воздух при разбрызгивании ветром морской воды, а также сернокислые соединения. Аэрозоли могут попадать в атмосферу в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Есть и пылевые аэрозоли, попадающие в атмосферу в результате взаимодействия поверхности суши и атмосферы. Аэрозоли антропогенного происхождения в основном связаны с индустри-

альными выбросами в атмосферу различных химических веществ.

Под воздействием тепла, солнечного света, водяного пара, капелек облаков и тумана аэрозоли претерпевают в атмосфере химические превращения. Изучением механизма образования аэрозолей, процессов их распространения и трансформации занимаются ученые различных специальностей — метеорологи, химики, физики, медики, геофизики.

1.34. Существует ли связь между содержанием в воздухе аэрозолей и погодой?

Большинство аэрозолей может становиться ядрами конденсации в атмосфере, то есть на этих мельчайших частичках происходит конденсация водяного пара, приводящая к формированию капелек облаков и тумана. При высокой влажности воздуха обилие аэрозольных частиц ускоряет процесс конденсации, а следовательно, и образования тумана или выпадения осадков. Именно поэтому над большими городами чаще, чем над сельской местностью, выпадают слабые осадки.

Многие ученые склонны рассматривать туманы как собственно аэрозоли с жидкими частичками, а морозные дымки и обыкновенный дым — как аэрозоли с твердыми частичками. В этом случае связь аэрозолей с погодой выглядит еще более непосредственной.



ПОГОДА И ОКРУЖАЮЩИЙ НАС МИР РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

Все люди в той или иной мере интересуются состоянием погоды. В зависимости от характера их занятий интерес этот постоянный или эпизодический. Сельские жители, рыбаки, водители автомобилей, поездов, пилоты самолетов и вертолетов, так же как и люди других профессий, работающие на открытом воздухе, повседневно связаны с погодой, которая определяет непосредственно условия их производственной деятельности, а в некоторой степени — и быта. Зависимость от погоды — удел не только человека, но и всего живого на Земле.

На погоду реагируют едва ли не все живые организмы, но с разной степенью «оперативности» и с разной степенью очевидности для наблюдателя. При удивительном разнообразии животного и растительного мира реакция на изменения погоды также удивительно разная: одни организмы откликаются на изменение состояния неба, освещенности, солнечного сияния, другие — на изменение влажности и температуры воздуха, выпадение осадков, третьи — на изменение ветра, атмосферного давления и т. д.

За многие тысячи лет своего существования человечество накопило солидный багаж наблюдений за погодой и ее изменениями и за связанным с нею поведением животных и растений. Результаты таких наблюдений нашли отражение в сказках, песнях, пословицах и поговорках различных народов. Многое из этого фольклора дошло до наших дней. Научный анализ сохранившегося наследства показывает, что некоторые представления,

бытующие в народе, действительно являют собой плод вдумчивых сопоставлений и поразительной наблюдательности наших предков, стоявших несравненно ближе к природе, чем современный человек; но иные из них порождены просто-напросто вымыслом и воображением и находятся в непримиримом противоречии с фактами и действительностью.

Одно из самых устойчивых и укоренившихся заблуждений — вера в чудесную способность растений и животных предвидеть изменения погоды. На самом же деле все живое лишь реагирует на уже свершившиеся изменения погоды. «Прогностические» же возможности живых организмов очень невелики, хотя и ими не следует пренебрегать...

2.1. Почему один из самых древних метеорологических приборов — флюгер украшался фигурой петуха, а в английском языке он даже носит название «погодный петух» (weather cock)?

В Европе обычай украшать указатель направления ветра фигурой петуха (рис. 5) берет свое начало с IX века, когда по указу папы римского шпиль каждой церкви должно было венчать изображение этой птицы — эмблема апостола Петра, который, по преданию, отрекся от Христа трижды, прежде чем дважды прокричал петух. Это одна версия. По другой версии, петух на шпиле церкви служил напоминанием о том, что «церковь божия бдит над душами верующих».

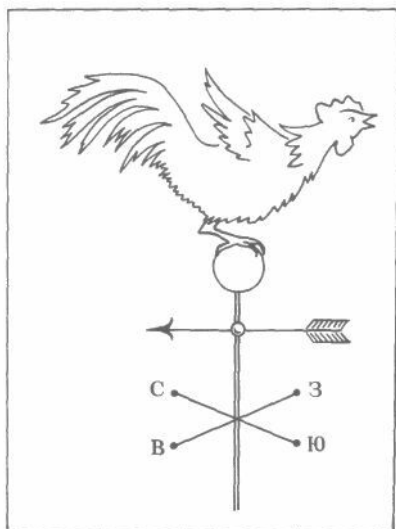
2.2. Почему перед ненастьем из канав и болот начинает исходить резкий запах, слышно бульканье?

Ненастье приносит циклон, а он, как правило, сопровождается значительным понижением атмосферного давления. В водоемах при этом повышается уровень воды, из почвы выходят наружу накопившиеся там газы — продукты гниения листвы, травы и водорослей в канавах и болотах.

При высоком давлении газы держатся у самой поверхности земли, а при низком — выходят наружу, распространяются вширь и вверх.

2.3. Можно ли по поведению чаек судить о предстоящей погоде?

Чайки действительно чутко реагируют на изменения погоды. Возможно, это объясняется особенностями строе-



5. Флюгер с петухом

ния их тела: трубчатые кости чаек, полые внутри, чувствительны к изменению давления, как вакуумные коробочки приборов-анероидов. Давно замечено, что при хорошей устойчивой погоде чайки садятся на воду, при ухудшении погоды бродят по берегу и прибрежным отмелям, при ветреной — летают над водой. Все это свидетельствует об умении чаек быстро приспосабливаться к сложившейся в данный момент погоде, но никак не о способности их предвидеть ее изменения: метеорологическим процессам присуща инерция, то есть свойство сохранять некоторое время установившийся тип погоды. При устойчивой антициклонической погоде ветер обычно слабый, в воздухе тепло, вода прохладнее воздуха и над ней нет восходящих потоков. Чтобы держаться в воздухе, чайкам надо интенсивно работать крыльями, они быстро устают и потому охотно садятся на воду и, плавая, продолжают охотиться за рыбой. Перед штормом рыба, чувствительная к изменению давления, уходит на глубину, и чайки вынуждены искать пищу на берегу. При сильном ветре чайки могут подолгу парить в воздухе, используя для набора высоты подъемную силу встречного потока воздуха; они в состоянии продолжать охоту, летая над водой.

Как видим, все значительно проще, чем может показаться при некотором воображении. Дело не в способности предвидеть изменения погоды, а в умении использовать эти изменения.

2.4. Могут ли существовать живые организмы во льдах?

Могут. В период полярного дня во льдах Арктики и Антарктики и летом на ледниках горных стран можно наблюдать прослойки розового цвета. Это под воздействием солнечных лучей идет развитие микроорганизмов, окрашивающих льды в розовые тона. В ледниках горных районов выявлено более полусотни разновидностей растений, окрашивающих льды в различные оттенки красного, розового и желтого цветов. Случается, что снег становится



*6. Антарктический ландшафт. Вулкан Эребус (3794 м) на о. Росса.
фото Б. Втюрина*

черным благодаря массе осевших на него не боящихся холода насекомых. Однако окрашенность льда или снега не всегда связана с живыми организмами — иногда причиной ее может быть пыльца хвойных деревьев золотистого либо желтого цвета или частицы пыли.

2.5. Есть ли растения, способные «сигнализировать» об изменениях погоды?

Многие растения активно реагируют на изменение освещенности. В большинстве случаев в сторону светила обращены цветы, некоторые из них «провожают» солнце при его движении по небосклону (например, подсолнечник). У ряда растений на положение солнца на небе реагируют и листья (правда, в районах недостаточного

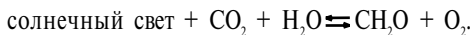
увлажнения они занимают положение, наиболее выгодное не с точки зрения получения солнечного тепла, а с точки зрения условий испарения). Из тропической растительности можно указать на листья эвкалипта, из растений средних широт — на бобовые.

В средних широтах растения в большинстве своем реагируют на освещенность — цветы и листья многих из них поворачиваются к свету, обеспечивая получение максимума возможного количества лучистой энергии Солнца. Многие цветы раскрываются навстречу утренним лучам Солнца и закрываются с вечерней зарей или при затягивании небосклона плотной облачностью. Последнее случается чаще всего перед дождем, и в этом смысле поведение цветов может служить сигналом к ухудшению погоды, которое, впрочем, с не меньшим успехом может быть замечено и при внимательном наблюдении за состоянием неба. Некоторые же растения, как, например, душистый табак, наоборот, раскрывают цветки, когда уменьшается освещенность, наступают сумерки или появляются плотные облака. В сухих и полусухих субтропиках есть растения, реагирующие на количество влаги в почве и в воздухе, — их листья при недостатке влаги скручиваются, чем достигается уменьшение испарения, а при уменьшении жары и восстановлении достаточного уровня влаги — распрямляются вновь.

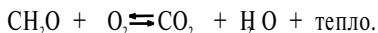
Таким образом, растения чутки к изменениям погоды, но своим поведением они не столько предвещают ее изменения, сколько следуют за ними.

2.6. Дышат ли растения?

Да, дышат и при этом, как и животные, используют для дыхания кислород воздуха, перерабатывая его в углекислый газ, который они «выдыхают». Однако кроме дыхания у растений при дневном свете под действием солнечных лучей в листьях происходит процесс, обратный дыханию, — соединение воды с углекислым газом и образование углеводов, а также кислорода, выделяемого в воздух. Процесс этот называется фотосинтезом. При фотосинтезе энергия Солнца превращается в энергию химических связей органических веществ. Условно этот процесс может быть выражен формулой:



При дыхании растений, наоборот, происходит выделение тепла, и формула дыхания имеет вид:



На дыхание расходуется некоторая часть органического вещества растения — уменьшается масса активно участвующих в процессе дыхания молодых его частей (верхушек стеблей, кончиков корней, которые могут терять до 1% своей массы в сутки). Интенсивность дыхания практически не зависит от освещенности, она изменяется при колебаниях внешней температуры: при очень высокой температуре (45—50°C) она уменьшается и дыхание может прекратиться совсем; при низкой температуре интенсивность дыхания у растений ослабевает, но оно не прекращается даже при отрицательной температуре, а у почек лиственных и игл хвойных деревьев оно происходит и при сильных морозах.

2.7. Как много кислорода и органических веществ создает растительность нашей планеты?

Ежегодно растительность, состоящая приблизительно на 90% из водорослей и одноклеточной «зелени» океанов, запасает около 100 млрд. т органических веществ и выделяет около 145 млрд. т кислорода. При этом растениями усваивается около 200 млрд. т углекислого газа.

Цифры, указанные нами, следует рассматривать как приближительные. Так, по другим расчетам, количество кислорода, ежегодно выделяемое растениями земного шара, составляет 200 млрд. т. Расход кислорода на дыхание растениями и животными, по данным советских ученых М. Будыко и А. Бронова, немного меньше его прихода, и, таким образом, в настоящее время на Земле существует положительный кислородный баланс (равный сотым долям процента массы кислорода в атмосфере).

2.8. Когда и сразу ли в нынешнем количестве возник кислород в земной атмосфере?

Большинство исследователей объясняют присутствие кислорода в атмосфере сложившимися на Земле сотни миллионов лет назад благоприятными условиями для фотосинтеза. М. Будыко и А. Бронов высказывают такую точку зрения на эволюцию содержания кислорода в земном воздухе: уже в докембрийскую эпоху на Земле существовали многоклеточные организмы, требующие для своего развития значительного содержания кислорода в воздухе; таким образом, уже 500 млн. лет назад масса кислорода в атмосфере составляла примерно одну треть его современной массы. Она постепенно увеличивалась. В последующие эпохи было несколько «всплесков» количества кислорода и несколько «спадов», регулировавших развитие живой

природы. Резкие «всплески» содержания кислорода были в девоне — карбоне (450—300 млн. лет назад) и во второй половине мезозоя (150 млн. лет назад). Уменьшение содержания кислорода наблюдалось в триасе (200 млн. лет назад).

2.9. Как изменялся животный мир Земли с изменением содержания кислорода в воздухе?

На этот вопрос можно ответить лишь предположительно, исходя из данных геологии, палеонтологии и наших представлений о потребности в кислороде живых организмов. Известно, например, что больше других расходуют кислород подвижные организмы, для которых характерны большие энергозатраты. Много кислорода расходуют птицы, несколько меньше — наземные животные, еще меньше — водные животные, так как в воде сравнительно невелико влияние силы тяжести. Теплокровные животные потребляют больше кислорода, чем холоднокровные, а при прочих равных условиях крупные животные больше нуждаются в кислороде, чем мелкие. Можно предположить, что в девоне, при первом «кислородном всплеске», позвоночные вышли из воды на сушу, а в триасе, при спаде содержания кислорода в воздухе, вымерли многие наземные животные палеозоя. При втором «кислородном всплеске» возникли млекопитающие, а затем, в середине юрского периода, — и птицы, потребляющие значительное количество кислорода в связи с огромным расходом энергии в полете.

2.10. Какие атмосферные условия способствуют развитию болезней растений?

Основные элементы, от которых зависит здоровье или нездоровье растений, — это температура и влажность воздуха. Толчком для развития некоторых видов болезней, распространяемых, в частности, спорами, служат появление влаги на поверхности растений и ветер, который разносит споры. Так, болезнь картофеля — фитофтора — вызывается грибом, зимующим в клубнях, а после их прорастания перебирающимся в стебли. Развитие спор фитофторы начинается при установлении теплой погоды (10°C) с высокой влажностью воздуха. Заражение происходит, когда листья растений остаются мокрыми 8 ч подряд. Споры превращаются в грибок быстро — в течение всего 4 ч. В средней полосе условия, благоприятные для развития фитофторы, наступают обычно в июне.

2.11. Почему некоторые насекомые-вредители распространены лишь в определенных климатических зонах?

Распространение насекомых-вредителей определяется условиями внешней среды, благоприятными или неблагоприятными для их размножения. Для ряда насекомых приемлемые условия существуют только в районах с определенным климатом. Так, например, муха цеце встречается в тропической Африке между 15° с. ш. и 20° ю. ш. Она обитает в кронах деревьев, где транспирация и тень обеспечивают высокую влажность и умеренную температуру — оптимальные условия для ее размножения. В условиях высокой влажности муха цеце может обходиться без пищи больше недели, но в сухой сезон погибает за три дня.

В тропических областях на Ближнем Востоке и в Африке огромный вред сельскохозяйственным культурам эпизодически приносит пустынная саранча. Развитие последней происходит в условиях повышенной влажности после выпадения в пустынях дождей (саранча откладывает яйца во влажную землю, и ее потомство, пока у него не вырастут крылья, питается зеленой травой). Миграция стай крылатой саранчи происходит по районам выпадения дождей в направлении преобладающих ветров, при температуре воздуха от 20 до 40°C. Как раз такие условия существуют вблизи внутритропической зоны конвергенции — узкой зоны сходимости воздушных течений в низких широтах, которая характеризуется резкими контрастами влажности воздуха, направлений ветра, иногда и температуры. В соответствии с сезонными смещениями этой зоны перемещаются и массы саранчи, поедающей на своем пути огромное количество растений.

2.12. Может ли ветер способствовать распространению инфекций?

Может, хотя перенос инфекций ветром — явление сравнительно редкое. Возбудители ряда болезней распространяются не только посредством диффузии, но и с помощью ветра. Так, распространению ящура — очень опасной заразной болезни, поражающей крупный рогатый скот, овец и свиней, в 1967/68 году в Англии и континентальной Европе, как показали исследования, способствовал ветер.

Ветром могут переноситься и споры вредителей растений, в частности головни, поражающей пшеницу. В Великобритании в 1955 году потери урожая пшеницы достигли 75% из-за поражения посевов головней, облака спор кото-

рой были занесены ветром из Северной Африки и континентальной Европы.

2.13. Могут ли осадки переносить инфекции?

Обильные осадки в сочетании с высокими температурой и влажностью воздуха действительно способствуют распространению некоторых видов заболеваний. Эпидемии малярии, холеры, дизентерии и чумы в прошлом вспыхивали в некоторых районах земного шара с умеренным климатом именно в наиболее жаркие годы, а также после больших наводнений. Но повинны в этом вовсе не осадки, а высокие влажность и температура воздуха, которые создают благоприятные условия для развития и быстрого распространения носителей болезней.

2.14. Связаны ли с метеорологическими условиями инфекционные заболевания домашних животных?

Метеорологические условия часто способствуют распространению инфекционных заболеваний. Иногда, впрочем, прямая причинно-следственная связь здесь отсутствует: большинство широко распространенных вирусов разносится насекомыми, благоприятные для размножения насекомых внешние условия могут привести к возникновению эпизоотии. В других случаях переносчиком заразных болезней являются другие живые организмы и растительность, поедаемая животными. Так, виновницей заражения овец печеночным глистом является одна из разновидностей улитки. Для массового размножения этих улиток, как и яиц паразита, нужны высокая влажность и тепло: при температуре ниже 10°C паразит не развивается ни в яйце, ни в промежуточном организме улитки.

Некоторые инфекционные заболевания домашней птицы распространяются по воздуху с ветром на расстояние до 100 км; с ветром, как говорилось выше, может распространяться и очень заразная болезнь — ящур, поражающий домашний скот.

2.15. Связаны ли с погодой случаи массовой гибели урожая кофе?

Болезнь кофейных деревьев вызывается грибом, который селится на ветках с созревающими семенами. Оптимальная температура распространения грибка около 22°C. При затяжных дождях и увеличении испарения, сопровождающихся длительным понижением температуры воздуха, как это имело место в Кении в 1966/67 году, возмож-

но широкое распространение грибка, поражающего кофейные деревья.

2.16. Что такое радиационный баланс?

Это важная характеристика потоков лучистой энергии, поглощаемой и излучаемой атмосферой. Алгебраическая сумма поглощаемой атмосферой солнечной радиации, длинноволнового излучения земной поверхности и собственного излучения атмосферы в мировое пространство и к земной поверхности — это и есть радиационный баланс атмосферы.

2.17. Каким образом полиэтиленовая пленка, покрывающая землю, защищает растения, высаженные в проделанные в ней отверстия?

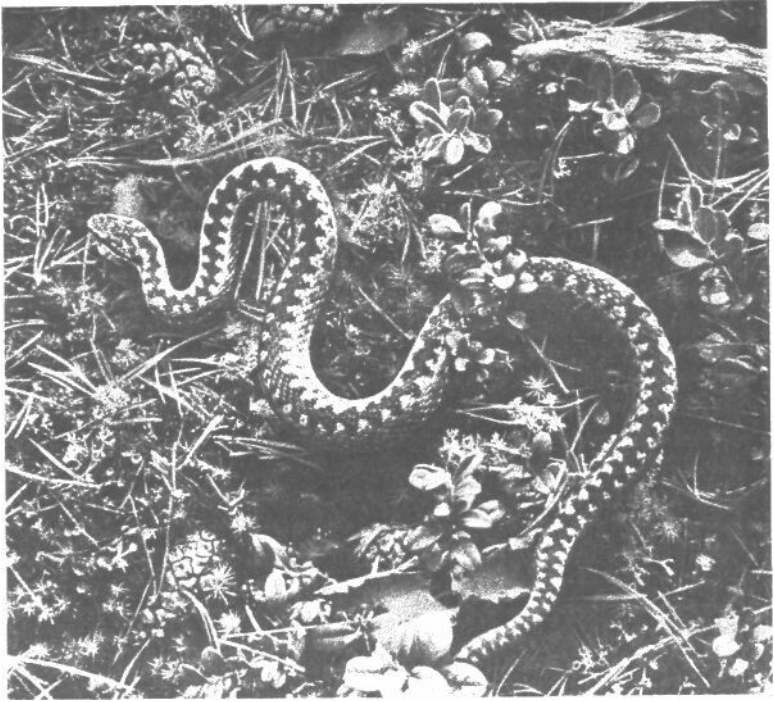
Когда грунт накрыт полиэтиленовой пленкой, растения развиваются лучше, так как под пленкой создается искусственный микроклимат. Этому способствуют три положительных свойства пленки: она практически полностью преобразует лучистую энергию Солнца, достигающую Земли, в тепловую, что существенно повышает температуру воздуха под пленкой; она уменьшает испарение с поверхности почвы, стабилизирует ее водный баланс; она угнетает рост сорняков, получающих меньше света под пленкой, тогда как культурные растения имеют в этом отношении заметное преимущество — стебли и листья их, развиваясь над пленкой, получают максимум возможного солнечного света.

2.18. Почему под мхом почва всегда холоднее, чем под обычной растительностью?

Мох плохо проводит тепло и в то же время испаряет много влаги, а это влечет за собой дополнительный расход тепла на испарение. Поэтому в северных районах под толстым слоем мха почва летом зачастую оттаивает плохо и только на небольшую глубину. На северо-востоке страны мхи способствуют сохранению многолетней мерзлоты.

2.19. Как влияет температура внешней среды на жизнедеятельность животных с разным тепловым режимом?

Температура внешней среды решающим образом влияет на жизнь всех животных, но возможности активной деятельности при неблагоприятном температурном режиме у высших животных — млекопитающих и птиц — значительно большие, чем у низших. В то же время последние



*7. Гадюка обыкновенная — представитель холоднокровных животных.
Фото Б. Тимофеева*

способны переносить, впадая в спячку или в неподвижное, лишенное признаков активности состояние, гораздо более низкие температуры внешней среды, чем высшие классы животных. У некоторых животных при высокой способности к выживанию в неблагоприятных условиях весьма ограниченная активная деятельность, так как она лимитируется узким диапазоном температуры, в пределах которого эта деятельность возможна. Это заставляет многих животных, не обладающих механизмом терморегуляции тела, приспосабливаться к складывающимся условиям внешней среды — перемещаться на освещенные солнцем участки, занимать положение, обеспечивающее наибольший нагрев их тела, а при чрезмерном нагреве земной поверхности солнцем, наоборот, искать укрытия — под ветвями растений, в норах и т. п.

Впрочем, всем животным присуща способность использовать микроклиматические особенности ландшафта для



8. Морской котик — представитель теплокровных животных. Фото А. Воробьева

приближения температуры их тела к оптимальной в условиях неблагоприятного режима температуры внешней среды. Однако животные, обладающие механизмом терморегуляции тела, меньше зависят от термического режима, чем животные, которые таким механизмом не обладают.

2.20. У всех ли животных температура тела приблизительно постоянна?

Нет, далеко не у всех. По тепловому режиму тела животные делятся на две группы: пойкилотермные животные (беспозвоночные, рыбы, пресмыкающиеся, то есть холоднокровные), не обладающие механизмом терморегуляции, который способствует поддержанию температуры тела на некотором относительно постоянном уровне, и гомойотермные (большинство млекопитающих, птицы, то есть все теплокровные), обладающие таким механизмом. Температура тела пойкилотермных животных колеблется в очень широких пределах, следуя в общем температуре окружающей среды. На температуру тела пойкилотермных животных, кроме внешней среды, значительное влияние оказывают процессы обмена веществ (метаболизма), связанные с выделением тепла. Температура тела таких животных может повышаться под воздействием солнечной радиации и понижаться за счет потерь тепла на испарение с поверхности тела.



НАШЕ САМОЧУВСТВИЕ И ПОГОДА

Природа позаботилась о том, чтобы хорошо приспособить человеческий организм к окружающей среде и колебаниям ее условий — периодическим (например, суточным, сезонным) и эпизодическим (возникающим время от времени без какой-либо строгой закономерности). Каждый человек обладает определенным «запасом прочности», то есть способностью безболезненно переносить до определенных пределов изменения температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, интенсивности естественного и искусственного облучения, обдувания воздушным потоком (ветром), газового состава воздуха, которым мы дышим, и т. д.

Однако «запас прочности» у разных людей далеко не одинаков: он зависит от пола, возраста, состояния здоровья, тренированности и других факторов. У маленьких детей, престарелых и людей, страдающих различными заболеваниями, этот диапазон невелик. Их легко выводит из привычного состояния равновесия резкое изменение погоды, которое на людях здоровых и тренированных никак не отражается. Уже давно замечено, что погода порой сказывается на самочувствии не только отдельных лиц, но и больших групп людей, а медики еще две тысячи лет назад обратили внимание на существование связи между погодой и случаями распространения некоторых видов заболеваний. Великому ученому-врачу древности Гиппократу принадлежат слова: «Если много людей одновременно заболевают одной и той же болезнью, то причину ее следует искать в том, что является общим для всех людей, и в том, чем они чаще всего пользуются. Значит, речь идет о вдыхаемом воздухе».

Именно воздух, его состояние, влияет на самочувствие

людей и на их здоровье. Температура и влажность воздуха определяют условия теплообмена человеческого организма, затрагивающего дыхание, сердечную деятельность, кровообращение и кожный покров. Теплообмен органически связан с процессом обмена веществ, который автоматически регулируется через нервную систему.

Важное значение имеет и состояние атмосферного воздуха. Загрязнение воздуха делает его переносчиком болезнетворных бактерий и вирусов, активность и жизнеспособность которых также зависит от температуры и влажности воздуха, то есть от погоды.

Влияние погоды на человеческий организм многогранно и в ряде случаев не до конца выяснено. Его изучением занимаются не только медицина, но и биология, метеорология, а также родственная им наука биометеорология. Различные ученые, стремясь найти объективные показатели воздействия погоды на человека, предложили несколько таких индексов влияния температуры, влажности и ветра. Однако ни один из них не является универсальным.

3.1. Что изучает биометеорология человека?

Биометеорология вообще — междисциплинарная наука. Применительно к человеку она занимается экологическими аспектами его существования, то есть изучает влияние на его жизнь окружающей среды. Один из основных предметов биометеорологии — воздействие на человека климата и особенно колебаний погоды, ее отклонений от обычных, привычных для него значений. Биометеорологов интересуют как периодические (сезонные, суточные), так и непериодические (эпизодически наблюдающиеся) изменения погоды, отражающиеся на здоровье, самочувствии и работоспособности людей.

3.2. Какие метеорологические элементы воздействуют на самочувствие человека в первую очередь?

Прежде всего — это температура и влажность воздуха, которые определяют теплосодержание воздуха. Затем следует назвать ветер, поскольку он создает принудительную конвекцию, благоприятную для человека в теплое время и неблагоприятную — в холодное. Солнечная коротковолновая и излучаемая земной поверхностью длинноволновая радиация также играют важную роль в жизни человека.

К важнейшим метеорологическим характеристикам, влияющим на человеческий организм, следует отнести и состояние неба, поскольку оно определяет условия осве-

ценности и количество поступающих на Землю ультрафиолетовых лучей, оказывающих непосредственное воздействие на кожный покров человека. Нельзя забывать и об атмосферном давлении, регулирующем парциальное давление кислорода. Определенную роль играют и состояние магнитного поля Земли, ионизация воздуха, атмосферное электричество. Сама собой разумеется важность опасных для человека явлений, приносящих стихийные бедствия вроде смерчей, шквалов, наводнений, селей и пр.

3.3. Как велика у человека способность к акклиматизации?

У человека как вида способность к акклиматизации чрезвычайно высокая: только человек сумел расселиться во всех климатических зонах Земли — от экватора до полюсов и на всех высотах — от уровня моря до высоты 4500 м. Но у отдельных людей и даже у целых этнических групп эта способность значительно уже. Приспособление, или адаптация, человеческого организма к внешним условиям имеет две формы: генетическую и приобретенную. Генетическая форма адаптации возникла в процессе эволюции, в течение жизни многих поколений. Приобретенная форма адаптации возникает в течение жизни индивидуума, например при переселении в иную климатическую зону. В детстве акклиматизация протекает легче, чем в зрелые годы, но у детей до 1 года она очень ограничена. После 10 лет способность к акклиматизации резко возрастает, достигая максимума между 20 и 40 годами. К старости она снова резко уменьшается.

Сложнее обстоит дело с адаптацией к экстремальным климатическим условиям. Некоторые люди оказываются не в состоянии приспособиться к таким условиям, то есть уровень экстремальности превышает адаптационную возможность их организма. Такому индивидууму надо или переехать в место с более подходящим климатом или же попытаться создать по возможности комфортные искусственные условия. Надеяться на развитие персональной более высокой адаптационной способности, не заложенной в генетическую программу данного человека, бессмысленно. Так, во всяком случае, считают специалисты-биометеорологи, изучающие эту проблему.

3.4. Почему обитателям умеренной зоны трудно жить в жарком климате?

Хотя ряд исследователей считает, что вредное влияние жаркого климата на жителей средних широт не столь

значительно, как принято думать, однако сам по себе факт пониженной приспособляемости европейцев к условиям жаркого климата можно считать установленным. Многие европейцы подвержены различным тепловым расстройствам (тепловой удар, циркулярная дистония, нарушение водного обмена, хроническое переутомление, тропический лишай, обезвоживание организма, солнечные ожоги и т. п.). Кроме того, у людей с не пигментированной кожей может развиваться рак кожи, особенно при длительном солнечном ультрафиолетовом облучении.

3.5. Влияет ли климат на рост и развитие человека?

Хотя решающее влияние на рост и развитие человека оказывает прежде всего питание, климатические условия также играют определенную роль. В странах с жарким климатом половое созревание наступает раньше, чем в странах с холодным климатом. У жителей равнин, переселившихся в высокогорные области, где кислородное давление мало, уменьшаются частота зачатий и рождаемость.

3.6. Существует ли сезонность заболеваний людей?

Вообще говоря, существует, однако статистика заболеваний и смертности имеет еще и социальный, а также возрастной аспекты. Так, в промышленно развитых странах, энергетически хорошо обеспеченных, у зажиточной части населения сезонность заболеваний выражена значительно меньше, чем у бедноты и чем в странах, энергетически обеспеченных плохо. В возрастной группе от 1 года до 25 лет статистика заболеваний не имеет сезонного хода, зато он очень четко проявляется в возрастной группе людей старше 60 лет и у детей до 1 года и менее четко, но все же заметно у людей старше 25 лет.

В странах, где нет эпидемий и преждевременной смертности, с ними связанной, наивысший показатель смертности отмечается зимой и наименьший — летом. Большая часть заболеваний приходится на холодные месяцы года. Это прежде всего сердечно-сосудистые заболевания, бронхиты, грипп и пневмония. Лишь желудочно-кишечные вирусные заболевания преобладают летом. Смертность от злокачественных опухолевых новообразований не связана с сезонами. В целом же заболеваемость и смертность достигают максимума при очень высоких и очень низких температурах воздуха и минимума — в диапазоне температур, соответствующих «зоне комфорта», — от 21 до 23°C. В жаркие периоды теплого полу-

годия возрастает смертность среди людей преклонного возраста.

3.7. Может ли тот или иной климат предрасполагать к специфическим заболеваниям?

Да, может. Это главным образом инфекционные заболевания, передаваемые через воду и насекомых. У насекомых изотермический, температурно синхронизированный организм, рост и развитие которого очень сильно зависят от температуры и влажности воздуха. Так, малярия, желтая лихорадка, трипаносомоз переносятся насекомыми тропической зоны, для которой характерны высокие температура и влажность воздуха. Сыпной тиф переносится вшами, которые заводятся в тяжелой теплой одежде в антисанитарных условиях. Таким образом, тиф — болезнь холодного климата.

3.8. Что такое «критические температуры» окружающей среды?

Этo верхний и нижний пределы диапазона значений температуры, составляющих так называемую зону комфорта, то есть тех значений температур окружающей среды, при которых сохраняется оптимальный тепловой баланс человеческого тела. Другими словами, за пределами критических значений температуры у человека возникает ощущение дискомфорта, он начинает плохо себя чувствовать. Дело в том, что терморегулирование человеческого организма — поддержание постоянной температуры тела (гомеотермия) — при различной температуре окружающей среды и средней температуре тела около 37°C происходит различными путями (испарение, излучение, конвекция, теплопроводность). Но терморегулирование выполняется организмом автоматически, без дополнительных усилий и без неприятных ощущений, только в определенных пределах значений температуры окружающего нас воздуха, то есть когда сохраняется тепловой баланс организма. При достижении критических значений температуры баланс нарушается и возникает ощущение дискомфорта, которое сигнализирует о необходимости тем или иным способом восстановить нарушенное равновесие.

Значения критической температуры у различных людей могут существенно отличаться. Средние значения зоны комфорта 21—24°C, нижний предел критической температуры 18°C, верхний 27°C. Следует иметь в виду, что значения температуры для зоны комфорта могут также изме-

няться в зависимости от влажности воздуха и скорости ветра.

3.9. Что такое эффективная температура (ЭТ)?

Это один из биометеорологических индексов, характеризующий эффект воздействия на человека комплекса метеорологических величин (температура, влажность воздуха и ветер). Конкретно эффективная температура — это то значение температуры, которое должен иметь сухой воздух при штиле, чтобы оказывать на человеческий организм такое же воздействие, как и воздух, обладающий данной влажностью при данной скорости ветра. В жаркую погоду ЭТ влажного воздуха будет выше фактической температуры, а при ветре ЭТ может быть ниже фактической; в холодную погоду при ветре и высокой влажности ЭТ всегда ниже фактической температуры. Определяется ЭТ по показаниям сухого и смоченного термометров, а также по данным о скорости ветра. Обычно пользуются для ее расчета графиками-номограммами или расчетными эмпирическими формулами, довольно сложными, разными у разных авторов, их предложивших.

Ниже указаны значения температуры воздуха при штиле и адекватные им по величине охлаждения значения температуры воздуха при различной скорости ветра.

Скорость ветра (м/с)	Температура воздуха (°C)						
Штиль	1	-3	-9	-15	-20	-26	-31
2-4	-1	-6	-12	-17	-23	-28	-34
6-7	-9	-17	-23	-31	-40	-45	-53
10-11	-17	-20	-28	-37	-45	-53	-62
15-16	-20	-23	-34	-40	-51	-59	-67

3.10. Что такое температурно-влажностный индекс дискомфорта (ТВИ)?

Это употребляемый в некоторых странах показатель эффективной температуры, характеризующий наличие или отсутствие условий комфорта. Он определяется по показаниям сухого и смоченного термометров. Считается, что в случае превышения ТВИ некоторого предельного значения наступает дискомфортность. Так, в США предельным значением ТВИ является 70 при вычислении его значения по формуле:

$$\text{ТВИ} = 0,4(T_{\text{вл}} + T_{\text{сух}}) + 15,$$

где $T_{\text{вл}}$ — температура влажного термометра в градусах Фаренгейта.

3.11. Что такое ветровой индекс охлаждения (ВИО)?

Это количество тепла, которое атмосфера способна принять от единицы площади поверхности. ВИО характеризует степень охлаждения поверхности человеческого тела под влиянием ветра и температуры воздуха без учета испарения. Охлаждение человеческого организма определяется исходя из средневзвешенной температуры кожи, равной 33°C. Для вычисления ВИО можно воспользоваться формулой, полученной экспериментальным путем:

$$\text{ВИО} = (100v + 10,45 - v)(33 - T_v),$$

где v — скорость ветра (м/с), T_v — температура воздуха (°C).

В Антарктиде, где экстремальные условия — обычное явление, значения ВИО велики. Так, при температуре -25°C и ветре 49 м/с, то есть при условиях, которые на Антарктическом континенте встречаются даже летом, ВИО на несколько порядков больше, чем зимой в умеренной зоне.

ВИО может иметь одни и те же значения при самых различных комбинациях скорости ветра и температуры воздуха. Например, при температуре $-6,7^\circ\text{C}$ и скорости ветра 22 м/с охлаждение будет таким же, как и при температуре $-18,9^\circ\text{C}$ и скорости ветра 4,6 м/с.

3.12. Что такое климатический стресс?

Это амплитуда колебаний крайних (наибольших и наименьших) значений температуры и влажности воздуха, наблюдающихся в данной местности в различные сезоны года, или, другими словами, — величина физиоклиматических экстремумов. В северном полушарии наибольшие климатические стрессы отмечаются в районе южной части Красного моря и во внутренних районах Южного Сомали, также значительны они в Судане, где очень жаркие и влажные условия погоды могут резко сменяться очень жаркими и сухими.

3.13. Что такое зона комфорта?

Зоной комфорта называют диапазон значений температуры и влажности воздуха, при которых человек в среднем чувствует себя хорошо. В нормально вентилируемом помещении зона комфорта сохраняется при таких соотношениях температуры и относительной влажности:

Температура, °C	20	25	30	35
Относительная влажность, %	85	60	44	33

Современные нормы жилищного строительства, учиты-

вающие сохранение зоны комфорта, предусматривают не менее 10—12 м³ жилого помещения на человека и скорость вентиляции 250 л/мин, то есть обмен воздуха в течение часа. Такая интенсивность вентиляции необходима, чтобы предотвратить накопление углекислого газа, присутствие которого в помещении в значительном количестве может нарушить ощущение комфорта даже при оптимальном режиме температуры и влажности.

3.14. Что еще может нарушать ощущение комфорта внутри помещений?

В плохо вентилируемых помещениях, и особенно в отапливаемых газом или другими видами топлива, в результате застаивания воздуха накапливаются угарный газ и так называемые аэрозольные тела, ядра конденсации и тяжелые ионы, вредные для здоровья человека. В кухнях и в помещениях, где курят, концентрация таких загрязнений в 10—20 раз больше, чем в наружном воздухе. В воздухе переполненных людьми помещений — школьных классов, служебных помещений, вагонов железной дороги, автобусов — в 5—10 раз больше болезнетворных бактерий, чем в наружном воздухе.

3.15. Какую максимальную температуру наружного воздуха способен выдержать человек?

В течение очень короткого времени человек может находиться в сухом воздухе при очень высокой температуре. Предельная температура, которую может перенести человек, 160°C. Это было доказано английскими физиками Бланденом и Чентри путем автоэксперимента. В литературе сообщается и о более высоких предельных температурах (170°C, публикация 1828 г., и даже 180°C), но достоверность этих сведений сомнительна. Температуру 104°C человек может терпеть 26 мин, 93°C — 33 мин, 82°C — 49 мин, а 71°C — 1 ч; установлено это в ходе экспериментов со здоровыми людьми — добровольцами.

3.16. Какую минимальную температуру наружного воздуха способен выдержать человек?

Это зависит от состояния его здоровья и одежды, но главное — от скорости ветра. В Якутии зимой люди часами находятся на морозе, при температуре воздуха ниже —50°C, но они при этом соответствующим образом одеты, а в условиях центральной части зимнего сибирского антициклона обычно наблюдается безветрие. В Антарктиде зимовщикам континентальных станций также довольно

длительное время приходится бывать вне помещений, но там сильные морозы нередко сопровождаются сильным ветром. Поэтому теплой ветронепроницаемой одежды там недостаточно, и люди вынуждены надевать маску или закрывать лицо капюшоном меховой куртки (парки). Открытые участки кожи, как установлено специальными экспериментами в Антарктике, начинают замерзать при ветровом индексе охлаждения, превышающем 1400. Персонал научных станций в Арктике и Антарктике, по роду своих занятий вынужденный систематически бывать на открытом воздухе, иногда пользуется электрообогреваемой одеждой, имеющей меньший вес, чем обычная теплая одежда, и менее громоздкой, менее стесняющей движения.

Минимальная температура, при которой люди временно бывали на воздухе, составляет -89°C .

3.17. Каков механизм терморегуляции у человека?

Температура тела человека поддерживается на постоянном уровне путем регулирования теплоотдачи тела в зависимости от внешних условий и характера деятельности человека в данный момент.

При снижении температуры наружного воздуха и росте теплоотдачи поступившая в организм пища начинает интенсивно сгорать, что компенсирует теплопотери. Одновременно для уменьшения теплоотдачи сокращаются сосуды в кожном покрове, уменьшается частота дыхания и число ударов сердца в минуту, организм начинает экономнее расходовать энергию.

Повышение температуры наружного воздуха вызывает другие процессы: ускоряется пульс, усиливается поступление крови к кожному покрову, возрастает теплоотдача. Если этого недостаточно, начинается потовыделение, и избыток накопившегося в организме тепла удаляется с потом.

Следует иметь в виду, что теплоотдача организма зависит не только от температуры, но и от влажности наружного воздуха, ветра, радиационного режима, то есть от общей интенсивности процесса охлаждения, а также других факторов, действие которых изучено еще недостаточно (например, от психологического состояния человека, эмоциональных нагрузок и т. п.).

3.18. Может ли меняться температура тела у здорового человека?

Температура тела здорового человека произвольно изменяется в течение суток, она может колебаться в зави-

симости от режима питания, мышечной нагрузки и условий внешней среды (особенно когда последние становятся аномальными). Обычные колебания температуры тела у здорового человека при нормальных условиях внешней среды составляют доли градуса, но у отдельных людей могут достигать нескольких градусов.

3.19. До каких пределов может опускаться температура тела человека при охлаждении?

Температура поверхности кожи у человека, за исключением нескольких наиболее чувствительных ее участков, обычно на 2—5°C ниже, чем внутри тела, то есть находится в пределах 31—35°C. Если при длительном охлаждении температура кожи становится ниже 29°C, появляется дрожь, при которой организм выделяет тепла больше обычного. При понижении температуры кожи до 27°C у большинства людей наступает кома. Некоторые люди, как правило это северяне, переносят охлаждение тела до 25 и даже до 24°C. Сердце человека способно работать и при температуре несколько ниже 24°C. Смерть обычно наступает при понижении температуры до 21°C. Но известны случаи, когда люди с температурой тела 28°C были в состоянии ходить и разговаривать; осмысленная речь у отдельных индивидуумов отмечалась при температуре 26—24°C.

3.20. Что такое летальная температура?

Это предельные значения температуры тела животных; когда температура выходит за эти пределы, животные погибают. Разность между верхней и нижней летальной температурой для большинства млекопитающих и птиц составляет 15—25°C. Для человека нижняя летальная температура считается равной 24—25°C, а верхняя — 43—44°C. Могут, однако, наблюдаться отдельные случаи выживания человека после достижения указанных летальных температур, но для этого необходимы исключительные условия. Такие случаи крайне редки, но все же описаны в литературе.

Медицине известны достоверные случаи выздоровления людей после повышения температуры до 43,5°C (а по другим источникам — даже до 45°C). В Лондоне в 1875 году больной выжил якобы даже после повышения температуры до 46°C. Однако, как правило, повышение температуры тела до 42—43°C заканчивается смертью больного.

В Чикаго в 1951 году молодая женщина, температура тела которой была всего 18 С, выжила, хотя ей и

пришлось ампутировать обе ноги. Но этот исключительный случай — в известной мере загадка медицинской практики.

3.21. К каким заболеваниям приводит перегрев организма?

Избыточное тепло внешней среды может привести к тепловому истощению либо к тепловому удару. Последствия теплового истощения менее опасны, чем теплового удара, но оба заболевания следует считать серьезными, требующими врачебной помощи. Перегрев организма влечет за собой нарушение работы механизма терморегуляции, а это ведет к нарушению функций кровообращения и некоторых центров головного мозга. Чем скорее будут восстановлены эти функции, тем менее опасны будут последствия заболеваний.

3.22. Что представляет собой тепловой баланс тела человека?

Известно, что температура поверхности тела человека в зависимости от внешних условий и его состояния может меняться в значительных пределах, превышающих 20°C . Соответственно меняется теплоощущение.

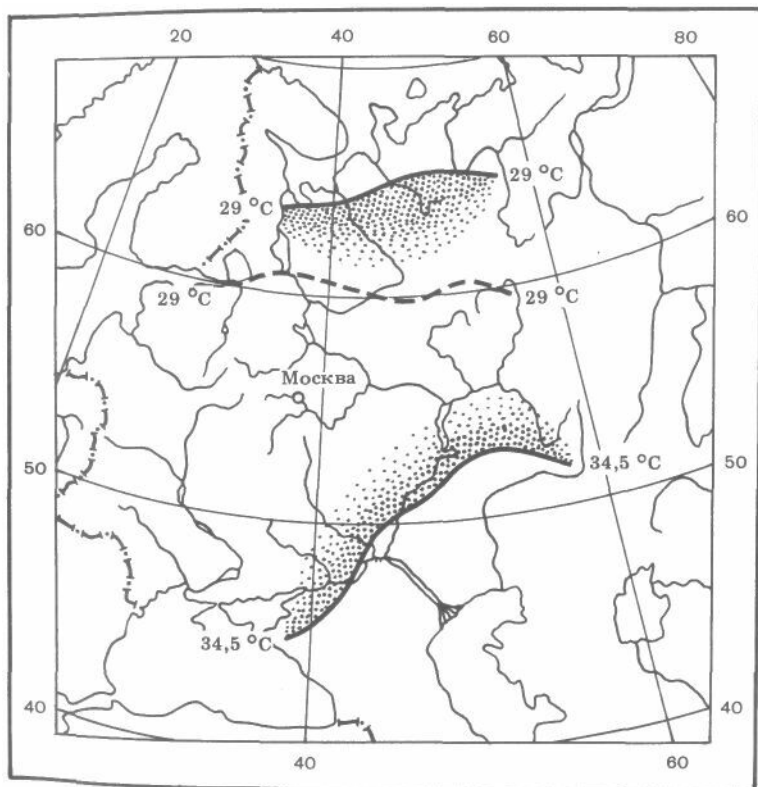
Экспериментальным путем установлено, что при температуре поверхности тела ниже 29°C подавляющее большинство людей начинает ощущать холод, а при температуре выше $34,5^{\circ}\text{C}$ — чрезмерное тепло. Наиболее комфортная температура поверхности тела — 33°C .

При стабильной температуре поверхности тела теплоощущение человека остается неизменным, приток и расход тепла в организме оказываются сбалансированными. Тепловой баланс тела человека можно выразить в виде уравнения; составляющими его членами будут: радиационный баланс поверхности тела P , теплопродуктивность организма M (определяемая в среднем количеством и калорийностью пищи, усвоенной в данный момент времени), затраты тепла на испарение I , турбулентный поток тепла от поверхности тела T . Таким образом: $P + M = I + T$.

Это упрощенное выражение уравнения теплового баланса не учитывает такие относительно малые члены, как, например, потеря тепла при дыхании. Она приобретает сколь-либо существенное значение только при низких температурах воздуха. Кроме того, тепловой баланс тела человека в одежде будет определяться также теплоизолирующим влиянием одежды и его выражение приобретет более сложный вид.

3.23. Как изменяются в течение года отдельные составляющие теплового баланса человеческого тела?

По данным исследований М. И. Будыко, в условиях умеренной зоны Европейской части страны летом главным источником тепла для человека является приход коротковолновой радиации. Основные затраты тепла в условиях теплой летней погоды составляют затраты на испарение, которые могут составить до 75—80% всех затрат тепла. Зимой, в условиях низких температур наружного воздуха, резко возрастает роль турбулентной теплоотдачи. Последняя может составить до 50—60% общих затрат тепла. В этом случае на долю испарения останется менее половины затрат, а при сильных морозах — и того меньше: до 20—25%.



9. Границы зоны благоприятного теплового режима

3.24. Как велика зона благоприятного для человека теплового режима в Европейской части нашей страны?

Летом эта зона, по данным М. И. Бudyко, очень обширна — она простирается от южного побережья Белого моря до западных отрогов Кавказского хребта и южной оконечности Уральских гор на юго-востоке. Границами этой зоны являются изолинии 29°C и $34,5^{\circ}\text{C}$, представляющие средние температуры поверхности тела одетого человека в июле (жирные сплошные линии на рис. 9). Для неодетого человека северная граница зоны благоприятного термического режима проходит приблизительно вдоль 60-й параллели, от Ленинграда на восток, то есть на 400—500 км южнее, чем для легко одетого человека. На том же рисунке она показана пунктирной линией.

КАПРИЗЫ ПОГОДЫ



Хотя выражение «капризы погоды» существует едва ли не во всех языках мира и объяснять смысл этого устойчивого словосочетания нет особой необходимости, все же условимся, что будем понимать здесь под ним не совсем обычные сочетания метеорологических условий, складывающиеся время от времени в том или ином уголке планеты и своей неожиданностью или своеобразием вызывающие наше удивление, а иной раз и озабоченность...

Конечно, необычность погоды — вещь весьма относительная. Скажем, выпадение снега летом где-либо на Огненной Земле, на крайнем юге Америки или на мысе Нордкап, на крайнем севере Европы, — явление не такое уж привычное, но все же никого особенно не удивляющее, а вот снег в тропических районах Африки в разгар южноафриканского лета, выпавший в январе 1979 года в г. Мапуту, и удивил, и озадачил не только жителей страны Мозамбик, но и метеорологов обоих полушарий Земли. Накануне термометр показывал 42°C, стояла привычная тропическая жара — и вдруг горизонт заволочли темные облака, повалил снег и температура сразу упала на 27°C. Это ли не каприз погоды? Хотя снег тут же растаял и вскоре пошел обыкновенный тропический ливень, для жителей Мапуту этот снегопад явился событием исключительным, о котором будут вспоминать как о чуде.

В тот же январский день 1979 года, в разгар зимы северного полушария, в Нью-Йорке шел проливной дождь.

Если дождь зимой в расположенном на берегу океана

Нью-Йорке, пусть и редко, но все же бывает, то в центре континентальной Сибири, в г. Красноярске, дождь в разгар зимы, в первой декаде января 1975 года, явился не меньшей неожиданностью, чем снег летом в Мапуту...

Поистине погода способна удивлять нас своими капризами. Никого не удивляют летние грозы, особенно жителей южных районов нашей страны. Значительно реже случаются грозы на севере, а на берегу холодного Чукотского моря они вообще редкость. Обычны при грозах раскаты грома и сверканье молний, однако шаровую молнию при грозе видеть удастся очень немногим — явление это кратковременное и случается нечасто. Тем удивительнее кажется гроза, разразившаяся в 1972 году над поселком Полярное на Чукотке. В дом семьи строителя Егорова влетела шаровая молния, которая затем пробила каменную стену и вышла на улицу. Сообщение об этом было опубликовано в газете «Правда» 17 июля 1972 года.

В масштабах земного шара капризам погоды нет числа, они бесконечно разнообразны, но имеют, как правило, одну общую черту — возникают неожиданно и их очень редко удается предсказать синоптикам, хотя иногда все же удается.

В чем же причины этих капризов? Какова их природа и как следует к ним относиться: как к явлениям случайным, сродни чудесам, или как к явлениям, хотя и редким, но закономерным, не таящим в себе ничего странного и непостижимого? Попробуем разобраться.

4. 1. Как часто на Земле наблюдаются капризы погоды, не стало ли их больше в последнее время?

Случаи необычного хода погоды, ее отклонений от привычной «нормы» для какой-то местности наблюдаются, в масштабах земного шара практически каждый день. Так же ежедневно происходили такие случаи и в прошлом, но теперь благодаря современным средствам связи и лучше налаженному обмену информацией мы об этом узнаем чаще и регулярнее, чем это было, скажем, в прошлом веке. Поэтому может показаться, что сейчас погода стала более капризной, чем была раньше. На самом же деле климат Земли и все явления погоды за последние две тысячи лет существенно не менялись, во всяком случае в какую-либо одну сторону.

Секретариат Всемирной метеорологической организации (ВМО) в своем ежеквартальном бюллетене помещает из года в год обзор важнейших явлений погоды на Земле, повлекших за собой серьезные последствия — челове-

ческие жертвы, массовую гибель скота, потери урожая, разрушения и опустошения городов и сел, многомиллионные убытки и т. п. Каждый год число стран, где наблюдаются такого рода явления, составляет несколько десятков. Средства массовой информации ежедневно сообщают о случаях сильных дождей, вызвавших наводнения, о засухах и связанных с ними лесных пожарах, о выпадении града, погубившего посевы и урожаи винограда или фруктов, о снежных заносах и лавинах в горах и т. п. Каждый такой случай происходит в каком-то определенном районе, сравнительно редко разные по характеру события повторяются в одном и том же месте. Земля велика, и на ее поверхности постоянно наблюдается самая разнообразная погода: и хорошая, и плохая, и такая, как обычно, и совсем не похожая на повседневную, отличная от той, к которой люди привыкли. В одном месте она теплее, чем обычно, в другом — холоднее, в одном — суше, в другом — дождливее и т. д. Однако привычные условия погоды остаются незамеченными, а каждое отклонение погоды от привычного хода вызывает интерес, становится заметным.

4.2. Можно ли предсказать капризы погоды?

В принципе можно, но не все. Прогноз капризов погоды связан с субъективными факторами — зависит от квалификации, опыта и даже личности синоптика: ведь трудно предусмотреть в прогнозе явление, до сих пор никогда в данной местности не наблюдавшееся (как, например, шаровая молния в Полярном или снег в Мапуту). У синоптиков недалекого прошлого было в ходу неписаное «железное» правило, которое внушали старшие коллеги своим младшим, начинающим товарищам по профессии: «Не предсказывай то, чего не бывает в природе». Иными словами, составляя прогноз погоды, надо учитывать пределы изменения прогнозируемых характеристик, известные в климатологии. Логически все верно. Но ведь случаются и исключения — и касаются они как раз редких или даже крайне редких явлений, не зафиксированных в климатических справочниках. Они-то и воспринимаются как капризы погоды! Внедрение расчетных методов в практику составления прогнозов погоды, основанное на использовании ЭВМ, внесло изменения в положение дела с прогнозом редких явлений, но далеко не всех, так как не все метеорологические элементы можно предвычислить. Атмосферное давление, например, можно. И самое высокое значение атмосферного давления, никогда раньше не фиксировав-

шеся на Земле, было правильно спрогнозировано ЭВМ: оно составило 1083,2 гПа и было отмечено на станции Агата (Советская Арктика) 31 декабря 1968 года. Предвычисление ливней, гроз, града, смерчей и других подобных явлений, к сожалению, пока невозможно с требуемой точностью. Отсюда и трудности предсказания капризов погоды.

4.3. Как возникают грозы?

Грозы возникают при высокой неустойчивости воздуха, что бывает, когда температура воздуха с высотой понижается очень быстро — примерно на 10°C на каждый километр высоты или еще быстрее — и, кроме того, воздух богат влагой и достаточно прогрет в нижнем слое атмосферы. Для развития грозы нужна значительная энергия, сосредоточенная в сравнительно небольшом объеме кучево-дождевого облака. Черпается эта энергия из водяного пара, который, поднимаясь вверх и охлаждаясь, конденсируется, выделяя тепло. Условия, благоприятные для образования гроз, обычны для низких широт, районов с жарким и влажным климатом. Там грозы могут происходить круглый год. В странах умеренного пояса благоприятные для грозообразования условия чаще возникают в теплое время года.

Грозы бывают внутримассовые — развивающиеся в какой-либо одной термодинамически неустойчивой воздушной массе и фронтальные — развивающиеся на атмосферных фронтах, которые разделяют разные воздушные массы. Внутримассовые грозы, в свою очередь, подразделяются на тепловые, орографические и адвективные. Последние возникают при переносе (адвекции) относительно холодной влажной воздушной массы на перегретую поверхность суши или моря.

4.4. Что такое линейная молния?

Разряды атмосферного электричества при грозах могут происходить внутри грозовых облаков, между облаками и между облаком и землей. Во всех случаях разряд возникает между различно заряженными очагами атмосферного электричества в виде мгновенно пробегающей между ними молнии. Чаще других наблюдается линейная молния (фото 10). Она имеет форму ломаной или зигзагообразной ярко светящейся линии, представляющей собой путь электронов, движущихся со скоростью около $3 \cdot 10^4$ км/с. Наблюдатель видит линейную молнию ничтожную долю секунды — время, необходимое для



10. Линейные молнии. Разряд между облаками и землей

того, чтобы электрический разряд прошел путь от одного очага к другому, составляющий обычно несколько километров.

4.5. Что такое шаровая молния?

Шаровая молния существенно отличается от обычной линейной и других видов молний, притом не только своей формой, напоминающей круглый светящийся мячик диаметром от 3 до 20 см, но и природой, условиями возникновения и существования. Явление это наблюдается при сильных грозах, как правило, после многократных разрядов с обычными молниями и выпадения дождя, то есть оно носит вторичный характер, является следствием ранее осуществившихся грозовых разрядов. Продолжительность существования шаровой молнии — от нескольких секунд до минуты, скорость ее движения незначительна, она может быть несколько секунд даже неподвижной.

Светится шаровая молния не очень ярко, примерно как небольшая электрическая лампочка, цвет ее может быть от неяркого красного или оранжевого до белого. Иногда она искрит и вращается. Может проникать через небольшие отверстия или щели, то есть пластична. Исчезает или бесследно, как бы растворяясь в окружающем воздухе, или взрываясь. Температура внутри шаровой молнии оценивается в зависимости от ее состояния (характеризуемого яркостью свечения и цветом) от 800 до 1300 К. Плотность вещества шаровой молнии, по всей видимости, близка к плотности воздуха.

По последним воззрениям, шаровая молния представляет собой сгусток плазмы, то есть ионизированного газа, состоящего из смеси ионов газов воздуха и молекул воды, формирующих сложные комплексы, так называемые кластеры. Взаимодействуя между собою, последние создают поверхностное натяжение, способное придать сгустку плазмы, или «грозовому веществу», шаровидную форму.

В зависимости от условий отвода тепла шаровая молния может или разогреваться с последующим взрывом, или постепенно остывать, распадаться и бесшумно исчезать.

Существуют и другие гипотезы о природе шаровой молнии, в том числе химическая, электромагнитная и т. д. Их положения в меньшей степени соответствуют объективным данным наблюдений за этим интересным и сравнительно редким явлением, которое до сих пор не имеет исчерпывающего и общепризнанного объяснения, хотя изучением его природы ученые занимаются почти 150 лет (то есть с 1838 года, когда французский физик Араго впервые описал явление шаровой молнии).

4.6. Что представляют собой другие виды молний?

Разветвленная молния, напоминающая крону дерева без листьев, по своей природе — та же линейная молния, с той только разницей, что разряд происходит не по одному, а по целой системе каналов. Четочная молния отличается от линейной наличием ряда утолщений на канале разряда; это яркие светящиеся узелки, или «ракеты» (иногда такую молнию называют ракетной). Плоская молния — бесшумное беловатое свечение части грозового облака; оно длится доли секунды.

4.7. Насколько опасны грозовые разряды и где следует искать от них защиту?

Грозовые разряды чрезвычайно опасны. Сила тока в канале молнии может достигать сотен тысяч ампер. Ежегодно в странах с большой повторяемостью гроз погибают от ударов молний тысячи людей; в одних США в среднем поражается молнией около 2000 человек в год, из которых приблизительно четвертая часть погибает. Большинство случаев поражения людей молниями приходится на сельскую местность. В городах случаи поражения людей грозой редки, так как практически все сооружения имеют громоотводы и могут служить надежным укрытием от гро-

зы. Если гроза застала человека в поле или в лесу, следует избегать укрытия под одиноко стоящими или очень высокими деревьями.

4.8. Как часто бывают грозы на Земле?

Ежесекундно над земной поверхностью в среднем происходит 117 грозовых разрядов, при этом примерно половина их — над океанами, а половина — над сушей. Однако львиная доля всех гроз (ежегодное количество которых выражается астрономической цифрой $1,15 \cdot 10^9$) приходится на страны с жарким климатом, где температура и влажность воздуха круглый год высокие. В районах с умеренным климатом грозы наблюдаются в основном в теплое полугодие. Но бывают случаи и зимних гроз. В так называемых мировых очагах гроз, занимающих немногим больше 2% земной поверхности (отдельные области Центральной и Южной Америки и Юго-Восточной Азии), наблюдается около 20% всех гроз на Земле, а продолжительность каждой грозы измеряется многими часами. В Сингапуре, например, в среднем в году бывает более 170, а в некоторых местах на острове Ява — до 220 дней с грозой, и в отдельные дни сверкают молнии и гремит гром непрерывно в течение 12 ч! В то же время в центральных областях Европейской части РСФСР бывает всего около 20 гроз в году и средняя продолжительность их составляет менее 1,5 ч.

4.9. Почему иногда зимой выпадает дождь, а летом — снег?

Выпадение осадков из облаков связано с нарушением устойчивости массы облака, состоящей из множества элементов — облачных частиц разных размеров и структуры. Чем однороднее состав облачных элементов, тем устойчивее облако, тем дольше оно может не давать осадков. Вид осадков в основном определяется температурой воздуха в подоблачном слое, высотой облаков и их структурой. Облака, дающие осадки, как правило, имеют смешанную микрофизическую структуру, то есть состоят из разных по размерам ледяных кристаллов и капель переохлажденной воды. Выпадая из облаков, эта смесь дождевых капелек и снежинок на пути к земной поверхности, если подоблачный воздух достаточно теплый, успевает несколько нагреться и тогда превращается в обычный дождь с положительной температурой воды, содержащейся в его каплях. Иногда, при небольшой высоте облаков, снежинки не успевают полностью растаять и на землю падает мокрый

снег или просто снег — если температура в подоблачном воздухе отрицательная. Поэтому в средних широтах в теплую летнюю пору мы привыкли к выпадению дождя, в холодную зимнюю — снега, а в переходные сезоны может выпадать и дождь, и снег, и смешанные осадки.

Так бывает чаще всего, то есть при обычном для данного времени года развитии атмосферных процессов, формирующих облачность и определяющих режим выпадения осадков. Но случается, что процессы в атмосфере в силу каких-то причин развиваются с отклонением от нормального хода. Зимой в средние широты могут проникнуть массы очень теплого и богатого влагой воздуха из южных районов, с бассейна одного из теплых морей. Начинается оттепель, может быть, даже таяние ранее выпавшего снега, а в иных случаях из облаков вместо снега идет дождь... Летом же иногда далеко на юг прорываются массы холодного воздуха из Арктики; при отступлении теплого воздуха формируется очень мощная облачность на атмосферном фронте, то есть на линии раздела двух очень разных воздушных масс. Осадки из нее могут быть очень обильными, сперва в виде дождя, а при последующем сильном похолодании и низкой высоте облаков — иногда и в виде мокрого снега и даже просто снега. В южных районах это случается редко и может происходить без сильного похолодания у земли, но всегда — в присутствии очень мощной, сильно развитой по вертикали облачности.

4. 10. Часто ли случается такая «путаница» в осадках?

Особенно редко такого рода явления наблюдаются в континентальных районах, вдали от морских побережий, где сезонные смены погоды достаточно устойчивы — летом тепло, зимой холодно, а капризы погоды случаются в основном в переходные сезоны — ранней весной и осенью, когда бывают кратковременные возвраты холодов или тепла. Более капризна погода в приморских районах: вследствие существенной разницы в состоянии поверхности моря и суши резкие колебания погоды наблюдаются здесь во все сезоны. К этому жители, скажем, нашей Прибалтики привыкли и не видят в таких сменах погоды ничего необычного. Но иногда погода удивляет и их. Так, зимой 1974/75 года они практически не видели снега до конца января: с теплыми юго-западными ветрами с Атлантики приходили массы влажного морского воздуха, которые несли с собой необычно высокую температуру и обильные дожди. Необычно теплая и дождливая зима в тот

год была и в Финляндии, Ленинградской и Архангельской областях и даже в некоторых районах Сибири... Такое бывает, конечно, не часто — один-два раза за столетие, если иметь в виду какой-то определенный географический район. Но в другом районе земного шара нечто похожее может произойти в любом ближайшем году. Так, в разгар зимы 1978/79 года в Северной Америке, в штатах Массачусетс, Нью-Джерси и Нью-Йорк, несколько дней подряд шли проливные дожди, вызвавшие местами наводнения. В самом городе Нью-Йорке выпало так много дождя, что под водой оказались некоторые районы города, вышли из строя некоторые линии метро... Зато в Сахаре, в глубинных районах пустыни, в 600 км от алжирской столицы, в оазисе Мзаб, где и дожди редкость, в феврале 1979 года выпал снег. Падал он около часа и покрыл плотным белым покрывалом дома и пальмы. Снег, конечно, под лучами африканского солнца вскоре растаял, но для жителей оазиса он был настоящей диковиной — до того никто из них не видел снега в этих местах...

4.11. Правильно ли утверждение, что суровые зимы последних лет — свидетельство общего похолодания на Земле?

В настоящее время оснований говорить о начавшемся общем похолодании земного климата нет. Во-первых, суровые зимы случались и прежде (как и теплые тоже), а во-вторых, если в одном районе земного шара стоит суровая зима, то она не обязательно столь же сурова в другом районе. Оценивать колебания земного климата надо не по одной какой-либо местности и даже не по одному континенту или полушарию, а по всей планете. В Восточноевропейском регионе северного полушария в XX веке было несколько периодических потеплений и похолоданий, сменявших друг друга: потепление 20-х годов сменилось похолоданием 40-х, затем снова было некоторое потепление в 50—60-х годах и еще одно похолодание, начавшееся в 1974 году, которое, по-видимому, еще не закончилось, поскольку не только в Восточной Европе, но и в ряде других районов полушария зима 1978/79 года была очень суровой — сильные морозы отмечались и в Западной, и в Восточной Европе, а также в Северной Америке. В южном полушарии никаких признаков похолодания не отмечалось вплоть до 1979 г., когда зима здесь наступила на месяц раньше обычного срока. В южных штатах Бразилии снегопады и заморозки погубили около миллиарда теплолюбивых кофейных деревьев. Сравнительно суровые зимы

в ряде районов обоих полушарий были и в начале 80-х годов, в том числе в Евразии в 1984/85 году.

И тем не менее принимать все эти факты за признак всеобщего похолодания на Земле безосновательно, так как, с одной стороны, летние сезоны в ряде районов были теплее обычного, а с другой стороны, нельзя отвергать возможность предстоящего очередного потепления в конце нашего века.

4.12. Можно ли считать выпадение цветного снега признаком суровой зимы?

Нет, ни в коей мере. Окраска снега связана с цветом пыли, попадающей в облака или осадки, которые из них выпадают. В феврале 1979 года сильные ветры из африканской Сахары принесли много мелких песчинок, которые окрасили в желтый цвет снег, выпавший в ряде стран Европы, в частности в Югославии, Австрии и Польше. Никакой связи между выпадением желтого снега и суровыми морозами зимы того года не существует.

4.13. Бывают ли в неблагоприятный, холодный год необычайно теплые дни?

Да, бывают. Характеристику всего года в целом дают по преобладающим условиям погоды и по средней годовой температуре, точнее, по тому, насколько она отличается от средних многолетних ее значений. Так что и в «холодный» год вполне могут случиться очень теплые дни, точно так же как в «теплый» год — необычайно холодные. Но продолжительность таких периодов с погодой, не свойственной для года в целом, естественно, не может быть очень большой.

Так, например, для Европы, по официальным данным ежегодного обзора Всемирной метеорологической организации, 1978 год был холодным. На Скандинавском полуострове, в Италии, Ирландии и ряде других европейских стран средняя годовая температура оказалась ниже нормы, а продолжительность солнечного сияния местами была самой низкой за все годы наблюдений. Однако в Норвегии в ноябре 1978 года температура воздуха была самой высокой за последние 50 лет, в Дании в октябре была отмечена рекордная для страны температура 24, 1°С, теплее обычного в октябре было и в юго-восточной Швеции, и в Великобритании, на Европейской части СССР теплее нормы на 2—5°С было и в начале года, в январе... Зато в декабре в связи с исключительно интенсивным вторжением масс холодного воздуха из Арктики температура повсеместно

резко снизилась, достигнув местами в Европейской России -52°C , в Северной Швеции -49°C .

Поскольку в остальные сезоны 1978 года — летом и весной — температура в большинстве районов Европы тоже была хотя и не намного, но ниже средней многолетней, то в целом год получился холодным, таким он и запомнился большинству европейцев.

По-своему капризной оказалась осень 1978 года для жителей венгерского города Сегед, славящегося в Венгрии большой продолжительностью солнечного сияния. На ближайшей к нему горной станции Кекештет, на высоте 1015 м над уровнем моря, в ноябре была отмечена рекордная продолжительность солнечного сияния (146 ч) и температура воздуха была выше средней месячной на $0,6^{\circ}\text{C}$. В Сегеде же, расположенном на равнине, на высоте 83 м над уровнем моря, было холоднее обычного на $3,5^{\circ}\text{C}$, в течение всего ноября не было ни одного солнечного дня. Случилось так из-за антициклона, сформировавшегося осенью над Венгерской равниной. Образовавшаяся у верхней границы слоя холодного воздуха так называемая инверсионная облачность небольшой мощности закрыла равнину, а над облаками в горах в это время светило солнце.

4.14. Могут ли отклонения погоды одного и того же характера охватывать весь земной шар?

Масштабы таких явлений, как сильная засуха или чрезвычайно обильные осадки, обычно велики. Подобного рода отклонения условий погоды от обычных вызываются крупномасштабными процессами атмосферной циркуляции, охватывающими целые материки или океаны. Однако распространения отклонений погоды одного и того же характера на весь земной шар практически не наблюдается: если в одном географическом районе какой-то сезон оказался очень дождливым, то в каком-либо другом районе в это же самое время может наблюдаться дефицит осадков и т. д. В целом же на планете каждый год выпадает примерно одно и то же количество осадков и средняя температура воздуха остается из года в год постоянной. Например, летом 1973 года в ряде районов США были зарегистрированы самые высокие за всю историю наблюдений температуры воздуха: 43°C 11 июля в Северной Дакоте и 40°C 6 июля в Колорадо. Жарким и засушливым это лето было и на значительной части Африканского континента; отмечено наступление песков Сахары на ранее освоенные культурные земли, в Сахельской зоне пустыни из-за

недостатка дождей погибла значительная часть урожая, выгорела трава на пастбищах, отчего поголовье скота сократилось вдвое... В Австралии же, где перед этим на протяжении многих лет ощущался недостаток осадков, как раз в 1973 году с февраля по март осадки выпадали регулярно, а в южных и центральных районах континента их выпало так много, что местами оказались размытыми дороги; бессточное и обычно полностью пересыхающее в это время года озеро Эйр вышло из берегов, а в некоторых пунктах штата Северная территория даже в сухой сезон количество осадков превысило норму в 50 и даже в 60 раз! В Индии и Пакистане лето 1973 года оказалось необычно контрастным. Сильная жара, наблюдавшаяся с апреля по июнь, когда температура воздуха достигала 50°C, сменилась небывалыми по интенсивности дождями: в Джайсалмере (штат Раджастхан) за одни сутки в июле выпало больше годовой нормы осадков — 204 мм! Повсеместно возникли наводнения, десятки тысяч деревень и около 5 млн. га пахотной земли оказались затопленными...

4.15. Почему в странах Средиземноморья, отличающихся мягким климатом, иногда выпадает снег?

Достаточно надежная защищенность с севера системами горных хребтов Европейского континента, значительная высота солнца над горизонтом даже в декабре и относительно высокая температура воды в море — все это обеспечивает бассейну Средиземного моря теплый климат с мягкой бесснежной зимой. Но в отдельные годы холодные массы воздуха из Северной Европы все же прорываются через проходы в горах, вызывая кратковременные похолодания и формируя глубокие циклоны, которые затем поднимаются в Центральную Европу и на Балканский полуостров, принося с собой обильные осадки и штормовую погоду. Такие явления наблюдались зимой 1978 года. В январе впервые за последнюю четверть века в Сицилии выпал снег. Северная Италия и соседняя Швейцария оказались буквально завалены снегом. Местами снега выпало в два-три раза больше того максимального количества, которое принималось в расчет при проектировании зданий, и многие крыши домов рухнули под тяжестью снега (удельное давление которого достигало 200 кг/м²!).

4.16. Что такое ледяной дождь?

Ледяной дождь представляет собой особый вид осадков, состоящих из мелких прозрачных ледяных шариков. Образуются они при замерзании дождевых капель, выпа-

дающих из облаков. Падая на землю, эти шарики смерзаются, создавая ледяную корку с неровной шероховатой поверхностью.

В условиях длительного выпадения осадков, связанных с малоподвижным атмосферным фронтом, когда влажный теплый воздух взаимодействует с находящимся под ним холодным воздухом, отложение льда при ледяном дожде может быть весьма значительным и достигать нескольких сантиметров. Так, 19—20 февраля 1978 года в Швейцарии ледяной дождь, шедший около 36 ч, привел к образованию ледяного покрова толщиной 3,0—3,5 см, что вызвало массовые повреждения деревьев в лесах, большое количество дорожных происшествий и несчастных случаев. Ленинградцы же надолго запомнят день 9 марта 1981 года, когда это явление приобрело характер настоящего стихийного бедствия.

4.17. Знакомы ли жителям Западной Европы снежные заносы, какие бывают на Среднерусской равнине?

Время от времени, хотя и не каждый год, в Западной Европе все же наблюдаются сильные снегопады и снежные бури. Например, в январе и феврале 1978 года глубокие циклоны над Великобританией вызвали снегопады и метели в Юго-Западной Англии, Уэльсе и Шотландии. Высота снежных сугробов на наветренных склонах возвышенностей местами достигала 6 м, чему в немалой степени были удивлены жители Британских островов.

4.18. Так же ли капризна погода в южном полушарии, как и в северном?

Капризы погоды, то есть ее неустойчивость, внезапность переходов от одного состояния к другому, связаны со сложностью взаимодействия воздуха с подстилающей поверхностью, влиянием рельефа и других местных факторов, а также с особенностями развития атмосферных процессов. Таким образом, устойчивость погоды не определяется географической широтой местности самой по себе и в этом отношении принципиальной разницы между условиями погоды в обоих полушариях Земли нет.

Нам, жителям северного полушария, конечно, реже приходится слышать о «шалостях» погоды в другом полушарии, но они там бывают, о них сообщают местные газеты, радио и телевидение. О наиболее необычных явлениях в далеком южном полушарии иногда сообщают и

средства информации нашей страны. Так, например, 26 ноября 1979 года ТАСС сообщил о шторме, обрушившемся в разгар южного лета на субтропический австралийский город Сидней. Скорость ветра при шторме достигала 150 км/ч. Шторм сопровождался градом со снегом, выпавшим полуметровым слоем. Град нанес ущерб садам и деревьям, снежные завалы на дорогах дезорганизовали движение и стали причиной многих дорожных происшествий. Этот случай штормовой погоды в Сиднее был четвертым за предшествующие 11 дней ноября.

4.19. Есть ли связь между весенними наводнениями и сильными морозами предшествующей зимы?

Да, такую связь можно проследить. Рассмотрим для примера условия атмосферной циркуляции, сложившиеся в первом полугодии 1979 года на Европейском континенте. В Арктике и на севере Европы зима была необычно холодной. Периодические прорывы масс очень холодного воздуха в более низкие широты способствовали формированию очень активных атмосферных фронтов и глубоких циклонических возмущений над западными участками Средиземного моря. Выход таких глубоких циклонов на Европейский континент сопровождался во второй половине зимы и весной небывало обильными осадками, которые и были причиной подъема уровня грунтовых вод и наводнений на многих реках. Осадки в большем, чем обычно, количестве выпадали на обширной территории Западной, Центральной и Восточной Европы. Так, например, во Франции март оказался самым дождливым за более чем сто лет, считая с 1873 года. За один этот месяц на территории Франции в среднем выпало 116,4 мм дождя — это рекордная цифра за весь период наблюдений.

4.20. Имеет ли значение для возникновения наводнения распределение осадков во времени?

Безусловно, имеет. Совсем не безразлично, будут ли дождь и снег идти равномерно в течение всех месяцев года, или же вся годовая норма осадков выпадет в каком-то одном месяце. В последнем случае почва не успеет впитать осадки, они начнут скапливаться на поверхности, переполнять реки и водохранилища, создавать наводнения. Такая ситуация сложилась в январе 1979 года в Джакарте: не прекращавшиеся в течение трех дней сильные дожди вызвали наводнение, затопившее сотни жилых зданий,

помещения двух университетов и другие важные общественные центры; утонули десятки людей; пришлось эвакуировать жителей из самых опасных районов города. Между тем общее количество осадков за сезон в Джакарте не превысило средней нормы — все дело было в неравномерности их выпадения.

4.21. Что представляет собой ветер сарма, можно ли предвидеть его возникновение?

Сарма — очень сильный местный ветер, наблюдающийся чаще всего осенью и в начале зимы в устье р. Сармы, впадающей в оз. Байкал. Возникает сарма при обвале холодного воздуха с северо-запада или северо-северо-запада, с Приморского хребта, имеющего высоту около 1200 м. Это холодный порывистый ветер скоростью от 15 до 40 м/с. Начинается он, как правило, внезапно. Типичная синоптическая обстановка, при которой следует ожидать сармы, — быстрое продвижение области высокого давления из Западной Сибири в тылу циклона, отходящего к востоку из района оз. Байкал. В холодное время года возникновение сармы позволяет предполагать характерный ход кривой давления — смена продолжительного падения давления сильным ростом его в сочетании с общим быстро прогрессирующим похолоданием.

По своей природе сарма сходна с новороссийской борой.

4.22. Чем вызываются жаркие ветры в южных районах Средней Азии?

В теплое время года над южными областями наших среднеазиатских республик, а также над Пакистаном, Афганистаном, Ираном под непосредственным воздействием высокой температуры земной поверхности формируется область так называемой термической депрессии. В процессе длительной циркуляции воздух сильно прогревается в нижних слоях и обогащается континентальной пылью. Устремляясь в более северные области, он несет с собой жару, пыльные вихри и шквалы. Типичный ветер такого происхождения — гармсил, дующий с предгорий Копетдага через Каракумы и достигающий иногда Ферганской и Чирчикской долин. Температура воздуха при гармсиле может достигать 45—46°C. Аналогичные ветры известны в Северной Африке и на Аравийском полуострове — самум, хамсин, забуб и др. Нередко они сопровождаются сильными пыльными и песчаными бурями, иногда и грозами. Кроме того, при таких ветрах часто наблюдаются резкие колебания видимости.

4.23. Можно ли считать 1979 год необычным по условиям погоды?

Погода в 1979 году была из ряда вон выходящей лишь в отдельных районах, но не по всему земному шару в целом. Жители Европы будут долго помнить небывалые январские морозы, а Северной Америки — проливные дожди в том же январе. Жителям субтропиков в Южной Африке запомнится выпавший летом снег, который там и зимой видят не каждый год... В конце года европейцам снова «повезло» — жесточайшие декабрьские штормы пронесли над Англией, Францией и Италией, вызвав большие разрушения и гибель людей, нарушения в работе морского, автомобильного и авиационного транспорта, связи и в энергоснабжении городов. Одновременно на Дальнем Востоке, по сообщениям из Хабаровска, в третьей декаде декабря отмечались обильные дожди, каких не бывало в этом районе за все 80 лет ведущихся здесь метеорологических наблюдений. На Балканском полуострове осенью этого года сильные ливни стали причиной наводнений. Жителей западных и центральных районов Европейской части нашей страны озадачили чередования волн интенсивного тепла и холода в последние месяцы 1979 года, когда несколько раз устанавливался и сходил снежный покров, во многих местах на деревьях по-весеннему набухали почки и начинала распускаться листва, а в лесах появились подснежники.

Вместе с тем, в других районах земного шара в погоде не происходило ничего необычного.

Так можно ли считать 1979 год по условиям погоды особенным? А что бывало в прошлом — 100, 200, 300 и т. д. лет назад? В сборнике «Человек и стихия-79» опубликована подборка В. Н. Коровина и Г. А. Галкина о «причинах» 79-х годов.

Оказывается, 100 лет назад, в 1879 году, была «чахлая» зима в Южной России и на Кавказе, реки замерзли на месяц позже, а вскрылись на месяц раньше обычного, но кратковременный сильный мороз в январе вызвал массовую гибель цитрусовых. Весна, лето и осень были дождливы, на многих реках отмечены катастрофические наводнения, в том числе на Дунае, Днепре, Дону, Тереке, Куме, Москве и Кубани.

200 лет назад, в 1779 году, во всей Европе была необыкновенно снежная и суровая зима («...в Калмыцкой степи птицы замерзали на лету»). Весной отмечены сильные наводнения на реках в Северной и Центральной России, происходила подвижка ледников Казбека.

300 лет назад, в 1679 году, многоснежная зима была в скандинавских странах, Германии, Южной России, где «...снеги великие выпали и не можно было конем хотети ехать». Весна была поздняя, морозами в мае повреждены виноградники. Лето же было в Центральной Европе «невыносимо жаркое, деревья, даже дубы, трескались и засыхали».

400 лет назад, в 1579 году, в Западной Европе зима была холодная и многоводная. Во время наводнения на Темзе оказалось затопленным Вестминстерское аббатство. Лето и осень были дождливы во всей Европе. В Южной России «дождь шел непрерывно все лето». В Закавказье переувлажнение вызвало «морозную язву и голод».

700 лет назад, в 1279 году, как свидетельствует летопись, «...голод был во всей земле, и в Руси, и в Ляхах, и в Ятвяжской земли». Исследователи полагают, что «великий недород хлеба» был вызван засухой, охватившей территорию Восточной Европы.

Наконец. 1000 лет назад, в 979 году, как указано в летописи, «быша громи велици и страшни, и ветры сильни с вихром, и много пакости бываху человеком и скотом, и зверем лесным...» Год был дождливый на Руси, неурожайный...

Как видим, 1979 год — не исключение. На обширной территории Европы всегда найдется место, где погода один-два раза в году проявит себя как-нибудь необычно. В масштабах земного шара 1979 год по особенностям погоды мало чем отличается от других лет нашего столетия, да и других столетий тоже. Разве что «причуды» погоды в этом году проявились в местах, представляющих для нас непосредственный интерес, а потому они кажутся нам особенно впечатляющими...

4.24. Были ли какие-нибудь особенности в погоде последних лет?

Да, были. Так, например, в летне-осенний период 1980 года капризы погоды можно было наблюдать практически на всех континентах планеты. Сильные затяжные дожди, прошедшие летом в Польше, Чехословакии, Западной Украине и на юге Белоруссии, привели к необычному для этого времени года разливу рек, наводнениям, причинившим значительный ущерб сельскому хозяйству на обширной территории на западе нашей страны и в соседних государствах. В Нижнем Поволжье и на Северном Кавказе, а также на Кубани в это время стояла, наоборот, сухая жаркая погода, температура воздуха до первых дней

августа держалась до 30°C и лишь во второй пятидневке последнего летнего месяца внезапно упала сразу на 20—25°C, начались кратковременные дожди.

В сентябре жаркая погода установилась в Западной Сибири и в Казахстане, там в конце второй декады этого месяца температура воздуха доходила до 26°C. Еще жарче было на юге Европы — в Италии, Греции, Югославии днем повсеместно было 27—30°C! Одновременно сравнительно прохладная и дождливая погода установилась во Франции и Великобритании. Во французской столице за одни сутки выпала половина месячной нормы осадков. Резко похолодало на Скандинавском полуострове, по ночам температура опускалась ниже нуля! Еще значительнее температура упала в Сибири, в Якутии. Там она в последней декаде сентября оказалась на 5—7°C ниже нормы, морозы достигали —18°C, что даже для этого района очень необычно.

Глубокий циклон в западной части Черного моря принес сильные дожди в район Сочи, Гагры и Гудауты. Здесь местами за сутки выпало больше месячной нормы осадков; обильные дожди прошли также в Азербайджане.

Однако дожди на Кавказе, в Центральной и Западной Европе в этот сезон не идут ни в какое сравнение с тем, что наблюдалось на юге и юго-востоке Азии: там всю вторую половину лета и весь сентябрь лили непрерывные дожди. Осадков в Индии и Таиланде выпало так много, что разливы рек приняли масштабы стихийного бедствия. В индийском штате Уттар-Прадеш наводнениями были охвачены 46 округов из 56; оказались разрушенными 36 тысяч деревень, погибло более 2000 человек, остались без крова многие десятки тысяч жителей, а число пострадавших достигло 30 миллионов! Вспыхнули эпидемии лихорадки, энцефалита. От наводнений пострадали также штаты Ассам и Орисса. Катастрофические наводнения, вызванные обильными осадками в сентябре, отмечались также на другом конце планеты, в Мексике в районе г. Аранкас. В то же время в соседних Соединенных Штатах Америки, на юге страны, неделей позже установилась жара, температура достигала 35°C. До этого в июле — августе длительное время в ряде районов США держалась небывалая жара с температурой воздуха даже в ночные часы около 40°C.

В южноамериканских странах Бразилии и Аргентине сентябрь тоже выдался жарким, бездождным. В Бразилии разразилась одна из самых сильных за последние годы засуха; в Аргентине, в провинциях Сан-Луис и Кордова,

повсеместно отмечались лесные пожары, горели также луга...

Были свои особенности и в погоде 1985 года, хотя в масштабе всей Земли погодные условия были в целом такими же, как и в другие годы последней четверти нашего века. В одних районах земного шара осадков выпало меньше средней годовой климатической нормы, в других — больше; в одних местностях лето было дождливым и прохладным, в других — сухим и жарким, зима кое-где была суровее обычной, а кое-где — немного теплее нормы и т. д. За календарный год наша планета получила от Солнца столько же тепла, сколько и в другие годы и возвратила в мировое пространство путем длинноволнового излучения адекватное полученному теплу количество лучистой энергии, и, таким образом, осталась неизменной средняя температура земной атмосферы и средняя температура воды Мирового океана, так же как и средние условия погоды на Земле.

Тем не менее жителям многих районов на всех континентах погода в 1985 году преподнесла «сюрпризы», и им этот год может показаться из ряда вон выходящим. Так, в центральных и северных районах Европейской части нашей страны весь летне-осенний сезон оказался необычайно дождливым, с малым количеством теплых солнечных дней. Атлантические циклоны в июне и июле буквально заливали дождями Европейскую часть страны. Не лучше обстояло дело и осенью. Например, в Брянской области только за первый осенний месяц сентябрь выпало пять-шесть месячных норм осадков.

На юге страны погода была очень неровной. Наряду с сильной летней жарой, наблюдавшейся в Молдавии, на Украине, Северном Кавказе, в Краснодарском крае и Нижнем Поволжье, где температура воздуха в отдельные дни в июле была близкой к абсолютным максимумам (36—38°C), местами в этих районах прошли сильные ливни, вызвавшие наводнения. В Астрахани за несколько часов в самом начале сентября выпало 55 мм дождя, что составляет три месячные нормы осадков; в Сочи 21 августа за семь часов выпало 150 мм осадков, что превышает полуторамесячную норму, в Западной Грузии двумя днями позже за несколько часов выпало 180 мм осадков. На Черноморском побережье Кавказа отмечались случаи выхода с моря смерчей. Один из них, пройдя по руслу небольшой речки Хобзы в Лазаревском районе вверх по течению около километра, разрушился, вылил в речку больше 3 млн. м³ морской воды, вызвав катастрофический

подъем уровня воды в ее устье, достигший 5 м выше ординара!

В районе Кисловодска из-за интенсивных ливней в начале июля наблюдались сильные оползни, в горах Кавказа местами возникли селевые потоки, угрожавшие транспортным магистралям.

На Южном берегу Крыма, в Одессе и на Черноморском побережье Кавказа в разгаре лета при жаркой солнечной погоде температура воды в море несколько раз резко падала до 10—8 и даже 6°С, приводя в недоумение и приезжих курортников, и местных жителей — наблюдался подъем холодных придонных вод в результате сгона ветром теплых поверхностных, явление, известное под названием апвеллинг.

Не обошлось без «сюрпризов» погоды и в Белоруссии: в районе деревень Беседка и Птичь Гомельской области во время летней июльской грозы под кучево-дождевыми облаками возник смерч, выбравший до самого дна воду из местной речки и выливший ее на луг вместе с речной рыбой... Воздушным потоком в смерче оказались подняты над землей и переброшенными на расстояние до ста метров трактор Т-74, сенажная башня, железнодорожный вагон, автомашина «уазик» с шофером и пассажиром и одиноко растущее большое дерево — ольха, вырванное с корнем из земли... («Известия» от 7 июля 1985 года).

Список «сюрпризов» погоды в 1985 году можно было бы продолжить, укажем только, что они не миновали ни Дальний Восток, где муссонные ливни вызвали сильные наводнения, ни Якутию и Восточную Сибирь, где летом были периоды то чрезмерной жары, то сильных похолоданий, ни Средний Урал и Западную Сибирь, где наблюдались аналогичные явления.

Погода удивляла нас и в зимнее время: многим памятны кратковременные, но сильные морозы в Ленинграде и Москве, длительные жестокие морозы в Араратской долине в Армении, погубившие персиковые деревья; обильные дожди со снегом в Грузии и Азербайджане, вызвавшие наводнения в ряде районов этих республик.

Не баловала погода и другие страны: в Великобритании сильные ветры и дожди, наблюдавшиеся непрерывно на протяжении месяца с середины июля, нанесли серьезный ущерб урожаю злаковых и технических культур; сильнейший ураган с ливнями и градом в начале августа обрушился в США на город Шайенн (штат Вайоминг), принес с собой разрушения и человеческие жертвы; в Норвегии в начале сентября глубокий циклон погубил в провинции

Бускеруд весь урожай зерновых, вызвав наводнения и селевые потоки, он же разбил о скалы в бухтах и фьордах сотни яхт и катеров; в Колумбии в департаменте Вальдель-Каука проливные дожди в октябре вызвали горные обвалы, оползни и наводнения, уничтожившие урожай сельскохозяйственных культур, разрушившие сотни жилых домов и вызвавшие человеческие жертвы. В то же время чрезмерная жара и сильная засуха в июле на севере африканского государства Буркина Фасо в провинциях Уахигуля и Ятенга погубила урожай, превратила бывшие сельскохозяйственные угодья в безжизненную пустыню. А всего на 400 км южнее, на территории той же африканской страны, в провинции Комоз, прошли проливные дожди с ураганскими ветрами, причинившие большой ущерб коммуникациям и сельскому хозяйству. В Мали в августе ливни размывали дороги, наводнения способствовали распространению эпидемии холеры, от которой в этой западноафриканской стране за шесть месяцев 1985 года погибло 500 человек («Известия» от 8 июля и 13 августа 1985 года)... Жаркая сухая погода и сильный ветер явились причиной катастрофических лесных пожаров летом и ранней осенью в Турции и Португалии. Необычно жарким, засушливым было лето 1985 года и в Швейцарии, где из-за недостатка осадков оказались под угрозой древесные насаждения городских парков и даже леса, в ряде кантонов обмелели реки, в том числе Рейн, в верхнем течении которой пришлось из-за этого прервать навигацию, сток воды через шлюзы сократился больше чем наполовину; в кантоне Берн у города Бертод полностью высохла местная речка.

В южном полушарии также наблюдалась засуха. В Бразилии погибло 75% посевов кофе, пострадали посевы бобов, хлопка, риса, кукурузы, упало производство электроэнергии на гидростанциях штатов Парана, Санта-Катарина, Риу-Гранди-ду-Сул.

Как видим, стихийных бедствий, связанных с погодой, в 1985 году было немало, перечислить их все практически нет возможности.

4.25. Могло ли сказаться на погоде в Европе летом 1980 года извержение вулкана Сент-Хеленс в США 18 мая 1980 года?

Очевидных свидетельств такого влияния не существует, если не считать интересный факт, зарегистрированный метеорологами в начале августа, — выпадение песчаного дождя в швейцарских кантонах Женева, Цюрих, Вале и Французском департаменте Савойя. Анализ состава

необычных осадков, произведенный экспертами Швейцарского музея естественной истории, показал, что выпавшие песчинки — вулканического происхождения. Изучение направления и скорости воздушных потоков на высотах в северном полушарии показало, что песок мог попасть в атмосферу из вулкана Сент-Хеленс и быть перенесен ветрами через Североамериканский континент и Атлантический океан в Европу.

4.26. Где на Земле погода самая устойчивая, наименее «капризная»?

Изменчивость погоды связана с процессами теплообмена, различиями в поступлении солнечного тепла в разные сезоны и с влиянием рельефа местности, подстилающей поверхности. Наиболее стабильна погода там, где влияющие на нее факторы менее всего неоднородны, где источники тепла и компоненты механизма циркуляции — воздухообмена — наиболее постоянны. Если искать постоянство только температурного режима, то оно наибольшее над экваториальными районами океанов. Но там сильны процессы так называемой конвекции (вертикального подъема масс нагретшегося у земной поверхности воздуха), и, хотя годовая амплитуда температуры составляет всего несколько градусов и между сезонами нет различий, ливневые дожди, грозы и неустойчивость ветра делают погоду не лишенной «капризов». Поэтому «погодный рай» придется искать несколько поодаль от экватора, в субтропическом поясе высокого давления, но опять-таки в океане. Пожалуй, таким «раем» есть основания считать Канарские острова. Там теплый сухой климат, очень незначительная амплитуда колебаний температуры воздуха от лета к зиме: всего около 6°C, средняя годовая температура составляет 20°C, осадков выпадает немного, но достаточно для нормального развития растительности: 300—500 мм/год. Погода преобладает солнечная, ровная, без сильных ветров и опасных явлений. Все сказанное о климате Канарских островов относится к равнинной местности. В горах условия несколько иные, но также достаточно стабильные в течение всего года. Аналогичные климатические условия можно найти и на других островах в субтропическом поясе высокого давления, как в северном, так и в южном полушариях.

СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ПОГОДОЙ



Едва ли не каждый день на нашей планете то в одном, то в другом районе возникают явления природы, влекущие за собой разрушения и человеческие жертвы. Большинство стихийных бедствий связаны с процессами, происходящими в атмосфере, и, таким образом, так или иначе определяются состоянием погоды. Человечеству на протяжении всей своей истории неоднократно приходилось сталкиваться не только с «капризами» погоды, ее непостоянством и периодическими отклонениями от привычного хода метеорологических явлений, но и со случаями, когда эти явления приобретают грозный характер, оборачиваются разгулом стихии с катастрофическими последствиями в масштабах целых государств или даже нескольких стран какого-либо географического района.

Так, тропический ураган Дэвид, пронесшийся в начале осени 1979 года в районе Карибского моря, нанес серьезный ущерб нескольким государствам этого региона, в том числе Доминиканской республике; нашествие урагана практически полностью разрушило ее экономику, как о том сообщила пресса (в частности, газеты «Джорнэл оф коммерс энд коммершл», «Известия» от 9 октября 1979 года). Только материальный ущерб от последствий урагана составил 1,5 млрд. долларов.

В низких широтах земного шара и, в несколько меньшей степени, в умеренных широтах, кроме ураганов, колоссальный ущерб человечеству ежегодно наносят смерчи. В горах на всех континентах сущим бедствием для населения являются сели и снежные лавины. Гра-

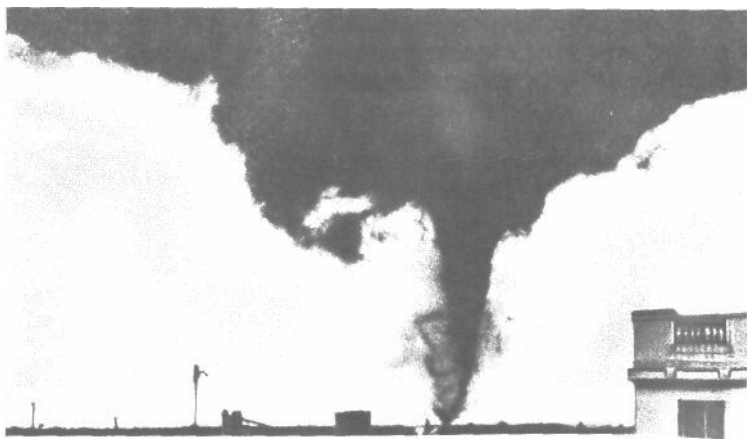
добития, ливни, вызывающие наводнения, морозы, случающиеся в неурочные сроки, засухи, песчаные и пыльные бури, суховеи и затяжные ненастья — все эти явления, губительные для сельского хозяйства, наблюдаются каждый год, поражая то одну, то другую страну или целые регионы.

Штормовая погода в океане, бури и шквалы на море и на суше, метели и туманы наносят различным отраслям народного хозяйства громадные убытки и невосполнимые потери... Можно ли с этим бороться? Можно ли предотвратить человеческие жертвы во время таких стихийных бедствий, уменьшить материальные потери? Можно ли, наконец, заранее предвидеть возникновение их?

5.1. Что такое смерч?

Каждый год в летнюю пору в разных уголках земного шара, там, где стоит жаркая погода, сопровождающаяся развитием мощных грозовых облаков, возникают вертикальные или слегка наклоненные к горизонту вихри — воронкообразные возмущения воздуха, известные под общим названием «смерч» (фото 11).

Смерчи рождаются и над водой, и над сушей. Смерчи на суше в Европе называют тромбами, а в Америке — торнадо. Вихри над морем называют водяными смерчами. В тропических странах это явление довольно частое — в США, например, ежегодно бывает несколько сот смерчей, а в отдельные годы — более тысячи. В странах умеренного климатического пояса смерчи над сушей наблю-



11. Смерч

даются в десятки раз реже, а в высоких широтах они совсем редки.

В центральной части смерча давление воздуха понижено. Внешне смерч представляется опускающимся вершиной к земле конусообразным облачным столбом. От поверхности земли к нему часто поднимается вершиной вверх другой столб — из пыли, мусора или водяных брызг. Диаметр столба — несколько десятков метров. Движение воздуха и вовлекаемых в него предметов — круговое, со скоростью до 100 км/ч. Одновременно воздух в смерче увлекается вверх, к основанию кучево-дождевого облака, под которым возник смерч.

При движении над местностью со скоростью несколько десятков километров в час смерч производит разрушения, вызываемые не только огромной скоростью воздуха внутри самого вихря, но и мгновенным скачком атмосферного давления, которое за считанные секунды может упасть и снова подняться на несколько десятков гектопаскалей. Дома с запертыми дверями и окнами «взрываются» в момент прохождения над ними смерча, целые стены вываливаются наружу, жидкость из сосудов высасывается и разбрызгивается. Были случаи, когда куры, попавшие в полосу прохождения смерча, мгновенно оказывались голыми, как будто их кто-то ощипал.

Одиночный смерч, опускаясь к земле, производит опустошение в полосе шириной несколько сот метров и длиной от нескольких километров до нескольких десятков километров. Большую опасность при смерчах над сушей представляют поднятые в воздух и разлетающиеся в разные стороны твердые предметы — доски, щепки, обломки зданий, листы железной кровли и пр. Энергия смерча колоссальна: он способен сорвать и опрокинуть железнодорожный мост, тяжелый грузовой автомобиль или поднять в воздух и затем бросить на землю самолет весом десять тонн.

5.2. Бывают ли смерчи у нас в стране?

На Европейской части СССР смерчи над сушей отмечались над самыми различными широтами — от Соловецких островов до побережья Азовского и Черного морей. Чаще всего они бывают в конце лета и в начале осени у восточного побережья Черного моря, на Кавказе — до 10 раз в год.

Обычно возникновение их связано с мощными прорывами холодного воздуха на сильно прогретую (выше 25°C) поверхность моря. Прорвавшийся с севера холодный воз-

дух в такой ситуации очень неустойчив: над морем быстро развиваются угрожающего вида темные кучево-дождевые облака с частыми вспышками молний и полосами ливней. Из отдельных облаков свисают хоботы смерчей, к которым от воды поднимаются конусообразные воронки — водяные смерчевые столбы. Бывают случаи, когда смерчи с моря смещаются на побережье, оставляя в предгорьях свои запасы воды, подчас весьма значительные. Вместе с ливнями, обычными на побережье в таких случаях, это иногда приводит к катастрофически быстрому переполнению рек и речушек, которые выходят из берегов и затопливают долины. Один из таких случаев — наводнение в районе Сочи — Мацестинского курорта 10 сентября 1975 года, другой — 21 августа 1985 года в районе Лазаревской.

Над внутренними континентальными областями средней полосы Европейской России смерчи бывают каждое лето по нескольку раз. В районе Москвы смерчи были отмечены в 1904, 1945, 1951, 1956, 1957 и 1984 годах. В 1904 году в Москве при прохождении смерча над Москвой-рекой вода из последней была на некотором протяжении полностью высосана воздушным вихрем и на какое-то время дно реки оголилось. Аналогичный случай имел место в Гомельской области у деревень Беседка и Птичь в июле 1985 года.

5.3. Отчего бывают наводнения и всегда ли они связаны с погодой?

Суть явления, называемого наводнением, — превышение расхода воды над пропускной способностью реки.

Природа наводнений различна, но в большинстве своем она так или иначе связана с погодой. Наводнения вызываются:

1. Обильными осадками — как очень продолжительными, так и сравнительно кратковременными, но чрезвычайно интенсивными. Такие наводнения характерны как для низких широт, где они возникают регулярно, практически ежегодно, так и для районов с муссонным климатом, реки которых отличаются чередованием высокой и низкой воды. Кроме того, причиной наводнений могут стать обильные дожди циклонов умеренных широт и тропических циклонов при замедлении движения этих циклонов.

2. Быстрым таянием снега и ледяными заторами. В средних широтах дружная весна после снежной зимы всегда чревата опасностью наводнений; заторы льда усили-

вают эту опасность. Критические ситуации возникают обычно весной, когда в результате интенсивной адвекции (переноса) теплых воздушных масс начинается быстрое таяние снега; реки ледникового питания могут переполняться водой и в летние месяцы, при бурном таянии ледников в горах.

3. Нагоном воды с моря на побережья и в устья рек, причиной которого может быть ветер (как правило, при прохождении циклонов) или обильные осадки и подпор воды морским приливом.

5.4. Как часто случаются катастрофические наводнения из-за ливней в средних широтах?

Это зависит от особенностей бассейнов рек и климата местности. Кратковременные и не влекущие за собой серьезных последствий выходы рек из берегов после сильных ливневых дождей в умеренных широтах бывают два-три раза за десятилетие, а катастрофические наводнения — примерно в десять раз реже, то есть два-три раза за столетие и не на каждой реке. Следует учитывать также влияние искусственного регулирования стока инженерными сооружениями, иногда полностью предотвращающими наводнения.

5.5. Можно ли предвидеть наводнения?

Можно практически всегда, но с различной заблаговременностью. В зависимости от многих факторов заблаговременность предупреждения о наводнении может колебаться от многих дней и даже недель до нескольких часов. Для бассейна каждой реки и отдельных ее участков решение этой задачи носит индивидуальный характер. Наводнения могут в ряде случаев предвычисляться по комплексу гидрометеорологических характеристик, используемых в программе предвычисления. Они могут прогнозироваться различными методами, в основе которых лежит учет предыдущей реакции водосбора на выпадение осадков. В любом случае решающая роль принадлежит полноте и точности информации о выпадающих осадках, дефиците почвенной влаги, уровнях воды в реках и других гидрометеорологических характеристиках, таких, как общая синоптическая обстановка, ветер, атмосферное давление и др. Например, наводнения в Ленинграде (фото 12, 13), вызываемые нагоном воды в устье Невы из Финского залива при глубоких циклонах над Балтийским морем, уже много лет предсказываются с достаточной заблаговременностью и точностью. Для их прогноза используются



*12. Наводнение в Ленинграде. Фото
В. Быкова*



13. Вид со стрелки Васильевского острова во время наводнения в Ленинграде. Фото В. Быкова

данные о положении циклонов над Балтийским морем и Ботническим заливом, о ветре и атмосферном давлении и об уровне воды в восточной части Балтийского моря и Финского залива, фиксируемом постами на побережье и на островах этих акваторий.

5.6. Есть ли возможность не только предсказывать наводнения в Ленинграде, но и предотвращать их?

Да, такая возможность есть. В узкой горловине восточной части Финского залива ведется строительство защитной дамбы, которая при угрозе нагона воды с запада прикроет дельту Невы и город, пока уровень воды в заливе не опустится до нормального. Дамба будет иметь ворота, открытые в обычное время для пропуска судов и закрываемые при угрозе наводнения. Опасаться того, что невская вода, прибывая все время, пока будут закрыты ворота, начнет затоплять город, не приходится: почти все 265 наводнений, зафиксированные за период существования города, были кратковременными — ни одно из них не продолжалось более суток, а подъем воды за такое время не представляет никакой опасности для города.

5.7. Что такое волны цунами и при каких условиях они возникают?

Цунами — явление в общем не метеорологическое, хотя иногда его и связывают с погодой. Это волны в океане, вызываемые подвижками земной коры. Такие волны, хотя они распространяются с большой скоростью, в открытом океане могут быть не очень опасными, но на мелководье они превращаются в высокие водяные стены, разрушающие все на своем пути. Особенно опасны волны цунами для маленьких невысоких коралловых островов в океане, через которые они могут перекатываться, сметая с их поверхности все живое, строения и растительность. Высота волны цунами может быть очень значительной: после извержения вулкана Кракатау в 1883 году возникла волна высотой 35 м.

Нечто подобное цунами по разрушительной силе возникает на побережье в тропиках при прохождении тропических циклонов, когда происходит подъем воды в центре такого циклона на 3—4 м, а у побережий высота набегающих волн возрастает в несколько раз. Морские волны, вызванные атлантическими ураганами и тихоокеанскими тайфунами, по разрушительной силе могут спорить с цунами и поэтому иногда отождествляются с ними.

5.8. Как образуется град?

Град — одна из разновидностей осадков, выпадающих из облаков. Это комочки снега, покрытые корочкой льда, чаще всего они имеют сферическую форму. Корочка образуется при движении комочков снега внутри облака, в котором наряду с ледяными кристаллами есть и капли переохлажденной воды. Сталкиваясь с ними, комочки снега покрываются слоем льда, увеличиваясь в размерах и становясь тяжелее. Процесс этот может многократно повторяться, и тогда градина становится многослойной. Иногда на оледенелую поверхность градин намерзают снежинки, и они приобретают причудливую форму, но чаще градины выглядят небольшими неоднородной структуры снежно-ледяными шариками.

Град выпадает из облаков только определенной формы — из так называемых кучево-дождевых облаков, с которыми связано и явление грозы. Это облака большой вертикальной мощности, их вершины могут достигать высоты более 10 км, внутри их наблюдаются сильные восходящие потоки скоростью несколько десятков метров в секунду. Они способны поднимать капли облачной влаги высоко вверх, до уровня, где температура облачного воздуха очень низкая (-20 , -40°C), и водяные капли замерзают, превращаясь в льдинки, и где, кроме того, образуются ледяные кристаллы, а в дальнейшем при смерзании тех и других друг с другом и с переохлажденными каплями воды в конечном итоге формируются градины. Падая вниз в подоблачном слое с большой скоростью (иногда превышающей 15 м/с), льдинки-градины не успевают растаять, несмотря на высокую температуру воздуха у земной поверхности.

5.9. Каких размеров достигают градины?

В зависимости от времени пребывания градины в облаке и длины пути до поверхности земли их размеры могут быть очень различными: от долей миллиметров до нескольких сантиметров.

В США отмечен случай выпадения градины диаметром 12 см и весом 700 г, во Франции — величиной с человеческую ладонь и весом 1200 г. В октябре 1977 года в Южной Африке, в г. Мапуту, выпал сильный град, отдельные градины достигали в диаметре 10 см и весили до 600 г. Дело в том, что в тропических странах кучево-дождевые облака имеют очень большую вертикальную мощность и градины, сталкиваясь, смерзаются, образуя гигантские комья весом более килограмма. Такие случаи отмечались,



14. Грозное облако. Из таких облаков могут выпасть ливневые осадки, град. Фото В. Быкова

в частности, в Индии и в Китае. При граде, выпавшем в апреле 1981 года в Китае, отдельные градины достигали 7 кг.

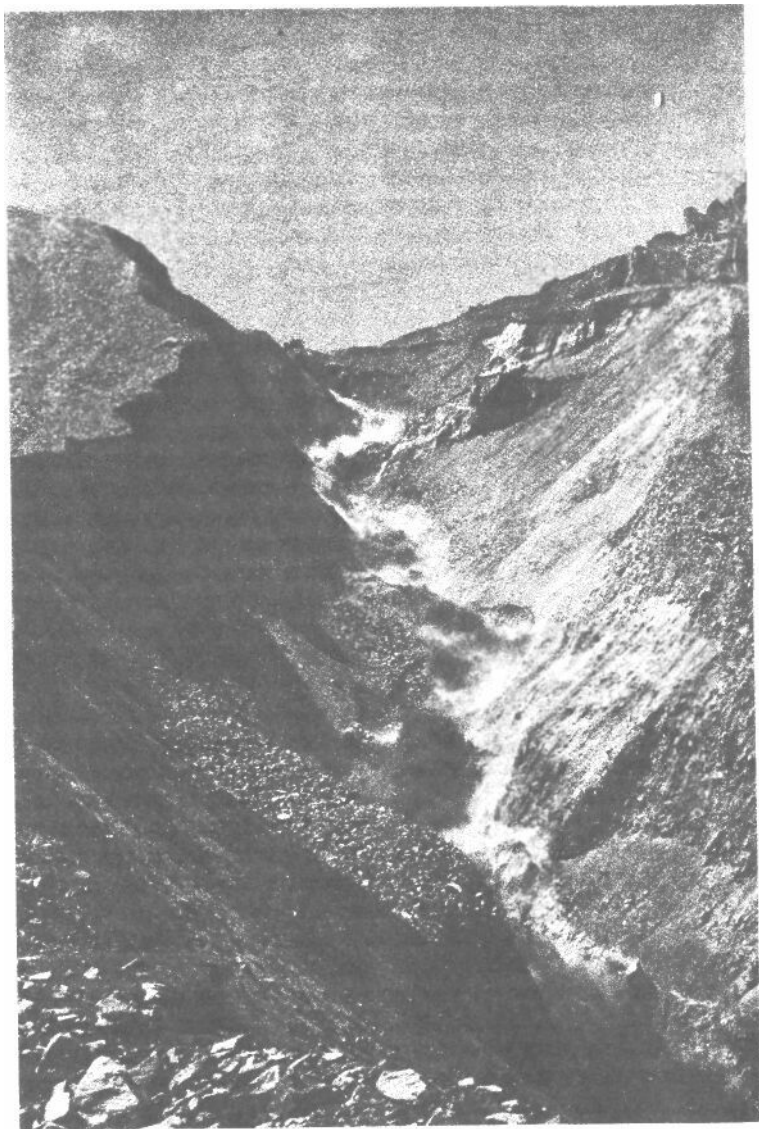
5.10. Чем опасен град?

Выпадение града чаще всего наблюдается при грозах, но далеко не каждая гроза сопровождается градом: статистика показывает, что в среднем в умеренных широтах град наблюдается в 8—10 раз реже, чем грозы. Но в отдельных географических районах повторяемость выпадения града велика. Так, в США есть районы, в которых градобитие наблюдается до шести раз в году, во Франции — три-четыре раза, примерно столько же — у нас на Северном Кавказе, в Грузии, Армении, в горных районах Средней Азии. Наибольший ущерб град наносит сельскому хозяйству. Выпадая узкой (шириной в несколько километров), но длинной (в 100 км и более) полосой, град уничтожает посевы зерновых, ломает виноградные лозы и ветви деревьев, стебли кукурузы и подсолнечника, выбивает табачные и бахчевые плантации, сбивает плоды во фруктовых садах. От ударов градин гибнет домашняя птица, мелкий скот. Бывают случаи поражения градинами и крупного рогатого скота, а также людей. В 1961 году в Северной Индии градина весом 3 кг убила слона... В 1939 году на Северном Кавказе в Нальчике выпал град величиной с куриное яйцо, было убито около 2000 овец. В Воронеже град разломал черепицу на крыше дома, пробил металлическую крышу автобуса. Таким образом, выпадение града представляет вполне реальную опасность не только для растений, животных, но даже для жилых строений, транспортных средств. К счастью, случаи выпадения крупного града величиной более 1 см довольно редки. Но и небольшие градины, выпадая в большом количестве, способны причинять серьезный ущерб сельскому хозяйству. Бывают случаи, когда за считанные минуты град ложится на землю слоем в несколько сантиметров. А в 1965 году в районе Кисловодска выпал град, покрывший землю слоем 75 см!

5.11. Что такое сели?

Сели (фото 15) — это грязе-каменные потоки, устремляющиеся по склонам гор, руслам горных ручьев и речек вниз, в долины, и разрушающие на своем пути все, мешающее их движению. Это одно из опаснейших стихийных бедствий — бич горных местностей.

В горных ущельях часто возникают завалы из камней, щебня и кусков льда или снежные плотины. При быстром



15. Сель. Фото П. Петько

таянии ледника перед такими препятствиями может накапливаться вода, не находя выхода, она образует водохранилище, или озеро. Такие горные озера у естественных запруд из морены — отложений твердых пород, мелкой щебенки, песка, глины, крупных валунов, а также льда и снега — называют моренными озерами. Запруды из моренного материала, подобно набухшей губке, пропитаны водой. Под напором все прибывающей сверху талой воды они в какой-то момент внезапно «взрываются» и устремляются по склону ущелья вниз. Страшный поток с чудовищным ревом катится вниз, вбирая в себя все новые массы камней, грязи, срезая поверхность склонов ущелья, выкорчевывая деревья, сдирая почву, осыпая горы. Поначалу высота потока составляет десятки метров, но, вырываясь из ущелья в долину, он растекается, высота и скорость его движения постепенно уменьшаются и, наконец, у какого-либо препятствия он останавливается совсем.

Если на пути селя окажется поселок или целый город, как это было в 1921 году в Алма-Ате, то последствия могут быть катастрофическими, с человеческими жертвами и огромными материальными потерями. В 1921 году на спящий город ночью обрушилось 1 200 000 м³ принесенного селем материала, который буквально завалил город в полосу 200 м шириной.

5.12. Насколько связано возникновение селей с погодой?

Возникают сели после сильных ливней, а также при интенсивном таянии ледников и накоплений снега в горах. Таким образом, это явление, хотя его и нельзя считать чисто метеорологическим, связано с погодой. В разных районах сели могут быть вызваны самыми различными, подчас прямо противоположными по своему характеру условиями погоды: от облачной и дождливой, циклонической, до ясной, сухой и жаркой, характерной для антициклонов или термических депрессий.

5-13. Где у нас в стране бывают сели?

Сели в нашей стране наблюдаются повсеместно в горных районах, особенно там, где выпадает много осадков и нет или очень мало растительности. Страдают от селей среднеазиатские республики, ряд районов на Дальнем Востоке, на Кавказе. Часты сели в Таджикистане — типично горной республике, на территории которой находятся очень высокие горы — Памир и отроги Тянь-Шаня. Здесь сели бывают почти каждую весну, когда в горах

тает снег и пробуждаются от зимнего сна многочисленные ледники (а их в Таджикистане более двух тысяч). В это время земля на склонах гор обильно насыщена влагой, и достаточно бывает выпасть сильному дождю, чтобы вызвать селевые потоки. Последний случай сильных и многочисленных селей в Таджикистане отмечен в мае 1979 года, когда прошли необычайно сильные ливни с градом, породившие разрушительные сели, от которых пострадали мосты, дороги, оросительные каналы. К счастью, обошлось без человеческих жертв.

5.14. Есть ли средства борьбы с селем?

Селеопасные районы постоянно находятся под наблюдением специалистов, наиболее опасные участки контролируются с воздуха с помощью вертолетов, в горных саях — оврагах, по которым могут потечь сели, — устанавливаются автоматические радиооповестители. Все это лишает сели внезапности и позволяет своевременно принять предупредительные меры.

Кроме того, и это самое главное, строятся эффективные противоселевые заграждения и искусственные отводоканалы. Так, в одном лишь Таджикистане длина бетонных каналов для отвода грязе-каменных потоков от промышленных и сельскохозяйственных объектов составляет более 400 км. В 1966 году в районе Алма-Аты, в урочище Медео, направленными взрывами была создана защитная плотина из камня и земли объемом 2,5 млн. т, которая перегородила ущелье, ведущее с гор к столице Казахстана. В июле 1973 года это искусственное препятствие спасло город от селевого потока небывалой мощности, а также и от воды, хлынувшей вниз по ущелью вслед за селем. Тем самым были продемонстрированы возможности инженерно-технических средств борьбы с селевой стихией и важность научных исследований для решения этой проблемы в целом.

5.15. Какие бывают и как возникают метели?

Различают метели: общую метель, низовую метель, поземок. Поземок и низовая метель наблюдаются при наличии сухого не слежавшегося или свежевыпавшего снега, который легко поднимается и переносится ветром, ухудшая видимость в нижнем слое воздуха. Поземок может наблюдаться при сравнительно слабом или умеренном ветре скоростью 5—7 м/с, а низовая метель — при ветре, превышающем 7 м/с, если снег сухой, и 10 м/с — если снег слегка влажный. Во время низовой метели снег

благодаря интенсивному перемешиванию воздуха удерживается во взвешенном состоянии в слое толщиной несколько десятков метров, а при поземке — только несколько десятков сантиметров, непосредственно над земной поверхностью; из облаков снег не падает, погода может быть даже безоблачной. Типичная синоптическая обстановка для низовой метели и поземка — периферия антициклона. Общая метель бывает при сильном снегопаде и сильном ветре, когда в воздухе кружит снег, и падающий из облаков, и поднимаемый ветром с земли; видимость при этом бывает очень плохая, повсеместно в местах ветровой тени возникают снежные сугробы... Общие метели наблюдаются в циклонах и возникают в связи с прохождением атмосферных фронтов; наиболее сильные из них называют еще снежными бурями, буранами, а в полярных районах — пургой.

5.16. Чем опасен гололед?

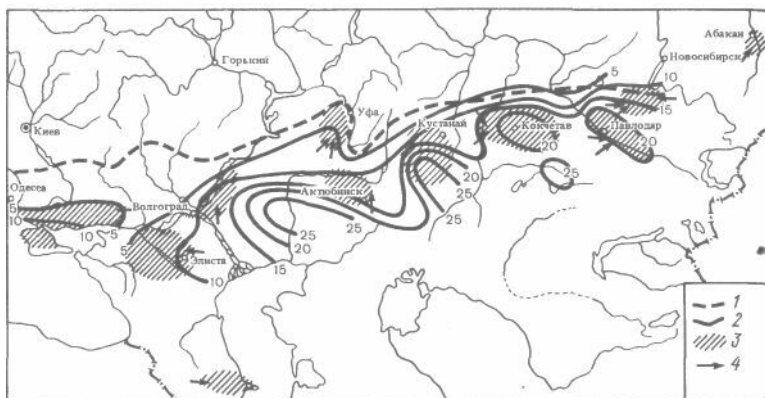
Гололед вызывается выпадением жидких переохлажденных осадков — дождя или мороси — на поверхность почвы, растений или искусственных сооружений (таких, как мачты и провода линий электропередачи, например). Он может возникнуть при отрицательной температуре воздуха, сопровождающейся плотным туманом.

Если осадки интенсивны и длительны, происходит опасное нарастание льда, под тяжестью которого ломаются ветви деревьев, обрываются провода, гнутся и падают высокие металлические конструкции. Покрытые ледяной коркой поверхности мостовых и тротуаров при гололеде становятся причиной многочисленных травм, а также аварий автомобильного и гужевого транспорта, перебоев в работе линий связи, энергоснабжения. В отдельных случаях гололедные явления при большом масштабе их распространения принимают характер настоящих стихийных бедствий.

Типичной ситуацией для возникновения гололеда является приход зимой после сильных морозов относительно теплого и влажного морского воздуха, имеющего чаще всего температуру от 0 до -3°C .

5.17. Как возникают пыльные бури?

Пыльные бури — явление хотя и метеорологическое, но связанное с состоянием почвенного покрова и с рельефом местности. Они сродни метелям: для возникновения и тех, и других нужны сильный ветер и достаточно сухой материал на поверхности земли, способный подниматься



16. Схема распространения пыльных бурь в СССР (по Захарову, 1965)
 1 — северная граница; 2 — число дней с пыльной бурей за год; 3 — районы сильного развития дефляции; 4 — направление перемещения пыльных бурь

в воздух и длительное время находиться там во взвешенном состоянии. Но если для появления метелей нужен лежащий на поверхности сухой, не слежавшийся, без наста снег и скорость ветра 7—10 м/с или больше, то для возникновения пыльных бурь надо, чтобы почва была рыхлой, сухой, лишенной травяного или сколько-либо значительного снежного покрова и скорость ветра составляла не меньше 15 м/с. Наблюдаются пыльные бури чаще всего ранней весной, в марте или апреле, после сухой осени и малоснежной зимы. Случаются они, хотя и реже, и зимой — в январе или феврале и совсем редко — в иные месяцы года. Наиболее типичная синоптическая обстановка для пыльных бурь — южная или юго-западная периферия устойчивого малоподвижного антициклона, которая обуславливает сухую с сильными восточными или юго-восточными ветрами погоду.

В зависимости от структуры и цвета почв, выдуваемых ветром, различают черные бури (на черноземах), свойственные южным и юго-восточным областям Европейской части СССР, Башкирии, Оренбургской области; бурые или желтые бури (на суглинках и супесях), свойственные Средней Азии; красные бури (на красноцветных, окрашенных окислами железа почвах), свойственные пустыням и полупустыням Средней Азии (а также, за пределами нашей страны, пустынным местностям Ирана и Афга-

нистана); белые бури (на солончаках), свойственные некоторым районам Туркмении, Поволжья, Калмыкии.

Переносимая ветром пыль может оседать и накапливаться в районах, где ветер ослабевает. На юго-западе Украины, в среднем течении Дона, между реками Хопром и Медведицей, есть места с пылевыми отложениями в несколько метров и более толщиной. В бесснежные зимы в юго-восточных районах страны, для которых характерны рыхлые и сухие почвы, легко поддающиеся дефляции (то есть ветровой эрозии), при очень сильных и устойчивых ветрах возникают зимние черные бури, выдувающие почву вместе с озимыми посевами, не прикрытыми снегом. Такие «черные зимы» были в 1892, 1949, 1951, 1960 и 1968 годах.

5. 18. Чем опасны пыльные бури?

Это явление по своим масштабам и последствиям может быть приравнено к крупным стихийным бедствиям. В. В. Докучаев так описывает один из случаев пыльной бури на Украине в 1892 году: «Не только был совершенно сорван и унесен с полей тонкий снеговой покров, но и рыхлая почва, обнаженная от снега и сухая, как пепел, взметалась вихрями при 18 градусах мороза. Тучи темной земляной пыли наполняли морозный воздух, застилая дороги, заноса сады — местами деревья были занесены на высоту 1,5 метра, — ложились валами и буграми на улицах деревень и сильно затрудняли движение по железным дорогам: приходилось даже отрывать железнодорожные полустанки от сугробов черной пыли, смешанной со снегом».

Во время пыльной бури в апреле 1928 года в степных и лесостепных областях Украины ветер поднял с площади 1 млн. км² более 15 млн. т чернозема. Черноземная пыль была перенесена на запад и осела на площади 6 млн. км² в Прикарпатье, в Румынии и в Польше. Высота облаков пыли над Украиной достигла 750 м. Мощность черноземного слоя в степных областях Украины после этой бури уменьшилась на 10—15 см.

Опасность этого явления заключается еще и в страшной силе ветра и необычайной его порывистости. При пыльных бурях над Средней Азией воздух иной раз бывает пропитан пылью до высоты нескольких километров. Самолетам, попавшим в пыльную бурю, грозит опасность разрушения в воздухе или при ударе о землю; кроме того, дальность видимости в пыльной буре может уменьшаться до десятков метров. Наблюдались случаи, когда днем при этом явле-

нии становилось темно, как ночью, и не помогало даже электрическое освещение. Если добавить, что на земле пыльные бури могут приводить к разрушению построек, буреломам, не говоря уже о всепроникающей пыли, набиравшейся в дома, пропитывающей одежду людей, застилающей глаза, затрудняющей дыхание, — то станет ясным, насколько опасно это явление и почему его называют стихийным бедствием...

Длятся пыльные бури обычно несколько часов, но в отдельных случаях — и несколько суток. Некоторые пыльные бури зарождаются далеко за рубежами нашей страны — в Северной Африке, на Аравийском полуострове, откуда воздушные течения заносят к нам облака пыли.

5.19. Что такое песчаные бури?

Ветром при пыльных бурях переносится не только пыль, но и песок и даже мелкий щебень. Над самой земной поверхностью летит щебень и грубый песок, на высоте нескольких десятков метров — мелкий песок, а еще выше — темное, плотное облако пыли. Ширина этого пылепесчаного потока — несколько сот километров, скорость перемещения — 40—60 км/ч. Чисто песчаные бури, когда ветер переносит только песок, — явление сравнительно редкое, характерное лишь для пустынь вроде Ливийской, где песок почти не содержит пыли. По описанию очевидцев, песчаная буря представляет собой «странно ровное, плотное, низкое облако с резко очерченной верхней границей, скользящее над землей, как ковер. Головы людей поднимаются из этого облака, как из воды в плавательном бассейне. Над грубообломочной поверхностью земли облако может достигать высоты двух метров, но обычно оно бывает ниже».

5.20. Почему после суровых зим наблюдается массовая гибель рыбы в пресноводных водоемах?

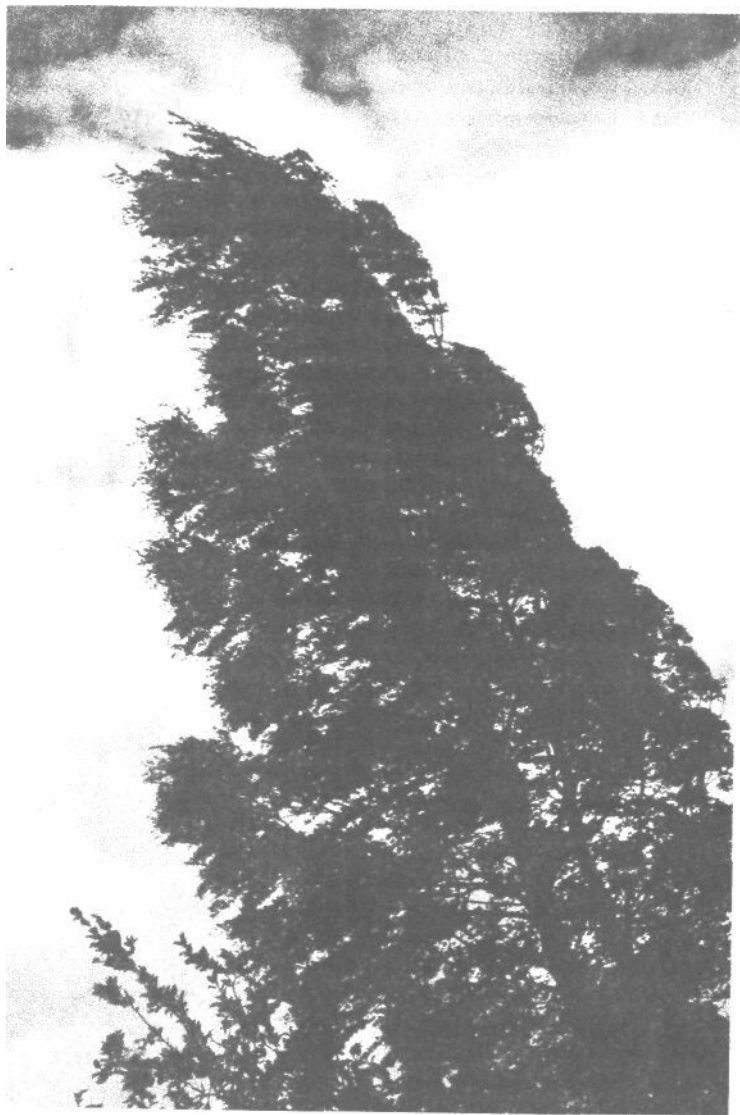
При сильных и продолжительных морозах, которыми отличаются суровые зимы в средней полосе нашей страны, заметно возрастает толщина льда на реках, озерах и прудах. Некоторые мелководные участки водоемов промерзают почти до самого дна. В таких условиях резко уменьшается поступление кислорода в придонные слои воды, где зимует рыба, и она может задохнуться, если люди не примут своевременных мер для ее спасения (нагнетание воздуха под лед насосами, прорубание во льду отверстий, систематическое скалывание вновь образующегося льда на поверхности прорубей).

5.21. Как сказываются на состоянии лесов штормы, ураганы и прочие стихийные явления?

Наибольшую опасность для лесов представляют ураганы, грозы, засухи, сильные морозы, гололед. Иногда ущерб, наносимый лесу ураганом, превышает годовую порубку леса. Например, январский ураган в 1952 году повалил около 5% общего объема делового хвойного леса в Великобритании, а в 1968 году ураган уничтожил в Шотландии 1,6 млн. м³ делового леса, что в два раза больше годовой порубки леса в стране.



17. После смерча 2 июня 1980 года и Днепрпетровской области. Фото Ф. Войта



18. Сильный ветер. Фото В. Быкова

Степень поражения леса сильными ветрами зависит от многих факторов: от породы деревьев, состояния их корневой системы, прочности древесины, размеров деревьев, типа почвы и, наконец, от расположения деревьев относительно ветрового потока. Дуб и лиственница меньше других пород подвержены влиянию порывов ветра, береза и бузина — больше других; на заболоченных почвах ветер валит деревья сильнее, чем на сухих, так как в сильно увлажненных почвах корневая система вглубь не развивается; высокие деревья больше подвержены влиянию ветра — деревья менее 6 м высотой падают от ветра крайне редко, а имеющие высоту от 6 до 9 м падают почти в два раза реже, чем деревья высотой более 10 м. На подветренной стороне лесного массива ущерб, наносимый ветром деревьям, значительно меньше, чем на наветренной стороне.

Грозы и суховеи способствуют возникновению лесных пожаров — самого страшного бедствия для леса. Сильные морозы зачастую бывают губительны для молодых деревьев, а гололед обламывает ветви деревьев, не выдерживающих тяжести отлагающегося на них льда. У нас в стране такие явления нередки на Северном Кавказе.

5.22. Каково происхождение названий различных видов тропических циклонов?

Слово «циклон» имеет греческое происхождение: оно означает «кольцо змеи», этим подчеркивается круговое вращение воздуха в циклоне. Слова «ураган» и «тайфун» на языках аборигенов островов Карибского моря и Центральной Америки и, соответственно, жителей Юго-Восточной Азии означают «сильный ветер» — явление, особенно характерное для этих огромных вихрей тропических стран.

5.23. Почему тропическим циклонам присваивают имена людей?

Эта традиция возникла в начале 40-х годов нашего столетия. Поначалу это была неофициальная терминология у метеорологов ВВС и ВМС США, применявшаяся для удобства обмена информацией об ураганах, обнаруживаемых на картах погоды, и облегчения передачи такой информации при прослеживании движения ураганов, — это помогало избежать путаницы и сокращало текст радио- и телеграфных передач. В последующем присвоение ураганам женских имен вошло в систему и было распространено на другие тропические циклоны — на тихоокеанские тайфуны, штормы Индийского океана, Тиморского моря и северо-западного побережья Австралии. Пришлось упоря-

дочить и самую процедуру присвоения имен. Так, первый ураган года стали называть женским именем, начинающимся с первой буквы алфавита, второй — со второй и т. д. Имена выбирались краткие, которые легко произносятся и легко запоминаются. Для тайфунов существовал список из 84 женских имен. С 1979 года тропическим циклонам начали присваивать и мужские имена.

5.24. Где зарождаются тропические циклоны?

Большинство районов зарождения тропических циклонов находится в пассатной зоне, между 10 и 20-м градусами широты в обоих полушариях Земли над теплыми участками поверхности океана, где температура воды достигает 28°C. Ниже 5° широты тропические циклоны не встречаются — вблизи экватора практически отсутствует отклоняющая сила вращения Земли, воздействие которой необходимо для устойчивого кругового движения воздуха, характерного для циклонов.

5.25. Сколько тропических циклонов возникает ежегодно на земном шаре?

В среднем на Земле возникает в год около 120 тропических циклонов. Эта цифра еще четверть века назад показалась бы невероятной: в прошлом, когда не было метеорологических искусственных спутников Земли, более половины тропических циклонов оставались не замеченными, так как возникают они по большей части над открытым океаном, где лишь изредка встречаются острова и нет развитой сети метеорологических станций, фиксирующих каждый случай их возникновения.

Представление о распределении тропических циклонов над различными участками океанов в обоих полушариях Земли дает таблица, данные которой следует рассматри-

СРЕДНЯЯ ГОДОВАЯ ПОВТОРЯЕМОСТЬ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ

Район	Северное полушарие	Южное полушарие
	Ураганы	
Атлантический океан	15	
Тихий океан	10	12
	Тайфуны	
Тихий океан	35	
	Циклоны	
Индийский океан	30	15
Северо-западное побережье Австралии		3
Всего	90	30

вать как приблизительные — от года к году в разных районах повторяемость тропических циклонов может колебаться в широких пределах, хотя общее их количество ежегодно остается примерно одинаковым.

5.26. В какие сезоны тропические циклоны возникают чаще всего?

Чаще всего тропические циклоны возникают в начале осени или в самом конце лета, когда температура воды на поверхности океана самая высокая. Они редко бывают зимой и практически не встречаются весной. Приблизительно соотношение между количеством тропических циклонов, возникающих осенью, летом и зимой, может быть выражено соответственно цифрами 20: 10: 1. Другими словами, осенью тропические циклоны возникают примерно в два раза чаще, чем летом, а зимой — в десять раз реже, чем летом.

5.27. Какие тропические циклоны последних лет были особенно интенсивными?

В 80-е годы тропических циклонов было немало. Так, в 1980 году только в течение августа и сентября 1980 года в северном полушарии было отмечено четыре случая развития тропических циклонов и в южном полушарии — один случай, из них два — ураганы в Карибском море и три — тайфуны в Тихом океане.

Ураган Аллен отмечен в начале августа у берегов Гаити и Ямайки. Скорость ветра в нем достигала 70 м/с. Второй ураган, Эрмина, наблюдался в 20-х числах сентября у северного побережья Гондураса, а также у берегов Мексики и Гватемалы. Скорость ветра в нем достигала 30 м/с.

Тайфун Орхид возник в западной части Тихого океана и 11 — 12 сентября пронесся над Японскими островами и Южной Кореей, причинив там значительные разрушения и вызвав наводнения. Влияние этого тайфуна сутками позже стало ощутимым в Хабаровском и Приморском краях и на Сахалине. Наблюдались сильные дожди и ветер, скорость ветра местами достигала ураганной (33 м/с). Примерно через месяц, в середине октября, еще один тайфун пришел на Японские острова Кюсю и Сикоку с юга,

нарушив временно не только воздушное, но и железнодорожное сообщение.

В начале третьей декады сентября в юго-восточной части Тихого океана возник тайфун Кэй, в центре которого скорость ветра достигала 30—40 м/с.

Были тропические циклоны и в последующие годы, как в северном, так и в южном полушарии. Очень разрушительными оказались, в частности, тропические циклоны Эйлена, обрушившийся 10 января 1983 года на Коморские острова в Индийском океане, и Андри, причинивший большие разрушения на северо-западном побережье острова Мадагаскар в Индийском океане.

«Урожайным» на тропические циклоны был и 1985 год: в Южно-Китайском море за лето и осень этого года прошло семь тропических циклонов — тайфунов, вызвавших катастрофические наводнения и человеческие жертвы в прибрежных районах Вьетнама и КНР.

Один из тайфунов, Ли, проник далеко на север на Корейский полуостров и, превратясь в обычный циклон, принес с собой в середине августа обильные дожди на территорию Советского Приморья.

Еще один тайфун 10—12 сентября уничтожил треть урожая фруктов и причинил ущерб около 90% посевных площадей на японском острове Хонсю.

В конце октября тайфун Салинг унес жизни более 60 жителей острова Лусон на Филиппинах и нанес ущерб более чем в 700 млн. песо крестьянским хозяйствам острова. Почти одновременно в другом полушарии, в Мексиканском заливе, возник еще один тропический циклон — ураган Хуан, от которого сильно пострадали жители нескольких прибрежных штатов США, а месяцем позже — ураган Кейт, вызвавший наводнения и значительные разрушения на севере Кубы и в США. Ураган Кейт по интенсивности и размерам ущерба, причиненного о. Куба и побережью полуострова Флорида, оказался одним из самых свирепых за последние 50 лет; порывами ветра и набегающими на берег океанскими волнами были разрушены многие тысячи домов, из зон бедствия пришлось эвакуировать более миллиона человек, были и человеческие жертвы.

5.28. Может ли погода быть причиной лесных пожаров?

Причин возникновения лесных пожаров много — это может быть и человеческая деятельность, и самовозгорание торфяников, а от них и леса, и метеорологические условия. Погода в подавляющем большинстве случаев является фактором либо способствующим, либо препятствующим

распространению пожаров: жара и ветер создают прямую угрозу выгорания леса на больших площадях, затрудняют борьбу с огнем; обложные дожди, сырая, ненастная погода предотвращают лесные пожары. Но летние грозы после длительной жары и бездождья часто бывают причиной загорания леса — удары молний в землю там, где есть сушняк или сухая трава, создают очаги пожара, и если ливень при грозе не потушит их, то пожар может охватить огромную площадь. Особенно опасны для леса так называемые сухие грозы, когда разряды атмосферного электричества между облаками и землей не сопровождаются выпадением дождя. Такие случаи наблюдались летом 1979 года близ Железногорска-Илимского, где после многократных ударов молний в сопки с залежами магнетитовых руд загорелась тайга. Предшествовавшая грозам сухая погода в Иркутской области и Бурятии способствовала тому, что пожары охватили огромные лесные массивы, о чем сообщила газета «Правда».

Сильная жара в конце лета и в начале осени 1979 года была не только на Азиатском, но и на Североамериканском континенте, она способствовала возникновению лесных пожаров в ряде западных областей США; по сообщениям газет, только в Калифорнии пожарами была охвачена огромная территория — больше 100 000 акров леса (40 000 га).

5.29. Можно ли тушить лесные пожары, создавая искусственный дождь?

Над пылающим лесом нередко возникают мощные кучевые облака. Засеяв их химическими реагентами, можно вызвать искусственный дождь. Этот метод широко использовался летом 1979 года во время лесных пожаров в Иркутской области. Специальный самолет Ан-26 при обнаружении мощных кучевых облаков «расстреливал» их химическими ракетами, стимулируя выпадение из облаков дождя, гасившего пламя пожаров. Но облака бывают не над каждым очагом огня, и этот способ является лишь одним из комплекса средств тушения лесных пожаров

ПОГОДА И КЛИМАТ НА ШЕСТИ КОНТИНЕНТАХ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ



Велико разнообразие условий погоды, встречающихся на земном шаре. В любом уголке нашей планеты погода меняется — и в течение года, от месяца к месяцу, от сезона к сезону, и в разные годы она неодинакова. Если же присмотреться к погоде, наблюдающейся в какой-либо местности на протяжении нескольких десятков лет, то можно заметить присущие данной местности пределы изменений погоды, а при желании — определить и наиболее типичные ее черты в целом и для каждого сезона.

Ученые под погодой подразумевают конкретные, существующие в определенный момент или период времени атмосферные условия у земной поверхности и на разных высотах, а всю многолетнюю совокупность этих условий, характерную для данной местности, рассматривают как климат. Взаимосвязь этих понятий очевидна, как очевидно и существенное различие между ними. Погода может изменяться многократно в течение одних суток, тогда как климат куда более устойчив, для обнаружения его изменений требуются многие десятилетия, а то и века или даже тысячелетия...

На Международной научной конференции климатологов, состоявшейся в Швейцарии в феврале 1979 года, после многодневного обсуждения проблемы глобального изменения климата Земли так и не удалось достигнуть единой точки зрения в вопросе о том, что происходит с климатом нашего времени: похолодание или потепление. Настолько это непростой вопрос!

Однако многих интересуют и другие вопросы о погоде и климате на Земле, на которые современная наука в

состоянии дать однозначные ответы. Рассмотрим некоторые из них, оставив ученым-климатологам разрешение еще одной «проблемы века» — об изменении современного климата Земли.

6.1. Что означает слово «климат»?

Слово «климат», по-видимому, происходит от одного из двух или от обоих близких по звучанию греческих слов — «клинейн» и «клима», означающих «наклонять» и «район», или «зона». По мнению одних ученых, древние греки считали, что климат определяется широтой места, то есть углом, под которым солнечные лучи обогревают данную местность, отсюда и возник этот термин; по мнению других, они просто понимали, что тот или иной климат присущ только определенному месту, то есть району или зоне. Современные же ученые рассматривают климат как понятие комплексное, целую совокупность состояний всей системы океан — суша — атмосфера на протяжении нескольких десятилетий.

6.2. Чем определяется разнообразие климатов на Земле?

Климат является одной из физико-географических характеристик местности, и, таким образом, он определяется прежде всего географическим положением последней, то есть широтой, распределением суши и моря, характером суши. В формировании климата любой местности большую роль играет ее высота над уровнем моря, а климата морских побережий и островных стран — течения в океане.

6.3. Что такое микроклимат?

Это климат небольшой территории внутри обширной климатической зоны. Обладая общими для всей зоны основными чертами, климат такой ограниченной территории отличается некоторыми особенностями, которые свойственны только этой территории. Например, климат оазисов в безводных пустынях, где в тени пальм у родника всегда прохладно и, в отличие от окружающей местности, есть почва, на которой произрастает растительность, и т. д. Своим микроклиматом обладают города, лесные полосы в степях и т. д. Добавим, что понятие «микроклимат» относится только к приземному слою воздуха над какой-то территорией. В последние годы вошел в употребление и термин «микроклимат помещения», под которым подразумевают искусственно поддерживаемый режим метеоро-

логических элементов внутри закрытых помещений, в том числе парников, теплиц, зимних садов и др.

6.4. Какова наиболее известная классификация климатов?

Классификаций климатов несколько. Есть строго научные подробные классификации климатов всего земного шара, есть классификации для отдельных географических районов и даже для отдельных стран. Наиболее простая и известная классификация, которой пользуется большинство людей, хотя она не является официально признанной и не отличается полнотой, следующая: различают климаты холодный, умеренный, жаркий — по режиму температуры, кроме того, каждую из трех основных разновидностей климата можно в зависимости от режима осадков и влажности дополнительно характеризовать как морской (влажный, с ровным ходом температуры) или континентальный (сухой, с резкими колебаниями температуры). Например, в Антарктике по этой классификации климат холодный континентальный, в Арктике — холодный морской, в Восточной Европе — умеренный континентальный, а в Западной Европе — умеренный морской, в Северной Африке, на Ближнем Востоке, на юге Средней Азии — жаркий континентальный, а на Кубе и других островах Карибского моря — жаркий морской. Это упрощенная, очень приблизительная классификация земных климатов, не включающая многие важные климатические области, например зону муссонов или высокогорные районы и т. п.

6.5. Что лежит в основе общепризнанных научных классификаций климатов?

В основе очень распространенной классификации климатов, предложенной русским ученым В. Кеппеном, также лежат режим температуры и степень увлажнения, но одновременно эта классификация учитывает и ландшафты: выделено восемь климатических поясов с одиннадцатью типами климата. Каждый тип имеет точные критерии значений температуры, количества зимних и летних осадков.

Известный советский климатолог Б. П. Алисов создал классификацию климатов с учетом особенностей циркуляции атмосферы. Им выделено семь основных климатических зон — экваториальная, две тропические, две умеренные и две полярные. Между основными зонами, по Алисову, находится шесть переходных зон — две зоны тропических муссонов, две субтропические и две субполярные

(субантарктическая и субарктическая). В каждой из названных зон в соответствии с преобладающей циркуляцией воздушных масс есть четыре типа климата: материковый, океанический, климат западных и климат восточных берегов.

Интересную и вместе с тем простую классификацию климатических режимов северного полушария предложили ученые А. А. Григорьев и М. И. Будыко. Эта классификация учитывает, помимо режимов температуры и увлажнения, еще и радиационный баланс. Она предусматривает всего пять климатических режимов:

1) арктический, с наличием снежного покрова, отрицательными температурами воздуха и отрицательным или близким к нулю радиационным балансом;

2) тундры, со средними месячными температурами от 0 до 10°C при положительном радиационном балансе;

3) лесных зон, со средними месячными температурами более 10°C при положительном радиационном балансе и достаточном увлажнении, когда испарение составляет не менее половины величины испаряемости (максимально возможного испарения);

4) засушливых зон (степей и сухих саванн), где при положительном радиационном балансе испарение составляет от одной десятой до половины величины испаряемости;

5) пустынь, где при положительном радиационном балансе испарение меньше одной десятой испаряемости.

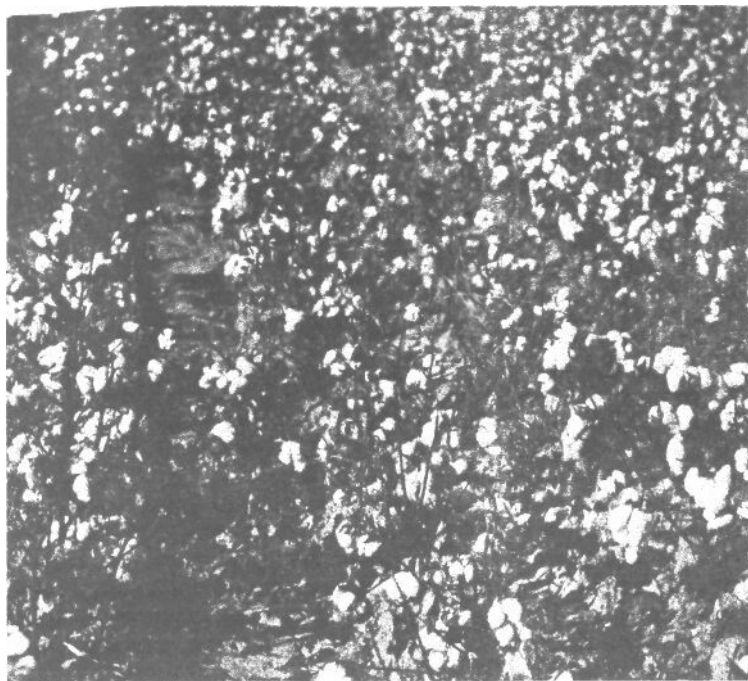
В разных географических зонах в течение года может быть несколько климатических режимов, например зимой — арктический, а летом — засушливых зон. Есть и другие классификации, построенные на другой основе, например классификация ландшафтно-географических зон суши (Л. С. Берга).

6.6. Какие климаты есть в Советском Союзе?

У нас в стране большое разнообразие климатов. Из одиннадцати типов климата по Кеппену представлены девять. Это сухие климаты пустынь и степей на юге Азиатской и Европейской частей СССР; умеренно теплые климаты с сухой зимой в восточных районах Европейской части РСФСР, с сухим летом — в некоторых районах Средней Азии и с равномерным в течение года увлажнением — на Южном берегу Крыма, на Черноморском побережье Кавказа и в Приморье на Дальнем Востоке; умеренно холодные климаты лесной зоны с сухой зимой в Забайкалье и с равномерным увлажнением в та-



19. Песчаные акации среди барханов пустыни. Фото А. Мельника



20. *Хлопок на поле Голодной степи*

ежной зоне Сибири и Европейской части Союза; полярные климаты тундры на арктическом побережье страны и постоянного мороза на арктических островах в Ледовитом океане. Нет у нас лишь климатов влажных тропических лесов и саванн, присущих приэкваториальным областям.

6.7. Чем характерен средиземноморский климат?

Средиземноморский климат по Кеппену — умеренно теплый с сухим летом; Алисов относит его к климату субтропическому на западных берегах континентов. Для этого климата характерна мягкая зима со значительным количеством осадков и относительно сухое, достаточно жаркое лето. Зимой может выпадать снег, но без образования снежного покрова. У нас в стране близкий к такому климат на Южном берегу Крыма. Так, например, в районе Ялты средняя температура июля 24°C , января 4°C , годовая сумма осадков 600 мм, но за летние месяцы выпадает 230 мм. Климат на Черноморском побережье Кавказа

севернее Туапсе приближается к средиземноморскому в меньшей степени.

Средиземноморский климат (по Алисову) наблюдается и за пределами Средиземноморья: на побережьях штатов Калифорния, Орегон и Вашингтон в США, в Южной Австралии, Южной Африке (Капский п-ов). В районах со средиземноморским климатом своеобразная растительность, сочетающая засухоустойчивые виды и вечнозеленые деревья и кустарники.

6.8. Каковы отличительные черты континентального климата?

Основной чертой континентальности климата является большая амплитуда колебаний температуры между зимой и летом. В умеренных широтах континентальный климат отличается большой суровостью зимы и более жарким по сравнению с климатом морских побережий или океанских островов летом. Вторая отличительная черта континентальности климата — ограниченность количества осадков и часто недостаточность последних в те или иные сезоны или в целом за год. Однако распределение осадков — не определяющий признак континентальности климата; рельеф и особенности атмосферной циркуляции могут существенно влиять на осадки и режим температуры, искажая общую картину условий погоды, характерных для данной местности. В горах во внутренних континентальных областях осадков иногда выпадает больше, чем на побережьях; известны также засушливые области на берегу океана, такие, как пустыня Атакама в Чили, где протекающее вдоль берега холодное Перуанское течение умеряет летнюю жару и годовая амплитуда температуры очень невелика — всего 5—6°С, осадков же выпадает в условиях преобладания антициклонической циркуляции и постоянства сухих ветров юго-западного пассата ничтожное количество.

6.9. Что такое индекс континентальности?

Индексом континентальности называют числовую характеристику климата, указывающую степень его континентальности. Известно несколько вариантов вычисления этого индекса, предложенных различными авторами. Все они основаны на учете годовой амплитуды температуры, функцией которой и является индекс континентальности K . Например, по Горчинскому, $K = \frac{1,74 \cdot A}{\sin \varphi}$; по Хромову, $K = \frac{A - 5,4 \sin \varphi}{A}$; где A — годовая амплитуда температуры; φ — географическая широта места.

Значения индекса континентальности по Горчинскому выражаются двузначными числами, возрастающими с увеличением континентальности. Теоретически они могут изменяться от нуля до бесконечности. Индекс континентальности по Хромову обычно положителен и составляет доли единицы, а его предельное максимальное значение равно единице (что возможно только на экваторе). В случае морского климата индекс континентальности может иметь даже отрицательное значение.

6. 10. Где климат более континентальный — в северном полушарии или в южном?

Решающее преобладание океана над сушей в южном полушарии делает климат южного полушария гораздо менее континентальным, чем климат северного; исключение составляет лишь Антарктика, где картина становится прямо противоположной в связи с существованием континента у Южного полюса.

Хотя в целом северное полушарие теплее южного и средняя температура воды в океанах северного полушария также на 2°С теплее, чем в океанах южного полушария, зима в южном полушарии более мягкая, чем в северном полушарии в поясе между широтами от 30 до 70°. Средние зональные температуры воздуха в северном полушарии выше, чем в южном, на всех широтах, за исключением пояса между 60 и 50°. Это видно из следующей таблицы (А. С. Монин, Ю. А. Шишков, 1979).

СРЕДНЯЯ ЗОНАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА (°С) У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Широта (°)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Северное полушарие										
Январь	26,7	26,2	22,2	15,0	5,4	6,3	-14,8	-24,3	-29,2	-33,0
Год	26,7	27,1	25,7	21,5	14,4	5,6	-0,5	-9,2	-15,7	-19,3
Июль	26,2	27,5	28,0	27,4	23,2	16,7	13,4	7,6	0,7	-2,0
Южное полушарие										
Январь	26,7	26,7	25,9	22,9	15,9	8,1	1,9	3,9	-10,8	-13,5
Год	26,7	26,1	23,8	19,4	13,1	6,0	-0,4	-14,1	-27,0	-33,0
Июль	26,2	24,9	20,8	15,9	10,6	3,8	-2,9	-23,5	-39,5	-48,0

6. 11. Что такое географические климатические зоны?

На поверхности нашей планеты выделены географические зоны на основе учета комплекса характеристик: геоботанической, тепловой, энергетической, условий увлажнения. Географических зон, согласно такой классификации, насчитывается 13: с отрицательным радиационным балансом — одна (вечный снег); с радиаци-

онным балансом до $209 \cdot 10^3$ Дж/(год \cdot см²) — четыре (арктическая пустыня; тундра — тайга — смешанные леса — лиственный лес и лесостепь; степь; полупустыня умеренного пояса, пустыня умеренного пояса); с радиационным балансом от $209 \cdot 10^3$ до $314 \cdot 10^3$ Дж/(год \cdot см²) — четыре (субтропические болота и дождевые леса; жестколистные субтропические леса и субтропическая степь; субтропическая полупустыня; субтропическая пустыня); с радиационным балансом больше $314 \cdot 10^3$ Дж/(год \cdot см²) — четыре (экваториальные болота и леса; сухая саванна; опустыненная саванна; тропическая пустыня). Указанная классификация географических климатических зон предложена А. А. Григорьевым и М. И. Будыко (1962). Она достаточно полно и детально характеризует все разнообразие географических зон земного шара, давая каждой из них объективные количественные критерии наряду с качественными характеристиками.

6. 12. Каковы объективные показатели различных геоботанических зон земного шара?

Хотя распределение растительности по поверхности земного шара само по себе — убедительный довод в пользу выделения геоботанических зон: тундры, лесов, степей, полупустынь и пустынь, — для каждой из зон можно указать и количественные критерии, характеризующие их климатические особенности, которые в конечном счете и определяют условия развития растительности. Один из таких критериев — предложенный М. И. Будыко (1955) радиационный индекс сухости, представляющий собой безразмерную величину — отношение радиационного баланса земной поверхности к затратам тепла на испарение годовой суммы осадков R/Lr , где R — радиационный баланс Дж/(год \cdot см²), L — теплота испарения воды, r — годовая сумма выпадающих осадков.

Геоботанической зоне тундры соответствуют значения индекса меньше 0,35, леса — от 0,35 до 1, степи — от 1 до 2, полупустыни — от 2 до 3, пустыни — больше 3.

Более детальное деление лесной зоны на тропическую, влажной саванны, субтропическую, лиственную умеренных широт и хвойную, а степной зоны — на саванну, степь (прерию) возможно по дополнительному показателю — радиационному балансу R , значения которого могут колебаться от 0 до $418 \cdot 10^3$ Дж/(год \cdot см²).

6.13. Что такое коэффициент стока и как с его помощью можно характеризовать геоботанические зоны?

Известно, что выпадающие на земную поверхность осадки частично испаряются, а частично стекают через гидрографическую сеть (реки, озера, болота, каналы и т. п.) в океан. Разность между количеством выпадающих осадков и испарением составляет величину стока, которая связана также с радиационным режимом. Отношение величины стока к количеству выпадающих осадков называется коэффициентом стока. Чем меньше испаряемость осадков, тем больше коэффициент стока, который в геоботанических зонах убывает по мере роста радиационного индекса сухости, то есть ухудшения условий увлажнения

В тундре коэффициент стока больше 0,7, в лесной зоне он равен 0,3—0,7, в степной зоне 0,1—0,3, а в полупустынях и пустынях он менее 0,1. Абсолютная величина стока с ухудшением условий увлажнения, или с ростом значений радиационного индекса сухости, также убывает от 200—50 см/год в лесной зоне до 20—5 см/год в степной зоне и менее 1 см/год в пустынях. Все указанные данные приведены для равнинной местности. В горах значения могут быть существенно иными.

6.14. Какие климатические условия определяют северную границу распространения леса?

Граница распространения лесов в средних широтах северного полушария проходит по линии, соответствующей годовой сумме температур воздуха за все дни, когда она превышала 10°C, равной 600—700°C. В горных районах лес поднимается до высот с гораздо более низкими температурами воздуха. Сумма температур воздуха за все дни периода вегетации, когда она превышала 10°C, составляет здесь всего 200—300°C. Как установили Ф. Ф. Давитая и Ю. С. Мельник (1962), важную роль в распространении леса играет не только температура воздуха, но и условия радиационного нагрева растений: и в горах, и на равнине, независимо от широты места, граница леса соответствует одной и той же сумме температур на поверхности растительного покрова.

6.15. Что можно узнать по годичным кольцам на спиле дерева?

Годичные кольца на спиле дерева (рис. 21) — своеобразная летопись условий роста и развития растения.

В благоприятные, то есть в теплые и богатые осадками,



21. Годичные кольца на спиле дерева

годы годовой прирост ствола дерева больше, чем в неблагоприятные, холодные и засушливые.

Еще Леонардо да Винчи обнаружил прямую связь между шириной годичных колец и осадками. Два столетиями позже, в XVIII веке, шведский естествоиспытатель Карл Линней установил существование зависимости между шириной колец деревьев, растущих на севере Европы, и температурой воздуха в летние сезоны. В середине нашего столетия рядом ученых была замечена также связь между шириной колец деревьев и продолжительностью солнечного сияния.

Вместе с тем оказалось, что метеорологические условия произрастания деревьев сказываются не только на ширине годичных колец, но и на плотности весенней и летней древесины каждого кольца. Для анализа плотности древесины колец понадобилась разработка специальной методики, основанной на использовании рентгеновских лучей.

Таким образом, изучая годичные кольца на срезе дерева, можно судить о климате прошлых лет, его изменениях.

6. 16. Что такое дендроклиматология?

Это наука, изучающая взаимосвязь между годичными кольцами деревьев и метеорологическими величинами — температурой, осадками и солнечным сиянием. Возникла она на основе развития другой научной дисциплины — дендрохронологии, занимающейся определением возраста лесов путем исследования годичных колец деревьев.

Поскольку некоторые деревья живут многие сотни и даже тысячи лет (например, мамонтово дерево в Калифорнии, как показал срез его пня, имело возраст более 3000 лет, а остистая сосна, росшая в предгорьях Уайт-Маунтинс в Северной Америке и спиленная в 1956 году, имела возраст

более 4500 лет!), изучение их годовых колец позволяет судить о климате прошлого, о колебаниях температуры, режима осадков и солнечного сияния. Кроме того, сопоставление свежих срезов «живых» деревьев со срезами погребенных деревьев более ранних времен открывает возможность продления хронологии изменения климата далеко за пределы возраста современных деревьев. Для Северной Америки и Средней Европы по годовым кольцам остистой сосны, дуба, лиственницы, ели и кедровой сосны восстановлена непрерывная хронология за период, превышающий 8000 лет, хронология с некоторыми пробелами — почти за 12 000 лет.

Численными методами с использованием ЭВМ была рассчитана количественная связь между данными ежегодных измерений характеристик древесины и летними температурами. Расхождение с фактическими данными оказалось меньше одного градуса. Удалось также сопоставить данные о колебаниях климата (а именно, о колебаниях температуры) с данными об изменениях фронта ледников в Альпах. Согласованность между всеми этими изменениями очень хорошая, что говорит о перспективности методов дендроклиматологии.

6. 17. Что такое климатические справочники и для чего они нужны?

Климатические справочники — источник информации о климате той или иной местности. Они содержат средние обобщенные за длительный период наблюдений цифровые данные о режиме основных метеорологических величин, а также предельные максимальные и минимальные их значения, характеризующие их состояние и колебания на протяжении суток, месяцев и сезонов.

В климатических данных нуждаются все отрасли народного хозяйства. Особенно остро они необходимы при планировании строительства новых предприятий, транспортных магистралей, линий связи и электропередачи, жилых массивов, а также при выполнении многих других работ, в том числе связанных с освоением земельных площадей, осушением болот, лесонасаждениями, созданием водохранилищ, ирригационных и мелиоративных или оросительных систем.

Практически любые работы — строительные, сельскохозяйственные и т. д. — требуют учета характерных для той или иной конкретной местности условий погоды: режима температуры, осадков, ветра, повторяемости и интенсивности различных метеорологических явлений (на-

пример, туманов, метелей, гроз, гололеда, шквалов, ураганных ветров и т. п.).

Различные строительные и эксплуатационные нормы рассчитываются исходя из средних характеристик метеорологических условий и возможных отклонений от них, так называемых экстремальных значений, содержащихся в климатических справочниках. Культивирование наиболее пригодных сортов злаков, фруктов и овощей, разведение тех или иных пород домашних животных также невозможно без знания и учета климатологической информации, содержащейся в справочниках. Даже разработка туристских маршрутов или планов горных восхождений альпинистов требует подробных данных, имеющихся в климатических справочниках!

6.18. За сколько лет наблюдений берутся данные для климатических справочников?

В климатологии принято считать, что для осреднения достаточным является ряд наблюдений за 30 лет. Желательно, чтобы для всех пунктов, помещаемых в справочниках, это были данные за одни и те же годы. Но это практически недостижимо. В справочниках используются данные за все имеющиеся годы наблюдений, для отдельных пунктов ряды наблюдений составляют более 100 лет, для других — несколько десятков лет. Для строгих сопоставлений данных разных пунктов климатологи используют так называемые реперные периоды наблюдений за устанавливаемые на международных конференциях рекомендуемые годы. В 30-е годы пользовались наблюдениями с 1901 по 1930 год, сейчас — с 1931 по 1960 год. Если необходимо использовать данные пункта с меньшим рядом наблюдений, то его данные «приводятся» к стандартному ряду наблюдений особым образом, согласно разработанной климатологами методике.

6.19. Насколько устойчивы средние климатические данные?

Ученым удалось изучить изменчивость отдельных метеорологических величин (в частности, температуры) за длительный срок — от 1 года до 10 000 лет, используя для этого не только данные измерений, но и косвенные данные. Отчетливо выявились два вида изменчивости — короткопериодная, или межгодовая, с большой амплитудой отклонений от средних значений, и длиннопериодная — с относительно малой амплитудой отклонений. Климатические средние характеристики, оказалось, сами могут

испытывать колебания на протяжении длительных отрезков времени. Установлены их колебания длительностью в десятки тысяч лет, характерные для ледниковых периодов, затем — межвековые колебания с периодами несколько веков и, наконец, внутривековые колебания с периодом несколько десятков лет. Примером последних можно считать потепление в Европе в первой половине XX века и сменившее его похолодание 60-х годов.

6.20. Существуют ли какие-либо средние климатические данные для всей атмосферы в целом и для полушарий Земли?

Помимо параметров стандартной атмосферы, рассмотренных в первой главе, ученые вычислили среднюю температуру всей массы атмосферы. Она оказалась равной $-17,0^{\circ}\text{C}$ (согласно международной стандартной атмосфере 1962 года температура всей массы атмосферы равна $-20,7^{\circ}\text{C}$, что соответствует температуре воздуха на высоте примерно 5500 м).

Определено среднее влагосодержание земной атмосферы, равное $1,24 \cdot 10^{19}$ г водяного пара, что эквивалентно слою осажденной воды 22 мм. Таким образом, в каждом килограмме атмосферного воздуха в среднем содержится 2,34 г водяного пара.

Годовое количество осадков на Земле оценивается в $5,26 \cdot 10^{20}$ г, из которых $4,12 \cdot 10^{20}$ г выпадает над океанами и $1,14 \cdot 10^{20}$ г — над сушей. А выпадающие за год осадки эквивалентны слою воды 1036 мм. Отсюда следует, что водяной пар в атмосфере обновляется 47 раз в год, то есть каждые 7,8 дня (по данным некоторых исследователей — 43 раза в год и каждые 8,5 дня). Испаряется с поверхности Земли столько же влаги, сколько ее выпадает с осадками, но на океаны приходится $4,53 \cdot 10^{20}$ г испаряющейся воды за год, а на сушу $-0,73 \cdot 10^{20}$ г. Годовой сток с суши равен $0,41 \cdot 10^{20}$ г.

Северное полушарие Земли несколько теплее южного: в северном полушарии средняя температура на уровне метеорологической будки, то есть в 2 м от земной поверхности, равна в январе $9,0^{\circ}\text{C}$, в июле $22,4^{\circ}\text{C}$, а годовая $15,2^{\circ}\text{C}$, тогда как в южном полушарии она составляет в январе $16,4^{\circ}\text{C}$, в июле $11,4^{\circ}\text{C}$, а годовая $13,3^{\circ}\text{C}$.

6.21. Как велико количество облаков в целом над земным шаром?

Средняя облачность для Земли в целом оценивается в 5,5 балла, то есть поверхность земного шара немного

больше чем наполовину закрыта облаками. Однако над континентами облачности немного меньше — в среднем 4,9 балла, а над океанами — 5,8 балла.

6.22. Насколько велика энергия, заключенная в атмосферных процессах?

Согласно Е. П. Борисенкову, внутренняя энергия всей атмосферы оценивается цифрой $8,6 \cdot 10^{23}$ Дж, потенциальная — $3,6 \cdot 10^{23}$ Дж, а кинетическая — на два порядка меньше: 10^{21} Дж, то есть составляет менее 1% потенциальной энергии. При этом кинетическая энергия атмосферы в южном полушарии почти в два раза больше, чем в северном. Это связано с тем, что контрасты температуры между Южным полюсом и экватором значительно резче, чем между Северным полюсом и экватором.

Первопричиной же развития атмосферных движений является превышение количества поглощаемой атмосферой солнечной радиации над количеством излучаемой ею радиации, то есть постоянное нарушение состояния лучистого, а с ним и механического равновесия. Для Земли же в целом в среднем за год поглощаемая солнечная радиация равна излучаемой радиации. Одна треть усваиваемого Землей солнечного тепла расходуется на испарение и только 1,6% — превращается в кинетическую энергию, расходуется на движение воздуха. Следовательно, система атмосфера — земная поверхность может рассматриваться как тепловая машина с очень небольшим коэффициентом полезного действия... Кинетическая энергия на единицу массы атмосферы равна 140 Дж/кг, чему соответствует средняя скорость атмосферных движений около 17 м/с. Типичное время генерации кинетической энергии атмосферы, а также ее вырождения под действием вязкости — примерно $5 \cdot 10^5$ с, то есть около одной недели. Это срок, равный средней продолжительности жизни циклона, или продолжительности так называемого естественного синоптического периода, на который считается возможным составлять краткосрочные прогнозы погоды при благоприятных условиях развития атмосферных процессов и достаточной полноте информации о них.

6.23. Каковы самые высокие температуры воздуха на разных континентах Земли?

На всех континентах Земли, за исключением Антарктиды, максимальное значение температуры воздуха может превышать 50°C . Так, в Азии, в Индии, зарегистрирована

температура 53°C, такое же значение температуры отмечалось и в Австралии, в Бурке.

Рекордно высокие значения температуры воздуха, 58 и 57,8°C, отмечены в Мексике, в Сан-Луис-Потоси, 11 августа 1933 года и в Северной Африке, в Ливии, в Эль-Азизии, близ г. Триполи.

Близкая к этому температура отмечена в Северной Америке, в Калифорнии, в знаменитой Долине Смерти: 56,7°C.

В Антарктиде столбик ртути не поднимался выше 11,6°C; это значение зарегистрировано в декабре 1956 года на станции Оазис.

6.24. Где находится «полюс холода» и какова самая низкая температура, зарегистрированная там?

Станция Оймякон в Якутии сохраняет за собой право считаться «полюсом холода» нашей планеты: на ней в 1938 году зарегистрирована температура воздуха $-77,8^{\circ}\text{C}$, и хотя на станции Восток в Антарктиде в июле 1982 года отмечена и значительно более низкая температура, $-89,2^{\circ}\text{C}$, ее показания не могут быть засчитаны как рекордно низкие, так как станция Восток расположена на высоте 3488 м над уровнем моря. Для сопоставления результатов метеорологических наблюдений различных станций их необходимо приводить к уровню моря. В этом случае самая низкая температура воздуха оказывается в Оймяконе; результаты, зафиксированные на станции Восток, выше на 12°C . (Случай наблюдения температуры $-77,8^{\circ}\text{C}$ в Оймяконе упоминается в ряде источников, в том числе А. С. Мониным и Ю. А. Шишковым в 1979 году; в Советском энциклопедическом словаре 1980 года, указана минимальная температура в Оймяконе -70°C , но и в этом случае она на 4°C ниже, чем на станции Восток.)

6.25. Где на Земле самая высокая и самая низкая средняя годовая температура воздуха?

Самая высокая средняя годовая температура воздуха составляет 31°C в Лу, в Сомали, а самая низкая $-55,6^{\circ}\text{C}$ на станции Восток, в Антарктиде.

6.26. Какая температура воздуха наблюдается на географических полюсах Земли?

Относительно точно на этот вопрос можно ответить только для Южного полюса, на котором последнюю четверть века существует метеорологическая станция и ведут-

ся систематические наблюдения. В районе Северного полюса наблюдения ведутся на научных станциях на дрейфующих льдинах, местоположение которых далеко не всегда совпадает с районом полюса, поэтому данные для Северного полюса следует рассматривать как приближенные. В районе Северного полюса на уровне моря в зимнее время отмечались температуры -50°C , а летом $1-2^{\circ}\text{C}$. Средняя годовая температура на Южном полюсе, расположенном на высоте около 2700 м над уровнем моря, составляет $-49,3^{\circ}\text{C}$; минимальная наблюдавшаяся там температура $-80,0^{\circ}\text{C}$, максимальная $-15,0^{\circ}\text{C}$.

6.27. Какова средняя температура всей толщи вод Мирового океана?

Средняя температура всей толщи вод Мирового океана (без Арктического бассейна) равна $5,7^{\circ}\text{C}$, что на $22,7^{\circ}\text{C}$ выше средней по массе температуры атмосферы. Самый теплый из всех океанов — Индийский: средняя температура толщи вод $6,7^{\circ}\text{C}$, тогда как в Атлантическом она составляет $5,6^{\circ}\text{C}$, а в Тихом — $4,7^{\circ}\text{C}$.

6.28. Как сильно изменяется в течение года температура поверхности океана?

В экваториальной зоне это изменение составляет всего около 1°C , в полярных районах — $2-3^{\circ}\text{C}$, а между широтами $40-45^{\circ}$ с. ш. — почти $9,6^{\circ}\text{C}$. Здесь амплитуда годовых колебаний температуры воды на поверхности океана максимальная; в южном полушарии она значительно меньше — не более $5,5^{\circ}\text{C}$ (на широте 30°).

6.29. Каково самое высокое значение атмосферного давления, зафиксированное на Земле?

На севере Западной Сибири, на метеорологической станции Агата, 31 декабря 1968 года зарегистрировано самое высокое давление, равное $1083,2$ гПа, или $812,4$ мм рт. ст.

6.30. Каково самое низкое значение атмосферного давления, когда-либо отмеченное на Земле?

На суше самое низкое давление (приведенное к уровню моря) отмечено во время урагана 2 сентября 1935 года на островах Флорида-Кис, в США, — $892,3$ гПа, или $669,3$ мм рт. ст. На море самое низкое давление отмечено в тайфуне в Тихом океане, западнее острова Гуам, 24 сентября 1958 года — 877 гПа, или менее 658 мм рт. ст.

6.31. Где на Земле выпадает больше всего осадков и где меньше всего?

Самое дождливое место на Земле — гора Вамалеале на о. Кауаи, на Гавайях, — там в среднем в году 335 дней с дождем! Зато в пустыне Атакама в Чили дождь не наблюдался ни разу...

Наибольшая средняя годовая сумма осадков — на Гавайских островах, на горе Уайвиль, — 1198 см и на горной станции Черрапунджи в Ассаме, в Индии, — 1140 см; на последней в 1861 году зарегистрировано и рекордное годовое количество осадков — 2300 см! Таким образом, Уайвиль и Черрапунджи — самые богатые осадками точки на земном шаре. Самые бедные находятся в Африке и в Южной Америке: в оазисе Кхара, в Египте, в среднем выпадает меньше 0,1 мм, то есть только следы осадков, а в населенном пункте Арика, в Чили, за год в среднем набирается 0,5 мм осадков.

6.32. Где самое сухое место на территории Советского Союза?

В г. Турткуль в Каракалпакии выпадает за год всего 80 мм осадков. Устье Волги следует считать самым засушливым районом во всей Европе: в Астрахани среднее годовое количество осадков составляет всего 165 мм.

6.33. Насколько велика разница в количестве осадков, выпадающих над различными районами Мирового океана?

Разница может быть очень большой: на Бермудских островах в Атлантике выпадает в среднем в год 1445 мм осадков, а на о. Сантьягу (острова Зеленого Мыса) в той же Атлантике — всего 235 мм. Даже в пределах одного гористого острова в океане разница в количестве выпадающих осадков может быть поразительно большой. Например, на о. Оаху, на Гавайях, на наветренной стороне выпадает в среднем 500 мм осадков, а на подветренной — всего 25 мм, то есть в 20 раз меньше! На других островах Гавайского архипелага осадков выпадает более 1000 мм в год, а на отдельных горных станциях — в десять раз больше (см. 6.31).

6.34. Какие факторы могут вызывать изменения климата?

Антропогенное воздействие на климат может быть преднамеренным, то есть сознательно совершаемым, и непреднамеренным, то есть произвольным, связанным

с человеческой деятельностью, преследующей совсем иные цели.

Природные факторы воздействия на климат можно разбить на несколько групп: астрономические, геофизические, метеорологические. Группа астрономических факторов включает светимость (радиацию) Солнца, положение и движение Земли в солнечной системе, наклон ее оси вращения к плоскости орбиты и скорость вращения. Это все внешние климатообразующие факторы, связанные с влиянием на движение Земли других тел солнечной системы и определяющие инсоляцию (облучение солнечной радиацией) и гравитационные воздействия (создающие приливы — отливы и колебания в движении Земли по ее орбите и вокруг собственной оси). Вполне возможно, что глобальные колебания климата в далеком прошлом нашей планеты были связаны с изменениями параметров земной орбиты и наклона земной оси. Этой точки зрения придерживается группа ученых — последователей югославского астрофизика Миланковича.

Группа геофизических факторов связана со свойствами Земли как планеты: ее размерами и массой, внутренними источниками тепла, собственными магнитными и гравитационными полями, особенностями земной поверхности и ее взаимодействия с атмосферой. Влияние факторов этой группы на значительном отрезке времени, в течение которого поверхность нашей планеты сохраняет ее современный вид, можно считать стабильным. Однако в более отдаленном прошлом оно могло существенно изменять земной климат. Достаточно указать на подвижность материков, изменения в распределении участков суши и морей, конфигурации и высоте горных хребтов и т. п.

Наконец, группа метеорологических факторов охватывает основные характеристики атмосферы и гидросферы, их массу и химический состав. Содержание в атмосфере термодинамически активных примесей, таких, как вода и углекислый газ, а также аэрозолей, имеет решающее значение для формирования земного климата, и колебания их количества, возможно, являются причиной колебаний климата нашей планеты — как в прошлом, так и в будущем.

6.35. Что известно об изменениях земного климата в прошлом и их причинах?

Наука накопила много сведений об изменениях земного климата в прошлом, но не может сказать почти ничего достоверного о причинах, вызвавших эти изменения.

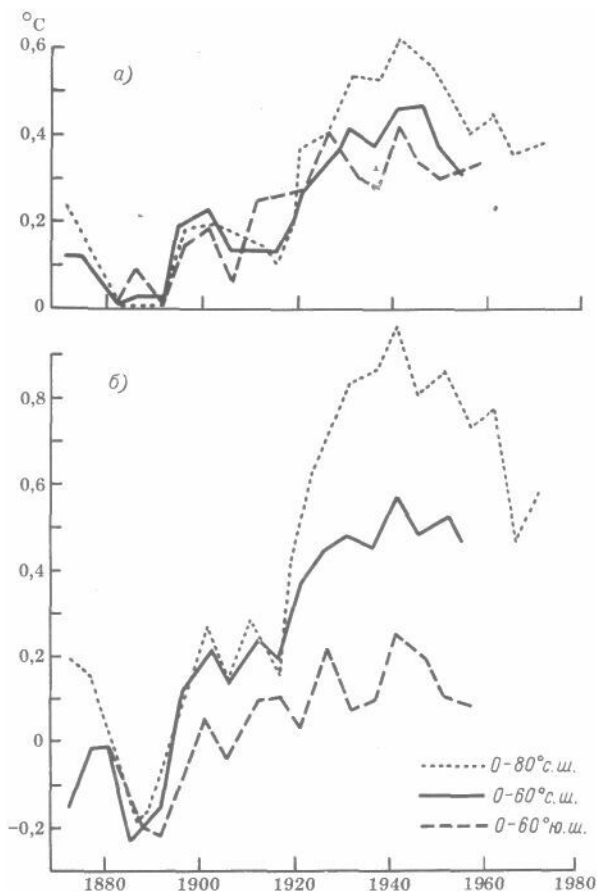
Можно считать доказанным, что за всю историю Земли климат менялся неоднократно, и в целом многие миллионы лет назад он был более теплым. Однако уже в пределах нескольких последних миллионов лет было по крайней мере четыре ледниковые эпохи со значительным похолоданием климата в средних широтах северного полушария, когда температура была ниже современной на 5°C , а в межледниковое время повышалась на несколько градусов, оставаясь в первый межледниковый период на несколько градусов ниже ее современного значения, а в два последующих — на несколько градусов выше его. В ледниковые эпохи значительные пространства полярных и умеренных широт северного полушария были покрыты льдами, а на свободных от льда участках климат был значительно суровее и суше современного.

Из четырех ледниковых эпох самая древняя — гюнцнебрасская (начало — около 1 млн. лет назад, конец — около 600 тыс. лет назад), известная по ледникам, покрывавшим территорию Западной Европы. Канады и части США. Затем ледники отступили, а после нескольких сот тысяч лет потепления началось новое оледенение в Европе и в Северной Америке, получившее название миндельско-окско-канзасского (примерно 500—250 тыс. лет назад). Потом пришла Великая межледниковая эпоха с очень теплым климатом в северном полушарии, за которой последовало новое, самое интенсивное оледенение, рискоднепровско-иллинойское (примерно 200—100 тыс. лет назад), при котором ледники в Восточной Европе достигли 48° с. ш. Новое потепление привело к отступанию ледников за пределы континентов Евразии и Северной Америки, но затем последовало еще одно, последнее, большое оледенение — вюрмско-висло-валдайско-висконсинское, начавшееся около 75 тыс. лет назад и закончившееся примерно 10 тыс. лет назад. Сменившее последнее оледенение потепление распространилось уже и на наше время. Оно достигло максимума в северных широтах в так называемую эпоху викингов (конец прошлого — начало нынешнего тысячелетия), когда выходцы из Скандинавии — викинги — достигли по свободным от льдов водам Северной Атлантики Исландии, Южной Гренландии и даже Лабрадора и Ньюфаундленда в Северной Америке и начали заселять их. Однако в XII веке появились первые признаки прекращения потепления, и в XV—XVII веках началось малое оледенение, или малый ледниковый период, за время которого льды снова сковали всю Гренландию, ледники Альп продвинулись в долины Центральной Евро-

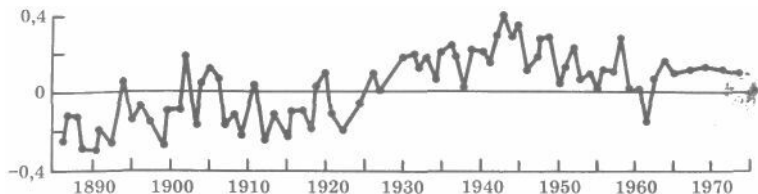
пы и вызвали очень суровые зимы во всем умеренном поясе Европы. Очередное потепление началось в конце XIX века и перешло в наш век, чтобы прерваться в 40-е годы, а в дальнейшем, в 60-е годы, смениться похолоданием.

6. 36. Какие колебания климата имели место в 20-м столетии?

Наличие систематических наблюдений на обширной сети станций в обоих полушариях Земли позволяет составить полную картину колебаний климата с начала столетия и до наших дней. Потепление, начавшееся в прошлом сто-



22. Изменения температуры отдельно в северном и южном полушариях за год (а) и за зимний сезон (б)



23. Отклонения приземной средней температуры воздуха в северном полушарии от средней за период с 1881 по 1979 год.

летии, достигло максимума в 20–30-е годы и оказалось наиболее существенным в Арктике, где зимние температуры воздуха повысились в Гренландии на 5°C , а на Шпицбергене — даже на $8\text{--}9^{\circ}\text{C}$. Повсеместно отступали ледники в Европе, Азии, Канаде, в горах стала более высокой граница снежного покрова. В арктических морях уменьшились в размерах острова, покрытые ледником, а некоторые из них исчезли совсем — на их месте остались лишь подводные банки. В северном полушарии отступила к северу граница вечной мерзлоты, а площадь льдов в арктических морях сократилась наполовину. На $1,5\text{--}2^{\circ}\text{C}$ теплее стали воды в Баренцевом море и в Северном Ледовитом океане, что привело к широкой миграции на север промысловых рыб — трески, сельди и расширению ареала млекопитающих и птиц. Потепление отмечалось и в южном полушарии, то есть носило глобальный характер, хотя в средних и низких широтах оно не было интенсивным. В масштабах полушарий оно составило около половины градуса, что видно из рис. 22. В конце 40-х годов потепление сменилось незначительным похолоданием, которое, однако, не было глобальным, в частности, не отмечалось в Австралии. Но в северном полушарии началось наступление ледников, возросла площадь полярных льдов. В конце 50-х годов приземная температура воздуха в северном полушарии упала ниже среднего значения, но к 60-м годам снова несколько поднялась (рис. 23).

В 70-е годы вновь наметилось небольшое потепление, оказавшееся неустойчивым. Что наблюдается сейчас, точно сказать нельзя. В зависимости от того, какое количество и какие именно метеорологические станции земного шара привлекать для подсчета и какой пользоваться методикой расчетов, можно получить различные результаты, прямо противоположные по своему характеру. Одни ученые склонны считать, что потепление продолжается и земной

климат постепенно будет приближаться к такому, какой был в плиоцене. Другие, наоборот, считают, что потепление бесповоротно закончилось и Земля стоит перед новым наступанием льдов, в преддверии новой ледниковой эпохи... Возможность прийти к противоположным выводам при анализе одного и того же материала свидетельствует о несущественности современных нам изменений климата и отсутствии общепринятой методики их оценки. Колебания климата, подобные тем, что происходят сейчас, неоднократно имели место и в сравнительно недалеком прошлом — периоды продолжительностью 15—25 лет, каждый с потеплениями и похолоданиями, на протяжении трех последних столетий наблюдались не раз. Так, известна очень суровая зима 1739/40 года в Европе, сходная с зимой 1978/79 года. Памятны суровые зимы 1809, 1912, 1941/42, 1949/50, 1955/56, 1965/66 годов и, наоборот, очень теплые зимы 1924/25, 1948/49, 1951/52, 1956/57 и 1975/76 годов. Но все эти колебания имели естественный характер, они не были связаны с вмешательством человека.

МЕСТНЫЕ ПРИЗНАКИ И НАРОДНЫЕ ПРИМЕТЫ ПОГОДЫ



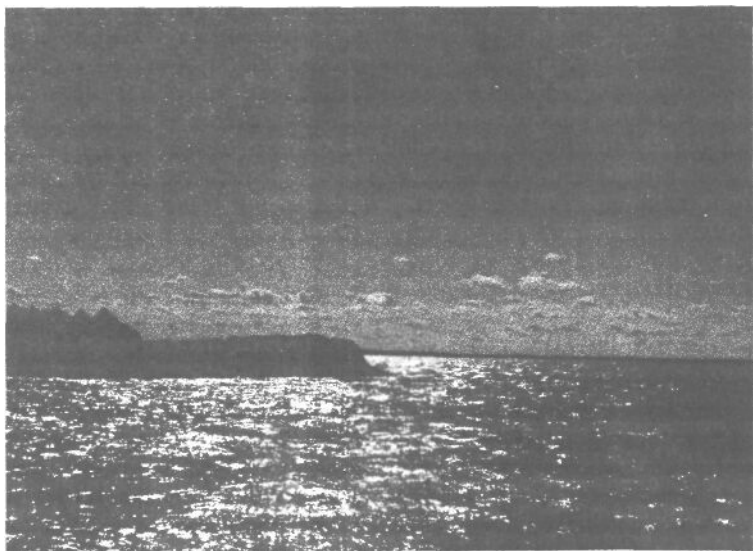
Люди всегда интересовались погодой, от состояния которой зависела в далеком прошлом вся их деятельность, условия быта и самочувствие. В несколько меньшей степени эта зависимость сохранилась и в наши дни, и интерес к состоянию погоды, как текущей, так и в ближайшем будущем, у современного человека также сохранился. Естественно, что постоянный интерес человека к погоде не прошел бесследно, он нашел отражение в языке народов, пословицах, поговорках и народных приметах, отражающих накопленный человечеством опыт общения с природой, его наблюдательность и... оставшуюся с доисторических времен у некоторых людей склонность к суевериям. Религиозность людей в прошлом способствовала развитию некритического восприятия действительности, укоренению некоторых представлений, которые они брали на веру, следуя «пророчествам» различного рода ложных авторитетов, спекулировавших на невежестве соплеменников, — всяких прорицателей, знахарей, заклинателей, шаманов, колдунов и тому подобных служителей культов.

И в наше время за состоянием погоды постоянно наблюдают не одни профессиональные метеорологи, и не одни они размышляют о предстоящих переменах в погоде. Этим повседневно вольно или невольно приходится заниматься многим сельским жителям, рыбакам, лесникам, морякам и летчикам, как и представителям многих других профессий, чья повседневная деятельность связана с длительным пребыванием на открытом воздухе. Поэтому и о будущей погоде в пределах своего района наблюдений многие люди имеют возможность относительно верно судить не только

по метеорологическим сводкам, передаваемым средствами массовой информации, но и по так называемым местным признакам погоды. Таковые действительно существуют, и их использование опирается на более или менее строгую научную основу.

7. 1. Какова научная основа местных признаков погоды?

По наблюдениям из одной точки на поверхности земли, без информации о погоде в других местах, то есть без использования карт погоды, можно судить о развитии атмосферных процессов и связанных с ним изменениях погоды по ряду признаков. Первый и самый надежный из них — состояние неба, и прежде всего облачности. Именно с облаками связано выпадение осадков, так же как изменение температуры и влажности воздуха, видимости, усиление или ослабление ветра и многое другое. Кое-что о возможном изменении погоды может подсказать ветер: перемена его направления, изменение скорости. Ведь с ветром перемещаются несущие с собой различную погоду воздушные массы — холодные, теплые, сухие, влажные, устойчивые или неустойчивые и т. д. Ветры же приносят нам некоторые виды тумана, облачность, континентальную пыль, а в некоторых районах и песок. Если наблюдатель



24. Разорванно-кучевые облака бывают при устойчивой спокойной погоде. Фото В. Быкова



25. Перистые когтевидные облака над морем — предвестники натекания плотной облачности теплого фронта и ухудшения погоды



26. Перистые когтевидные облака над сушей



27. Кучевые облака хорошей погоды



28. Высоко-кучевые облака башенкообразные — предвестники грозы



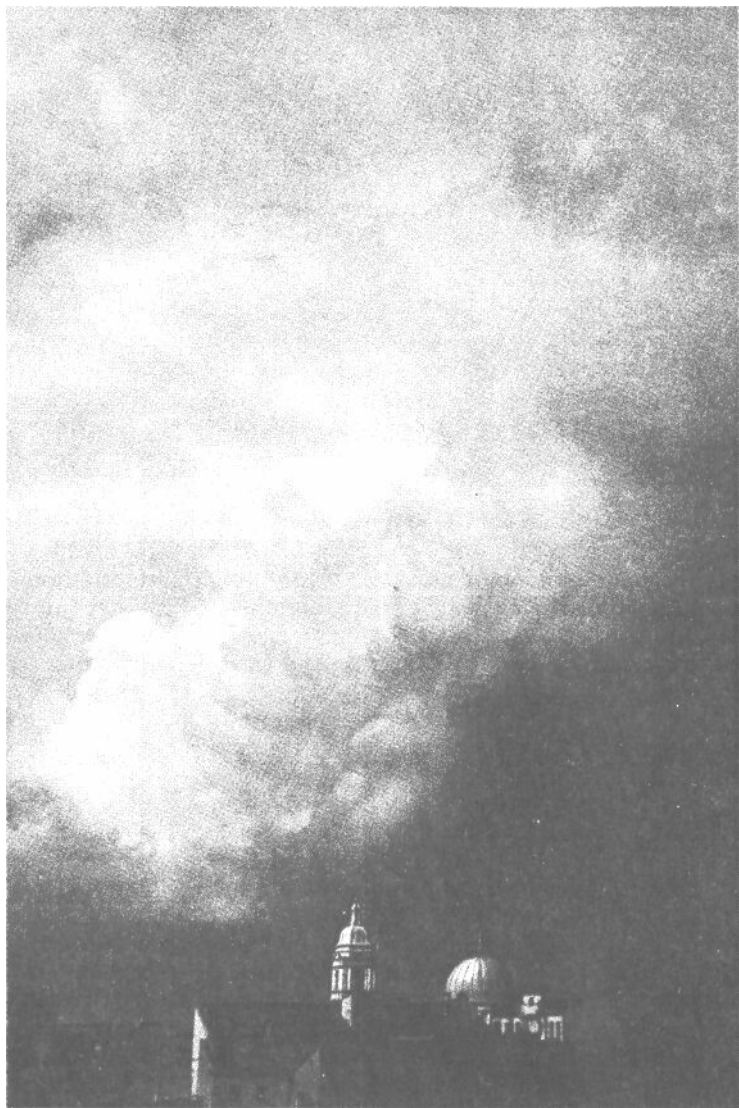
29. *Высоко-кучевые облака хлопьевидные — предвестники грозы*

располагает прибором для измерения атмосферного давления, хотя бы барометром-анероидом, а еще лучше — барографом, и может судить о характере изменения давления, так называемой барической тенденции, то эти данные помогут ему лучше разобраться в происходящих в атмосфере процессах. Сопоставляя эти данные с характером изменения облачности, он в состоянии уверенно судить о погоде на ближайшие несколько часов.

Кроме того, наблюдательный человек заметит и изменения в таких деталях окружающего его мира, как поведение некоторых животных, насекомых, цветов и листьев растений, состояние воды в водоемах, появление характерных запахов, окраска зари, цвет неба, то, как выглядит днем солнце, а ночью звезды и луна... Все эти мелочи — свидетельства происходящих в атмосфере процессов, и, таким образом, по ним можно судить о том, что происходит в атмосфере, а следовательно, и о том, каких можно ожидать изменений погоды. Следует помнить, что все подобные заключения могут быть лишь приблизительными, но ни в коей мере не категорическими. Ко всему, для успешности пользования местными признаками очень желательны хотя бы небольшая метеорологическая подготовка и, само собой разумеется, хорошее знание всех признаков и объективность в их оценке: нельзя желаемое выдавать за ожидаемое, что иногда случается с людьми увлекающимися.



31. Кучево-дождевые облака над городом. Фото В. Быкова



30. Кучево-дождевые облака, передняя часть (шкваловый вост). Фото В. Быкова

7.2. Какие облака являются предвестниками грозы?

Следует иметь в виду, что характерные облака — предвестники грозы не всегда появляются на небе с достаточной заблаговременностью. Так, о приближении фронтальных гроз днем оповещают уже сами грозовые облака, которые появляются при подходе атмосферного фронта, надвигающегося стеной кучево-дождевых облаков с характерными вершинами — наковальнями, видимыми издали. Даже при отсутствии других облаков — предвестников грозы перед фронтом наблюдатель с Земли в этом случае может распознать надвигающуюся грозу за полчаса-час. В других случаях, когда вершина кучево-дождевого облака не видна, а удастся разглядеть лишь основание облака, так называемый шкваловый ворот, или вымеобразные облака «мамматус», заблаговременность предвидения грозы может быть еще меньше — всего 20—30 мин. Грозы быстродвижущихся холодных фронтов могут быть предсказаны за час-полтора еще по предшествующим таким фронтам характерным высоко-кучевым линзообразным, или чечевицеобразным, облакам (*Altostratus lenticularis*).

Значительно проще и легче предвидеть развитие дневных внутримассовых гроз, не связанных с атмосферными фронтами. Общим признаком возможной грозы в послеполуденное время является быстрое развитие в утренние часы кучевой облачности, когда к 10—11 ч мощные кучевые облака громоздятся на небе бурно растущими вверх башнями, а к полудню их вершины «оплавляются», затем начинают как бы расплываться и становиться шире, «обрастать волосами», перерастать в наковальни, то есть образуются уже кучево-дождевые облака, дающие ливни и грозы в послеполуденные или ранние предвечерние часы.

Хорошим местным признаком внутримассовых тепловых гроз является появление на небе высоко-кучевых хлопьевидных или башенкообразных облаков в утренние часы (*Altostratus floccus* и *Altostratus castellanus*). Гроза начинается через 4—6 ч после появления таких облаков.

7.3. О чем говорит появление на небе радуги?

Это бесспорное свидетельство выпадения дождя, освещаемого солнечными лучами из-за спины наблюдателя. Прогностического значения этот признак, к сожалению, не имеет, если не считать того, что наличие радуги говорит о кратковременном характере осадков, выпадающих из отдельных облаков со значительными просветами между ними.



32. Радуга. Фото В. Быкова

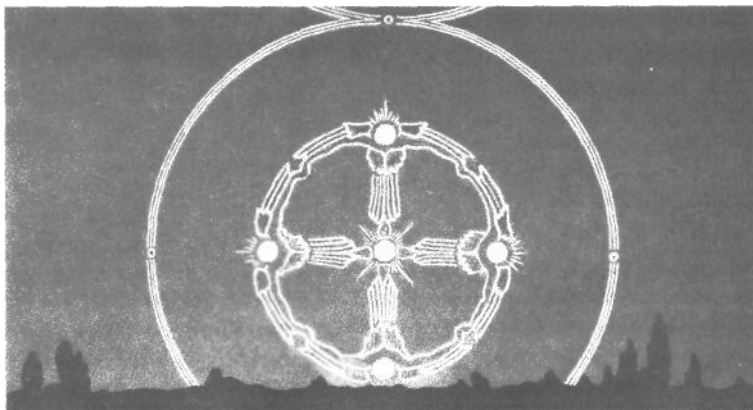
7.4. Признаком какой погоды являются ложные солнца и луны?

Побочные, или ложные, солнца и луны — оптические явления, связанные с наличием в атмосферном воздухе большого количества мелких ледяных кристаллов, отражающих солнечные лучи и создающих в атмосфере примерно тот же эффект, что и зеркальная поверхность воды или гладкого льда. Наблюдатель на земле видит проходящий через солнце обычно хорошо различимый, а иногда едва заметный, с расплывчатыми очертаниями белый круг, лежащий параллельно горизонту. Справа и слева от солнца на этом круге, носящем название паргелийного, могут быть видны яркие пятна, напоминающие солнечный диск, — так называемые паргелии, или побочные солнца. В морозную безоблачную ночь подобная картина может наблюдаться возле луны; побочные, или ложные, луны называются параселенами.

Для возникновения этих явлений нужны спокойное состояние атмосферы и сильное выхолаживание приземного слоя воздуха, при котором происходит процесс сублимации водяного пара — образование ледяных кристаллов в морозном воздухе. Такие условия возникают обычно при антициклонической холодной устойчивой погоде, признаком которой и являются ложные солнца и луны.

7.5. О какой погоде говорят солнечные столбы и кресты?

Эти оптические явления имеют ту же природу, что и ложные солнца, но возникают при несколько другой форме



33. Солнечный крест

ледяных кристаллов; кроме того, наблюдаются они обычно при низком положении солнца над горизонтом. Солнечные столбы — довольно частое явление при сильных морозах. Они могут быть видны ниже и выше диска солнца. Кресты (рис. 33) возникают реже — при сочетании столбов и паргелийного круга в точках их пересечения. Те и другие — признак устойчивой антициклонической зимней погоды, при которой обычны сильные морозы. В прошлом у суверенных людей эти явления вызывали ужас, воспринимались как небесный знак — предвестник голода и мора, ниспосылаемых людям в наказание за грехи. В ясные лунные ночи могут наблюдаться и лунные столбы.

7.6. Признаком чего является гало на небе?

Симметрично располагающийся вокруг луны или солнца круг с угловым радиусом 22° (значительно реже — 46°) возникает при появлении тонких перистых облаков, являющихся признаком поступления на высотах теплых масс воздуха, что обычно связано с переходом к облачной погоде с последующим выпадением осадков. Зимой это влечет за собой потепление, летом — не всегда, поскольку переход от летней солнечной малооблачной погоды к облачной с осадками может дать и противоположный эффект, то есть вызовет временное понижение температуры.

7.7. Верно ли, что кольца вокруг солнца днем, вокруг луны ночью — признак ненастья?

Да, это достоверный признак ухудшения погоды, имеющий научное объяснение. Кольца вокруг наших светил на небе — гало или венцы — создают облака, начинающие закрывать небо. Чаще всего это бывает, когда начинается натекание облачности теплого атмосферного фронта. Гало возникает при тонких кристаллических облаках, находящихся на высоте более 7 км, а венцы — при тонкой облачности мелкокапельной структуры, находящейся на высоте от 2 до 5 км. За этими явлениями следует обычно уплотнение облачности, понижение ее высоты и переход к осадкам. Продолжительность этого процесса в разных географических районах и в разные сезоны года различная, она составляет чаще всего от 12 до 36 ч.

7.8. Что такое «ключевые дни»?

Это определенные дни в году, которые якобы определяют погоду будущего сезона, а то и целого года, то есть являются «ключевыми» последующей погоды. Такие дни чаще всего связывались с праздниками — Матвея, Варвары,

Свизина и др. У различных народов были разные святые, повелевавшие погодой. Всего насчитывается около 60 «святых дней», определяющих будущую погоду. Большинство из них предрекает дождь, и на довольно значительные сроки, вплоть до сорокадневного ненастья после дождя в день святого Свизина. Один английский моряк, вздумавший проверить правильность такого рода примет, пришел к заключению, что, если исходить из «ключевых» дней, в Англии весь год должен непрерывно идти дождь.

7.9. Верно ли, что ясная луна — признак мороза?

Верно в той мере, в какой всякий случай ясной безоблачной погоды зимой может служить признаком последующего понижения температуры, вызываемого выхолаживанием земной поверхности и приземного слоя воздуха. В данном случае это одна из примет, имеющих под собой научную основу.

7.10. Можно ли считать полнолуние признаком хорошей погоды?

Полнолуние наступает строго закономерно в конце каждой второй четверти лунного месяца. Хорошо известно, что чередование хорошей и плохой погоды происходит далеко не в такой строгой последовательности, и, таким образом, полнолуние само по себе признаком будущей хорошей погоды быть не может. Однако полнолуние можно наблюдать только при малооблачной погоде, то есть оно становится заметным лишь в условиях уже наступившей более или менее хорошей погоды. Полнолуние (а точнее — возможность его наблюдать) — не столько признак будущей хорошей погоды, сколько свидетельство ее настоящего хорошего состояния. Кроме того, поскольку метеорологическим процессам свойственна некоторая инерция, то есть изменения погоды не так часто происходят внезапно, полная луна может рассматриваться и как примета сохранения ясной погоды на ближайшее время. Но это не обязательно будут дни; уже через несколько часов небо могут закрыть облака и погода «испортится».

7.11. Можно ли судить о будущей погоде по свечению луны?

Лунные приметы погоды — очень древние. Еще в III веке до н. э. греческий астроном Арат писал: «...ты можешь рассчитывать на ясную погоду, если в возрасте трех дней серп луны блестит четкий и чистый; ветры будут господ-

ствовать, если он будет окружен красноватым сиянием. Но если оба конца его покажутся затупленными и он будет проливать на землю лишь слабый свет, сильнейшие дожди затопят поля». По современным воззрениям, эти приметы звучат слишком категорично, но в целом они справедливы, так как отражают связь между явлениями погоды и прозрачностью воздуха, то есть состоянием атмосферы. Четкость видимого на фоне ночного неба лунного серпа говорит о чистоте воздуха, отсутствии в нем продуктов конденсации и сублимации водяного пара. При этом, однако, не имеет значения «возраст» луны, то есть в какой четверти она наблюдается. Неясность очертаний лунного диска или затупленность кончиков лунного серпа — свидетельство появления в воздухе капелек влаги или кристаллов льда, начала образования или натекания облачности, которая принесет с собой осадки. Красноватое сияние вокруг лунного диска — признак увеличения содержания в воздухе водяного пара, что в условиях Пелопонесского полуострова могло быть связано с ветрами определенного направления, скорости и продолжительности, но вряд ли это явление можно рассматривать как признак наступления ветреной сухой погоды в любой местности — скорее это начало общего ухудшения погоды.

7.12. О чем говорит свечение спицей башен, верхушек труб и тому подобных высоких заостренных сооружений?

Кольцевидное или пучкообразное свечение заостренных предметов, в том числе концов рей и топов мачт кораблей, называется огнями святого Эльма. В далеком прошлом это явление сильно поражало воображение моряков и воспринималось ими как предупреждение покровителя моряков святого Эльма о приближении грозы. Суть его состоит в следующем: при усилении электрического поля поверхность некоторых тел получает электрический заряд высокого потенциала; вследствие этого происходит пробой электрического сопротивления воздуха у верхушек заостренных предметов, где наблюдается истечение электрического заряда. Таким образом, огни святого Эльма действительно являются признаком возрастания напряжения электрического поля, то есть предгрозовой обстановки.

7.13. Могут ли служить признаком погоды изменения цвета неба?

Изменение оттенков цвета неба связано с присутствием в воздухе различных частиц, размеры которых превышают

размеры молекул газов атмосферы. Чем больше примесей в атмосферном воздухе, тем сильнее рассеяние света в длинноволновой части спектра и тем слабее кажется естественная голубизна неба. Совершенно чистый, свободный от примесей воздух придает небу яркий голубой, почти синий цвет, свойственный молекулярному рассеянию дневного света. Сильно запыленный воздух придает небу белесоватый оттенок, а высокая влажность и обилие продуктов конденсации водяного пара окрашивает небо в красноватые тона. Интенсивность рассеяния света зависит от толщины слоя атмосферы, через который проходят солнечные лучи, поэтому окраска неба зависит от угла наклона к горизонту нашего взгляда, направленного в небо, то есть от рассматриваемого нами участка неба: в зените цвет будет казаться более голубым, чем в направлении горизонта.

Поскольку воздушные массы разного географического происхождения отличаются не только разными теплозапасами, но и разным уровнем запыленности, разным влагосодержанием, то каждой воздушной массе над данной местностью свойственна своя окраска неба и изменение ее свидетельствует об изменении свойств воздушной массы (ее трансформации под влиянием взаимодействий с подстилающей поверхностью) или о приходе другой воздушной массы. Классическая синоптика рассматривает воздушные массы в качестве носителей погоды, и, таким образом, в той мере, в какой по изменению оттенков цвета неба можно судить о воздушных массах, можно эти оттенки рассматривать как признаки погоды. Например, для морского арктического воздуха характерна яркая синева неба, его приход летом в континентальные области влечет за собой прохладную неустойчивую погоду; при поступлении в умеренные широты с юга теплых масс континентального тропического воздуха, отличающегося помимо высоких значений температуры и влажности еще и большой запыленностью, небо приобретает характерный белесоватый оттенок с едва заметной бледной голубизной в зените и желтовато-красными тонами у горизонта.

7.14. Может ли мерцание звезд служить признаком погоды?

Безусловно может: это признак сохранения ясной или безоблачной погоды, как правило, стоящей уже несколько дней. Прогностическое значение этого явления менее определенное: уверенно можно говорить, что, пока мерцание звезд наблюдается, погода сохранится хорошая, а прекращение этого явления свидетельствует о предстоящем изме-

нении погоды, то есть об ее ухудшении. Мерцание звезд прекращается с появлением облачности, в том числе очень тонкой, высокой, поначалу незаметной для наблюдателя с поверхности земли. С другой стороны, некоторые полагают, что усиленное мерцание звезд свидетельствует об усилении ветра на высотах и, стало быть, может тоже считаться предвестником ухудшения погоды. Дело в том, что мерцание звезд вызывается неустойчивостью атмосферного воздуха, в котором образуются турбулентные микровихри — мелкие подвижные ячейки различной плотности. Эти своеобразные воздушные линзы отражают, искривляют, рассеивают, ослабляют, усиливают лучи света, в том числе и посылаемые звездами. Свет звезд становится как бы непостоянным по интенсивности, а сами звезды наблюдателю с поверхности земли кажутся мигающими. Чем больше толща атмосферы, через которую проходит свет звезд, тем сильнее мерцание. Поэтому заметнее всего мерцание звезд у горизонта, а в зените оно слабее.

Большая масса воздуха при длительном пребывании над какой-либо местностью (что чаще всего случается в неподвижных антициклонах) приобретает черты неоднородности, разделяется на слои с разными свойствами. Это связано с тем, что отдельные участки местности могут отличаться один от другого по насыщенности влагой, изрезанности поверхности, сложности рельефа, густоте растительности и по другим характеристикам, влияющим на процессы тепло-, влаго- и воздухообмена, формирования турбулентных вихрей, то есть неустойчивого состояния воздуха, которые и порождают мерцание звезд.

7. 15. Существует ли связь между погодой и появлением комет или метеорного дождя?

Нет, связи между этими явлениями природы не существует. Условия погоды могут быть благоприятными или неблагоприятными для наблюдений за этими явлениями, но сами по себе они развиваются независимо ни от комет, ни от попадания различных небесных тел в земную атмосферу — будь то мелких метеорных тел, сгорающих в верхних слоях атмосферы космических пылинок, или более крупных — метеоритов, достигающих поверхности Земли. Таким образом, появление комет или падение на Землю метеоритов признаком погоды служить не может, если не считать того, что наблюдение за указанными астрономическими явлениями становится возможным только в условиях безоблачной погоды.

7.16. Насколько верно изменения погоды отражаются в поговорках?

К сожалению, точное отражение характера изменений погоды в поговорках встречается не так часто, как об этом принято думать. Русские поговорки не составляют в этом смысле исключения. Нет смысла доказывать сомнительность ценности таких поговорок, как «Алексей божий человек — с гор потоки» (случается, конечно, что 30 марта выпадает дождь или происходит интенсивное таяние снега в горах) или «Екатерина мокрая» (оттепель 7 декабря возможна, но далеко не обязательна) и т. д. Аналогичным образом обстоит дело с французскими поговорками вроде: «Если на св. Амбруаза (4 апреля) идет снег, то холод угрожает продолжаться 18 дней». Есть, однако, и исключения — отдельные поговорки верно отражают существование связи между явлениями природы. Например: «Солнце красно поутру — моряку не по нутру». Красный цвет утренней зари и самого светила говорит о высокой влажности воздуха, сопутствующей выпадению осадков, появлению облаков, сильного ветра, а следовательно, и волнения на море. У английских моряков в ходу поговорка, отражающая признак приближения холодного фронта по характерной облачности над океаном: «Если на небе кобыльи хвосты и чешуйки макрели — поднимай на корабле паруса». В целом не каждая поговорка — кладезь мудрости, но встречаются и такие, хотя и редко.

7.17. Признаком каких изменений в погоде может служить поворот ветра?

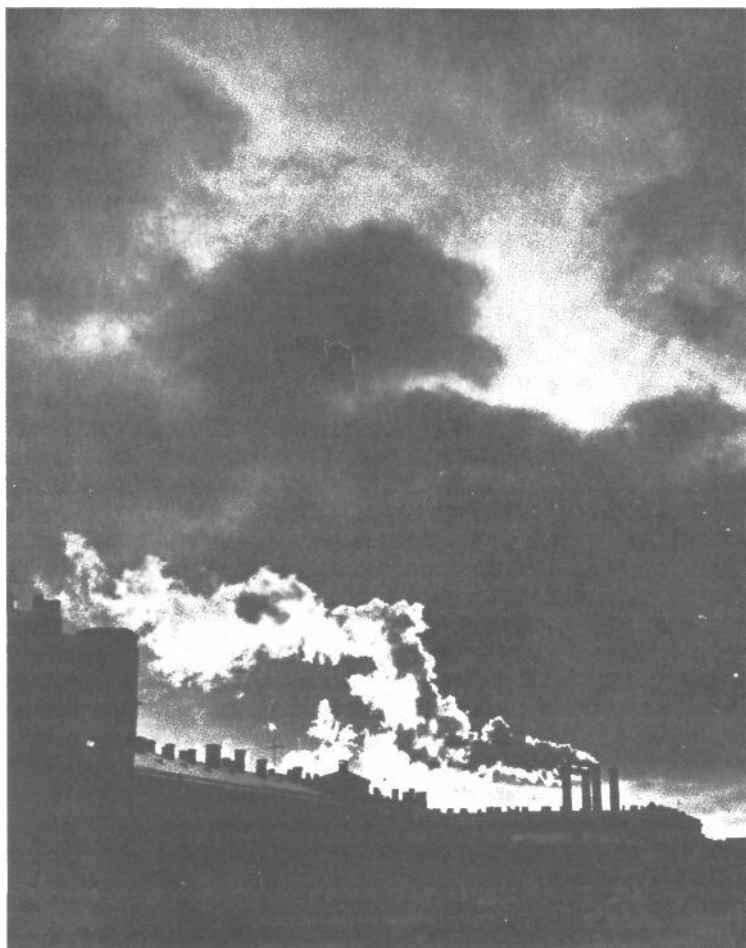
Следует различать изменения направления слабого неустойчивого ветра и ветра умеренного или сильного, то есть ветра скоростью более 5—8 м/с. Изменение направления слабого ветра чаще всего не влечет за собой никаких изменений погоды, в особенности если при этом скорость ветра остается небольшой (не превышает 5 м/с). Это бывает в центральных частях области повышенного давления или в барической седловине, в так называемой малоградиентной области между двумя циклонами и двумя антициклонами.

Но если устойчивый по направлению умеренный или сильный ветер начинает последовательно менять направление, то это может служить признаком изменения погоды. Поворот ветра влево, то есть против часовой стрелки, с последовательным его усилением часто является признаком ухудшения погоды, связанного с приближением барической ложбины и атмосферного фронта. При этом

всегда наблюдается довольно значительное понижение давления (около 1 гПа/ч или более). Поворот ветра вправо, то есть по часовой стрелке, происходящий быстро и при сильном ветре, часто наблюдается при прохождении атмосферного фронта, то есть при смене воздушных масс, когда и погода резко изменяется: в зависимости от того, какой прошел фронт, становится теплее или холоднее, осадки ослабевают и затем прекращаются или, наоборот, усиливаются. Давление в этих случаях всегда перестает понижаться, остается некоторое время неизменным или же начинает быстро расти. Такие признаки изменения погоды, как поворот ветра, более надежны, если наблюдаются одновременно с изменением давления, и еще более надежны при сочетании с характерными облаками — предшественниками перемен в погоде. Сам по себе поворот ветра влево или вправо, при неизменном атмосферном давлении или при его росте, не сопровождающийся изменениями облачности, не следует считать признаком ухудшения погоды, он может означать прохождение слабо выраженного гребня высокого давления и предвещать даже кратковременное улучшение погоды — рассеяние облачности, прояснения. Для успешного пользования такими признаками погоды, как изменение направления ветра, нужно хорошо представлять себе циркуляцию воздуха и характер погоды во всех барических системах. Очень облегчает дело сопоставление наблюдаемого ветра с обстановкой на схематической карте погоды, публикуемой ежедневно в некоторых газетах (например, в «Известиях»).

7.18. Можно ли судить о погоде по дыму из печной трубы?

Известны два признака погоды по дыму из печных труб: признак хорошей устойчивой погоды, когда дым поднимается вверх прямо, или, как говорят, «столбом», и признак ненастной погоды с ветром и осадками, когда он, выходя из трубы, рваными клочьями уносится ветром в сторону и даже прижимается к земной поверхности — «стелется» по земле. Дым «столбом» бывает при безветрии, которое типично для центральной части антициклона или для барической седловины, вне влияния атмосферных фронтов, то есть для условий погоды в целом хороших, когда нет плотной облачности, способной давать осадки, велика вероятность прояснений с голубымнебоми с солнышком. Стелющийся по земле, клочьями уносимый от трубы дым возможен при сильном ветре в условиях циклоничес-



34. Дым при ветреной погоде. Фото
В. Быкова

кой погоды, с облаками и осадками. Признаки эти верные, но прогностическое значение их невелико — они отражают уже существующие условия погоды и лишь свидетельствуют об их сохранении на ближайшие часы.

7.19. Можно ли судить о погоде по закату солнца?

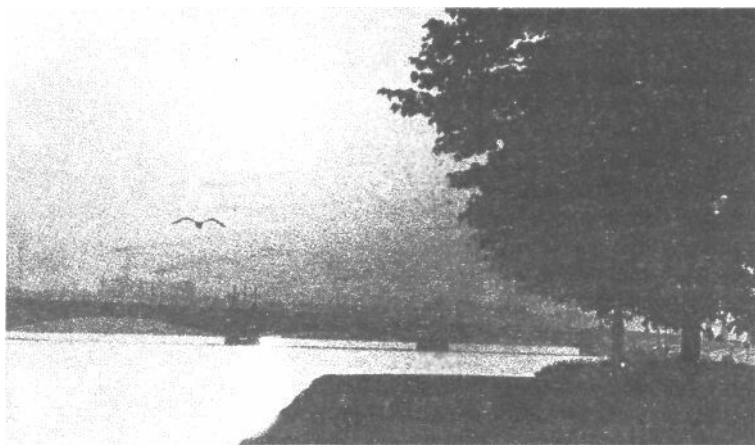
Можно: уже то, что мы видим солнечный закат, свидетельствует о ясной погоде. Кроме того, кое-что о погоде говорят цвет неба, форма и размеры солнечного диска. Светлый золотистый цвет вечерней зари при безоблачном небе — признак спокойного состояния атмосферы, чистого сухого воздуха и сохранения хорошей погоды. Красная заря бывает при большой влажности воздуха и меньшей его устойчивости, следовательно, возрастает вероятность перемен в погоде — появления облаков, усиления ветра, но вовсе не обязательно резкого ее ухудшения. Солнечный диск у горизонта благодаря кажущейся сплюснутости небесной сферы представляется в несколько раз большим, чем когда солнце находится в зените. При влажном теплом воздухе диск становится слегка вытянутым по горизонту, приобретая форму овала, окрашивается в яркий красный цвет; при холодном сухом воздухе он бледнеет, форма его остается круглой, но размеры становятся меньше (все это из-за неодинакового преломления лучей различных частей солнечного спектра, отличающихся разной длиной волны). Если же солнце заходит за облака, появившиеся на горизонте, то очевидна вероятность изменения погоды, связанного как раз с приходом этих самых облаков; отсюда и широкая известность признака ухудшения погоды: «заходящее за тучу солнце приносит дождь»; правда, категоричность этого признака несколько сомнительна.

7.20. Что такое «бабье лето»?

Так в народе издавна называют период мягкой, солнечной, теплой, но не жаркой погоды, которая часто устанавливается осенью, после кратковременных похолоданий. С этими погожими днями как бы возвращается на время лето. Продолжительность периода хорошей погоды в начале осени в разные годы бывает различная, как и время его начала. Обычно это одна-две недели, приходящиеся на середину сентября, но в иные годы это может быть и конец сентября или даже начало октября. В некоторых местностях в Центральной России «бабье лето» ждут к определенной дате — к 14 сентября; в прошлом эти дни отмечались как сельские праздники.



35. Чайки в городе при шторме в море. Фото В. Быкова



36. Чайка над Невой. Фото В. Быкова

С метеорологической точки зрения «бабье лето» — это первый осенний период с устойчивой антициклонической погодой, когда ночное выхолаживание почвы и воздуха еще не слишком сильное, а дневной прогрев хотя и существует, но не достигает предела, который воспринимался бы как жара.

В других странах существуют свои названия этого периода приятной погоды: например, в США он получил название «индейского лета».

7.21. Верна ли примета: если ласточки летают низко — жди дождя?

Снижение высоты полета ласточек вызвано перемещением в приземный слой воздуха насекомых, служащих кормом для ласточек. Существует мнение, что те комары, за которыми постоянно охотятся ласточки, чувствительны к изменениям давления и, стремясь оставаться на уровне неизменного давления при подходе циклонов, то есть когда давление падает, снижаются, а вслед за ними снижаются и ласточки. А циклоны несут с собой ухудшение погоды. Таким образом, примета верна в той мере, в какой понижение давления влечет за собой переход к дождю. Это бывает довольно часто, но все же не всегда.

7.22. Может ли отмокание соли в солонке служить приметой дождя?

Соль в солонке может отмокнуть при высокой влажности воздуха, независимо от того, с чем связано это повышение влажности — с сыростью помещения, в котором стоит солонка с солью, или с сыростью воздуха при тумане, дожде и т. п. Если соль становится влажной в помещении хорошо вентилируемом, куда свободно проникает наружный воздух, то резонно ожидать дождя.



О ТЕХ, КТО СТОИТ НА СТРАЖЕ ПОГОДЫ

Профессия метеоролога относится к числу относительно редких, не массовых и в какой-то мере романтических профессий: метеорологи — неперенные участники самых различных экспедиций, они зимуют на полярных станциях, работают в малонаселенных районах, на высокогорных плато и перевалах, на борту океанических кораблей, на аэродромах, летают на самолетах и аэростатах и т. д., и т. п. Все это так, действительно метеорологи вездесущи, им приходится бывать в таких местах, куда люди других профессий не могут надеяться попасть ни при каких обстоятельствах. Но все же не это является главной отличительной чертой работы метеоролога, которая далеко не всегда так романтична, как это может показаться с первого взгляда, и практически всегда требует пунктуальности, упорства и настойчивости в выполнении будничных, повседневных обязанностей.

Основное требование к работе метеоролога любой квалификации — объективность. Объективность при выполнении наблюдений, значительная часть которых производится визуально и результаты которых документируются только одним метеонаблюдателем и не могут быть ни проверены, ни исправлены, если будет допущена неточность или ошибка. Объективность при обработке результатов наблюдений, точность их записи цифрами международного кода, делающая их доступными всему миру. Объективность анализа всей суммы данных наблюдений, сведение к минимуму субъективности в их оценке — в этом залог успешности всех видов обеспечения потребителей метеорологической информацией, в том числе и успешности составляемых на основе этого анализа прогнозов погоды...

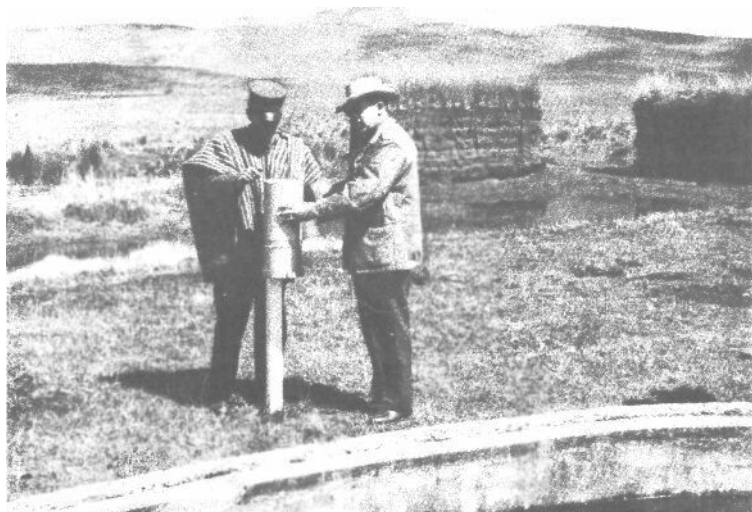
Вторая особенность работы метеоролога — постоянное внимание к объекту наблюдений, изучения и анализа, невозможность отвлечься, хотя бы на время заняться другим делом. Метеоролог за работой — часовой погоды, он на вахте, которую нельзя оставить ни на минуту. Он обязан следить за всеми изменениями погоды, сколь бы незначительными они ни были, фиксировать все эти изменения и учитывать. Метеоролог следит за небом постоянно, даже не находясь на работе. Где бы он ни находился и что бы ни делал, он мысленно оценивает все происходящее в атмосфере на его глазах.

Вместе с тем не существует профессии, в большей степени интернациональной, чем профессия метеоролога. Сама идея выполнения наблюдений за погодой, сбора, обработки и распространения метеорологической информации предусматривает международное сотрудничество, без которого она неосуществима. В самом деле: явления погоды развиваются над земной поверхностью, не считаясь с государственными границами; обмен метеорологической информацией необходим в масштабах всего земного шара, и он возможен только при наличии общедоступного всем метеоспециалистам международного языка, каким являются цифровые метеорологические коды и стандартные символы; результаты наблюдений за погодой и всех метеорологических измерений должны быть сравнимы и сопоставимы между собой, что требует единой для всего мира системы мер, единой методики производства наблюдений, стандартизации приборов, соблюдения точности и сроков измерений метеорологических величин.

Метеорологи — люди со специальным образованием. Среди них есть метеонаблюдатели, операторы метеорологических радиолокаторов, техники, инженеры и научные работники. В метеорологической службе вместе с метеорологами работают люди и других специальностей — радиотехники, связисты, механики, телеметристы, электронщики, программисты и операторы ЭВМ и многие другие. Без их помощи нельзя себе представить работу метеорологов, стоящих сегодня на страже погоды.

8.1. Чем интересна работа метеорологов?

Погода непрерывно меняется, ее изменения подчинены сложным законам, не до конца еще познанным людьми. Какой бы спокойной ни была она, в любой момент от нее можно ждать неожиданностей. Метеорологу, особенно синоптику, никогда не приходится иметь дело с одной и



37. Дождемерный пост в Эквадоре.
Фото ВМО

той же ситуацией, с одной и той же погодой: разнообразие метеорологических условий в природе так велико, что двух одинаковых карт погоды еще никому не приходилось видеть. Анализ любой ситуации, отражаемой картой погоды любого дня, — всегда новая, не встречавшаяся ранее задача. Воистину с погодой не соскупишься!

Заслуживает быть отмеченной и еще одна привлекательная особенность работы метеоролога: у него есть коллеги практически в любой точке земного шара.

Из личного опыта автор может засвидетельствовать удивительную легкость общения между никогда раньше не видевшими друг друга коллегами-метеорологами, где бы они не встречались — в таежной деревушке в Восточной Сибири или на перевалах Гиссарского хребта в Средней Азии, в заповеднике Западного Кавказа или в селениях Алазанской долины, в Грузии, в румынском порту Констанца, в болгарских городах в долине Дуная, в сербских и венгерских селениях, на американских научных станциях в Антарктике, в тропической Австралии в субтропической Новой Зеландии, в бразильских джунглях, аргентинской саванне, в Швейцарских Альпах и на Французской Юре...



38. Метеорологические наблюдения
на севере Норвегии. Фото ВМО

Нельзя сбрасывать со счетов и сознание важности труда метеоролога, результаты которого нужны всем отраслям народного хозяйства. Постоянный интерес всех слоев населения страны к метеорологической информации делает работу метеорологов интересной вдвойне.

8.2. Какие специальности и специализации есть в метеорологии?

Существует три основные специальности, по которым готовят кадры метеорологов: собственно метеорологическая, климатологическая и агрометеорологическая. Внутри метеорологической специальности есть несколько специализаций: синоптика, аэрология, морская метеорология, авиационная метеорология, радиометеорология, метеорологическое приборостроение и предвычисление погоды (решение задач прогнозирования численными методами с помощью ЭВМ).

Синоптики занимаются составлением прогнозов погоды, аэрологи — изучением состояния атмосферы на высотах, морские метеорологи — обеспечением метеорологической информацией морского транспорта, а авиационные метеорологи — воздушного транспорта. Радиометеорологи разрабатывают вопросы использования различных радиотехнических средств для исследования атмосферы.

В последние годы наметилась тенденция к развитию еще одной специализации — спутниковой метеорологии, что диктуется непрерывно возрастающей потребностью использования информации метеорологических спутников для нужд народного хозяйства.

8.3. В чем состоит работа метеонаблюдателя?

На каждой метеорологической станции есть метеорологи-наблюдатели. Они заняты выполнением так называемых срочных наблюдений за состоянием погоды. В строго определенные сроки они измеряют температуру и влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра, определяют вид и количество выпавших осадков, фиксируют наличие различных метеорологических явлений, форму и количество облаков, оценивают (или измеряют инструментально) высоту их нижней границы, а также горизонтальную дальность видимости. Результаты наблюдений записываются в специальный журнал, переводятся на язык международного цифрового кода и в виде телеграммы отправляются в установленные для каждой станции адреса. Кроме этого, наблюдатель обязан непрерывно следить за изменениями погоды между сроками

наблюдений и фиксировать время возникновения, колебания интенсивности и прекращение всех метеорологических явлений, а о некоторых из них, относящихся к числу особых (или опасных) явлений, немедленно сообщать внеочередной телеграммой, помечая ее грифом «шторм».

Наблюдатель также обязан следить за исправностью приборов и оборудованием метеорологической станции.

8.4. Кто такие техники-метеорологи?

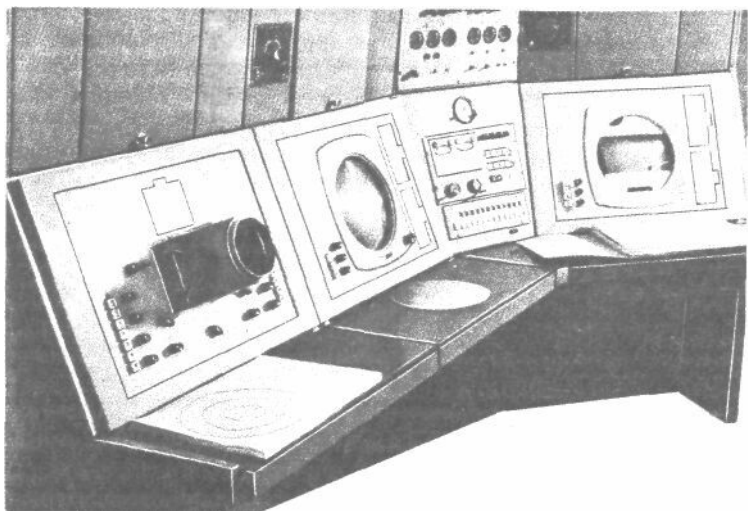
Техник-метеоролог — это специалист широкого профиля со средним техническим образованием. В зависимости от типа метеорологической станции или бюро погоды, где он работает, у него могут быть различные обязанности: выполнение наблюдений, уход за оборудованием и приборами, ведение отчетной документации, составление месячных таблиц, обработка материалов наблюдений, составление карт погоды, контроль за работой наблюдателей, подготовка данных для передачи потребителям метеоинформации и т. п. Техник-метеоролог должен быть компетентен во всех вопросах выполнения приземных метеорологических наблюдений и обработки их результатов, а также подготовки их для последующего анализа старшим специалистом.

8.5. Чем занимаются техники-аэрологи?

Техники-аэрологи имеют дело с приборами для зондирования атмосферы. С их помощью они измеряют температуру, влажность воздуха, атмосферное давление и ветер на высотах. Результаты зондирования кодируются цифровым аэрологическим кодом и передаются в бюро погоды, где их используют при составлении высотных карт погоды, называемых картами барической топографии. Составление таких карт может производиться машинами или вручную. В последнем случае это делается техниками-аэрологами, работающими в бюро погоды.

8.6. В чем заключается работа техников-наносителей?

В прошлом в бюро погоды работало значительное количество техников-наносителей, которые раскодировали телеграммы с результатами метеорологических и аэрологических наблюдений и вручную переносили их содержание на карты погоды. Условными значками на картах обозначались облачность, осадки, метеорологические явления, а цифрами — основные показатели состояния атмосферы (атмосферное давление, температура и влажность воздуха, высота облаков, видимость и т. п.). Сейчас эта работа вы-



39. Рабочее место оператора МРЛ

полняется в крупных бюро погоды машинами, а карты в готовом виде передаются факсимильными средствами связи в периферийные центры, где техники-наносители пока еще составляют некоторые виды вспомогательных карт ограниченных районов, так называемых кольцевых карт погоды.

8. 7. Что делают операторы метеорологических радиолокаторов?

Радиолокационные наблюдения за облаками и осадками осуществляют операторы метеорологических радиолокаторов (МРЛ), и в их задачу входит, помимо технического контроля за работой аппаратуры, расшифровка информации, получаемой на индикаторных устройствах, ее физическая интерпретация. Дело в том, что МРЛ фиксирует не действительную картину расположения облаков и осадков, а лишь их радиоэхо — отраженные электрические сигналы в виде засветок на экране электронно-лучевой трубки. По интенсивности этих сигналов и ряду других объективных признаков (размеры радиоэха, его пространственное положение и др.) оператор должен определить вид облаков и что они несут с собой — грозы, ливневые либо обложные осадки или град. Он же оценивает направ-

ление и скорость смещения обнаруженных объектов, расстояние до них. Эти данные сообщаются синоптикам и другим потребителям радиометеорологической информации и картографируются для последующего анализа. Работа оператора сложная и ответственная, она требует большого напряженного внимания, хорошего знания природы наблюдаемых явлений и навыков быстрого ориентирования в постоянно меняющейся обстановке, вырисовывающейся на экране локатора.

8.8. В чем заключается работа инженера-метеоролога?

Инженер-метеоролог занимается анализом материалов наблюдений. Его работа носит творческий характер: ему надлежит по сумме данных о состоянии отдельных метеорологических величин и явлений погоды дать заключение о состоянии атмосферы в целом, о развивающихся в ней физических процессах, обнаружить закономерности в изменениях погоды и влияние последних на деятельность той или иной отрасли народного хозяйства, в интересах которой он работает. От характера и масштабов этой деятельности зависят и масштаб изучения процессов, размеры территории, для которой дается оценка состояния погоды.

Большое разнообразие материалов и обилие цифровых данных, требующих анализа, делает необходимым использование в работе инженеров-метеорологов электронно-вычислительной техники, приемов и методов математической статистики. Поэтому инженерам-метеорологам необходима хорошая физико-математическая подготовка: 25% учебного времени в гидрометеорологических вузах занимают физико-математические дисциплины.

8.9. В чем особенности работы морского метеоролога?

Морские метеорологи помогают морякам выбирать наиболее рациональные маршруты для плавания в океане, избегать встреч с ураганами и опасными штормами, правильно учитывать влияние ветра и волнения на ход морских судов. Они предупреждают моряков об особо неблагоприятных условиях плавания в различных районах океана в зависимости от складывающейся метеорологической обстановки. Для своевременного обнаружения таких условий у них больше возможностей, чем у капитанов и штурманов морских судов: в их распоряжении и карты погоды, и данные метеорологических спутников с фотографиями поверхности океана и облачного покрова над ней.

Специфической особенностью работы морских метеоро-

рологов является необходимость учитывать и предвидеть состояние не только атмосферы, но и водной поверхности океанов и морей, предсказывать характер изменений не только погоды, но и волнения моря. В условиях ограниченного количества данных судов погоды, береговых и островных метеорологических станций морским метеорологам в их работе очень помогают сведения, получаемые с метеорологических искусственных спутников.

8.10. Что означает слово «синоптик»?

Синоптики — это метеорологи, специализирующиеся на анализе атмосферных физических процессов и предсказании будущего состояния погоды. Важнейшим элементом их работы над решением этой задачи является синоптическая карта, то есть географическая карта, на которой отражено состояние погоды на некоторой сравнительно большой территории, что позволяет обозревать погоду одновременно на большом пространстве. По-гречески «синоптикос» — обозревающий все вместе. Это греческое слово и дало название профессии метеоролога-синоптика, синоптической карте погоды и науке о предсказании погоды — синоптике.

С внедрением в метеорологию методов предвычисления погоды с помощью ЭВМ стало возможным в принципе решать задачу прогноза некоторых метеорологических элементов и без синоптической карты. Но полный прогноз погоды и в наши дни невозможен без синоптической карты. Таким образом, и в современных условиях слово «синоптик» соответствует своему первоначальному значению.

8.11. Кому у нас в стране доверен контроль за состоянием погоды?

В СССР за метеорологическое обеспечение нужд всех отраслей народного хозяйства и транспорта, включая гражданскую авиацию и морской флот, отвечает Государственный комитет по гидрометеорологии и контролю природной среды — Госкомгидромет. Он располагает сетью из 11 тысяч метеорологических станций и постов, десятками местных территориальных управлений, обсерваторий, центров и бюро погоды, а также несколькими научно-исследовательскими институтами.

В распоряжении Госкомгидромета имеется, кроме того, несколько специальных судов погоды и научно-исследовательских судов для изучения состояния атмосферы и океанов в различных районах земного шара, а также метео-

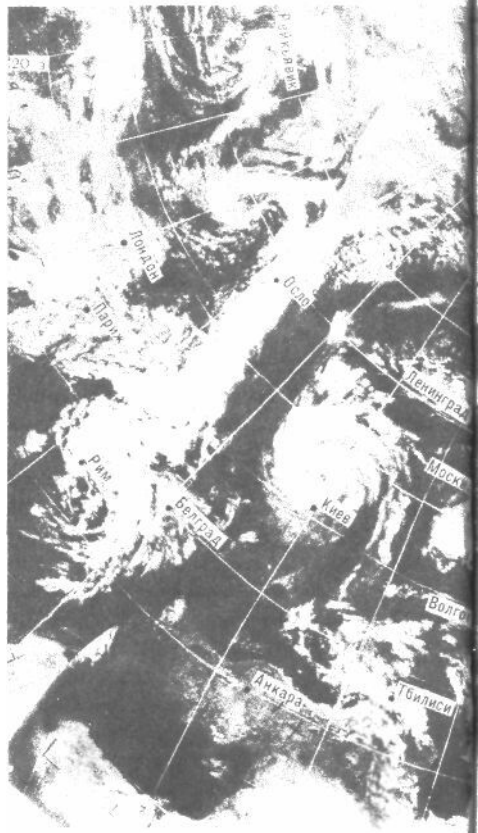
рологические космические станции искусственных спутников Земли (ИСЗ) и другие технические средства исследования воздушного пространства над поверхностью Земли: метеорологические исследовательские и противораковые ракеты, метеорологические радиолокаторы, самолеты — летающие лаборатории и т. п.

Таким образом, следит за состоянием погоды и изучает ее поведение целая армия сведущих, специально подготовленных людей. Но не надо думать, что все метеоспециалисты заняты составлением прогнозов погоды. Над расчетами будущего состояния погоды работает сравнительно немного специалистов, в распоряжении которых — современные электронные вычислительные машины, средства связи и обработки информации. Но работают прогнозисты, опираясь на результаты труда всех остальных метеорологов. Они отвечают за качество прогностической информации общего характера, которой пользуется через средства массовой информации все население страны, и за своевременность предупреждений об опасных явлениях погоды.

Работники транспорта, сельского хозяйства, связи, энергетики, строители и многие другие люди, чья практическая деятельность тесно связана с погодой, пользуются более подробной метеорологической информацией и специальными прогнозами погоды, составляемыми с учетом специфических запросов соответствующих отраслей народного хозяйства.

8. 12. Какие специалисты, кроме метеорологов, заняты в службе погоды?

В службе погоды работают люди самых разных специальностей. Ведь служба погоды — далеко не простое дело. Это и огромная по объему, и разнообразная по содержанию информация, получаемая со всего земного шара; это трудная, интересная и очень ответственная, требующая высокой квалификации работа над анализом информации; это и научный поиск, и использование сложной современной техники, включая спутники, ЭВМ, радиолокаторы, лазерную, акустическую, телевизионную, химическую аппаратуру и другие простейшие и замысловатые устройства — ракеты, артиллерийские снаряды, летающие лаборатории, исследовательские морские суда и т. д., и т. п.... Отсюда и удивительное разнообразие профессий среди людей, связавших свою судьбу с погодой... Среди наблюдателей, инженеров, ученых — всех, кто причастен к погоде, — много не только «чистых» метеорологов (в том числе кли-



40. Снимок облачности с ИСЗ над северной частью Евразии и Атлантического океана

матологов, синоптиков, аэрологов, агрометеорологов), но и физиков, математиков, гидродинамиков, географов, геофизиков, механиков, телеметристов, агрономов, медиков, биологов, электронщиков, оптиков, электриков, связистов-слаботочников, телетайпистов, программистов, химиков, гидрологов, океанологов, радистов, летчиков, моряков и бог знает еще кого...

8. 13. Сколько сотрудников работает в системе Госкомгидромета?

В конце 70-х годов в системе Госкомгидромета работало около 100 000 сотрудников, занимающихся метеорологическим и гидрологическим обеспечением народного хозяйства страны. Около 24 000 из них имеют высшее образование, еще примерно столько же (23000) — среднее специальное образование. В научных гидрометеорологических центрах работает около 200 докторов и более 1000 кандидатов наук.



8.14. Какие виды наблюдений осуществляются на сети станций Госкомгидромета, кроме метеорологических?

Кроме наблюдений за погодой станции, посты и обсерватории Госкомгидромета ведут наблюдения за режимом рек, озер, водохранилищ, состоянием моря у берегов омывающих страну океанов и морей, состоянием полярных льдов и ледников в горах, а также за загрязнением воздуха и воды.

Чистота воздуха в городах и воды в крупных водоемах страны контролируется, помимо сети станций и постов, еще и специальными лабораториями химии вод и атмосферы и гидробиологическими пунктами.

8.15. Как широко используется в метеорологии вычислительная техника?

ЭВМ прочно вошла в практику работы всех органов Госкомгидромета. Создана единая информационно-вычис-

лительная сеть (ИВС), оснащенная современными вычислительными машинами. Около 40% мощности ЭВМ используется для составления метеорологических и гидрологических прогнозов, а также для переработки оперативной информации — результатов всех видов наблюдений, примерно 30% мощности используется для целей научных исследований, еще 20% — для обработки, хранения и использования обширного справочного материала и, наконец, около 10% — для обеспечения работы различных местных систем, обслуживания морских судов, самолетов, контроля загрязнений и т. п.

8.16. Каковы технические возможности системы связи, используемой нашими метеорологами?

Автоматическая система передачи данных (АСПД «Погода»), внедренная в Москве и в ряде абонентских пунктов, связанных с Центром коммутации сообщения (ЦКС), работает на аппаратуре, обеспечивающей передачу информации со скоростью 1200 бод (единиц скорости телеграфирования). Вводимая в ближайшее время новая система связи «Погода-2» обеспечивает в четыре раза большую скорость обмена информацией (4800 бод).

8.17. Где у нас в стране готовят специалистов-метеорологов?

Специальное метеорологическое образование у нас можно получить в гидрометеорологических техникумах, институтах, на физических и географических факультетах некоторых университетов, а также в ряде высших и средних училищ Министерства морского флота и Министерства обороны.

В гидрометеорологических техникумах готовят специалистов средней квалификации для работы на сети метеостанций в качестве техников-метеонаблюдателей, техников-аэрологов, техников по метеорологическим приборам и оборудованию и т. д. Гидрометеорологические техникумы есть в Иркутске, Владивостоке, Ростове-на-Дону, Ташкенте, Туапсе, Херсоне, Алексине и в Кучино (под Москвой).

В высших учебных заведениях гидрометеорологического профиля готовят метеоспециалистов высшей квалификации — инженеров-метеорологов, климатологов, синоптиков, агрометеорологов — для работы в бюро погоды, на аэродромных авиаметеорологических станциях и центрах, в гидрометеообсерваториях и различных других учреждениях Госкомгидромета, министерств морского флота, гражданской авиации, сельского хозяйства, путей сообще-



41. Одесский гидрометеорологический институт

ния, обороны и других, нуждающихся в гидрометеообеспечении. Высшее специальное гидрометеорологическое образование можно получить в 16 вузах страны, в том числе — в Ленинградском и Одесском гидрометеорологических институтах (фото 41), в Московском, Ленинградском, Ташкентском, Казанском, Воронежском, Саратовском, Черновицком, Дальневосточном, Иркутском, Казахском, Пермском, Томском государственных университетах, в Высшем мореходном и Арктическом училищах в Ленинграде.

Кроме того, во многих городах страны при местных управлениях Госкомгидромета существуют курсы с различными сроками обучения для подготовки метеонаблюдателей, носителей и других специалистов для работы на сети метеостанций и постов.

8.18. Когда у нас в стране был организован первый гидрометеорологический вуз?

Первое высшее учебное заведение гидрометеорологического профиля в СССР было создано в 1930 году на базе географического отделения физического факультета и гидрологического отделения геологического факультета Московского университета. Оно получило название Московский гидрометеорологический институт. Это был первый

не только в стране, но и во всем мире вуз по подготовке инженеров-метеорологов, гидрологов и океанологов. В 1944 году этот институт был переведен в Ленинград, где он находится и сейчас. Ленинградский институт имеет три факультета: метеорологический, гидрологический и океанологический. Он является опорным вузом страны в области гидрометеорологического образования.

8.19. Где в Советском Союзе ведутся научные исследования в области метеорологии и где готовятся кадры ученых-метеорологов?

Научно-исследовательская работа в области атмосферных наук ведется в учреждениях АН СССР, научно-исследовательских институтах и центрах Госкомгидромета, а также в вузах, где готовят специалистов гидрометеорологического профиля. Научных работников готовят в тех же организациях, где выполняются научные исследования; в большинстве из них есть аспирантура, а в некоторых — и докторантура.

8.20. Какие ученые степени присваиваются научным работникам — метеорологам?

За научные исследования в области метеорологии, климатологии и физики атмосферы в СССР присваиваются ученые степени кандидата и доктора географических, технических и физико-математических наук в зависимости от характера исследования и методов его выполнения. В системе АН СССР и в некоторых ведущих научно-исследовательских центрах Госкомгидромета есть ученые, работающие в области атмосферных наук — члены-корреспонденты и действительные члены АН СССР и союзных республик, в том числе академики А. А. Григорьев, К. Я. Кондратьев, Г. И. Марчук, А. М. Обухов; члены-корреспонденты М. И. Будыко, Ю. А. Израэль, А. С. Монин.

Ряд видных ученых, работающих в области смежных наук — океанологии, геофизики, гидрологии, — также уделяют большое внимание в своих исследованиях метеорологическим проблемам (академики Л. М. Бреховских, А. Ф. Трешников, член-корреспондент В. Г. Корт и многие, многие другие).

8.21. В каких институтах АН СССР ведутся научные исследования в области метеорологии?

Научно-исследовательская работа в области атмосферных наук ведется в Сибирском отделении АН СССР, в академических институтах географии, физики атмосферы в

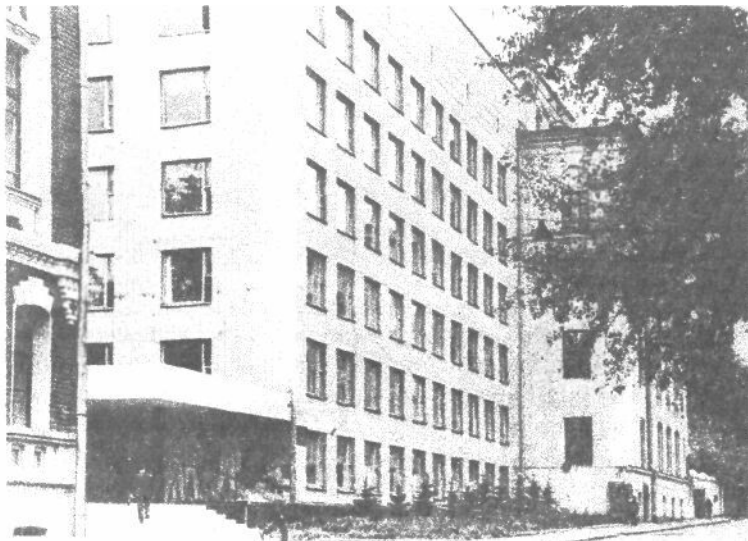
Москве, в научно-исследовательском Институте океанологии АН СССР в Москве и его филиале в Ленинграде.

8.22. В каких учреждениях Госкомгидромета ведутся метеорологические исследования?

Научно-исследовательские учреждения Госкомгидромета есть не только в Москве и Ленинграде, но и во многих столицах союзных республик и в ряде городов на Дальнем Востоке, на Кольском полуострове, на Северном Кавказе и в других районах страны. Это специальные научно-исследовательские гидрометеорологические институты, центры и обсерватории. Общее их количество составляет несколько десятков.

8.23. Какие гидрометеорологические научные учреждения есть в Москве?

В столице Советского Союза научные исследования в области атмосферных наук ведутся в институтах АН СССР — физики атмосферы, географии, океанологии, в учреждениях Госкомгидромета СССР — Научно-исследовательском гидрометеорологическом центре СССР (фото 42), Государственном научно-исследовательском центре по изучению природных ресурсов, во Всесоюзном НИИ гидрометеорологической информации — Мировом центре дан-



42. Гидрометцентр СССР



43. Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова в Ленинграде

ных, НИИ гидрометеорологического приборостроения, НИИ экспериментальной метеорологии, Центральной аэрологической обсерватории, Институте прикладной геофизики, Всесоюзном НИИ сельскохозяйственной метеорологии, Московском главном авиаметцентре СССР (в аэропорту Внуково), на географическом и физическом факультетах Московского государственного университета, во Всесоюзной сельскохозяйственной академии и в некоторых других организациях различных ведомств.

8.24. Какие гидрометеорологические научные учреждения есть в Ленинграде?

В Ленинграде находится старейшее научное учреждение страны — Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова (основана в 1849 году) (фото 43), в которой зарождалась отечественная метеорологическая наука, а также Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Государственный гидрологический институт, филиал Института океанологии АН СССР, где ведутся разнообразные исследования по проблемам климата, физики атмосферы и общей метеорологии. Кроме того, значительные исследования осуществляются и в ленинградских вузах: в Гидрометеорологическом институте, на географическом и физическом факультетах Государственного университета, в Академии гражданской авиации, в Высшем мореходном и Арктическом училищах.

8.25. Какие научно-исследовательские учреждения Госкомгидромета есть в союзных республиках?

Широко известны своими исследованиями в области гидрометеорологии региональные научно-исследовательские институты — Украинский в Киеве, Среднеазиатский в Ташкенте, Закавказский в Тбилиси, Казахский в Алма-Ате. Это самые крупные научные гидрометеорологические центры. Кроме того, существует во всех республиках обширная сеть гидрометеорологических обсерваторий, также выполняющих научные исследования, хотя и в меньших масштабах.



ВСЕМИРНАЯ СЛУЖБА ПОГОДЫ

Необходимость международного сотрудничества в области метеорологии стала очевидной для ученых еще в середине прошлого столетия, когда была составлена первая карта погоды. Атмосферные процессы над поверхностью Земли развиваются вне какой бы то ни было связи с государственными границами, и по самой своей сути служба погоды может функционировать и быть эффективной только как служба международная, организованная в масштабах земного шара.

Неудивительно поэтому, что тесное международное сотрудничество между учеными-метеорологами зародилось и было организационно оформлено раньше, чем между учеными других специальностей.

В начале 70-х годов прошлого столетия (1872—1873) была учреждена Международная метеорологическая организация (ММО), которая после второй мировой войны, в 1951 году, была реорганизована и, став одним из специализированных агентств Организации Объединенных Наций (ООН), получила новое наименование — Всемирная метеорологическая организация (ВМО).

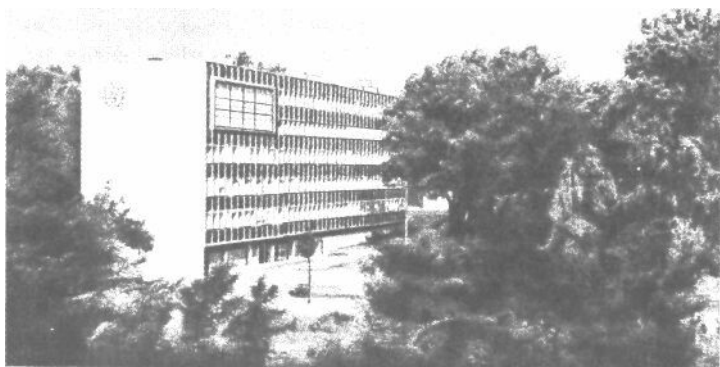
Основное назначение ВМО — содействовать международному сотрудничеству в развитии сети метеорологических и гидрологических станций, производству метеорологических наблюдений, осуществлению быстрого обмена метеорологической информацией, стандартизации метеорологических приборов, методов обработки и анализа результатов наблюдений, форм метеорологического обеспечения всех отраслей народного хозяйства, а также поощрению научных исследований и образования в области метеорологии...

При всем различии государственного строя, структуры

административного аппарата и системы подчинения национальных метеорологических служб в различных странах мира, метеорологи на всей нашей планете работают, руководствуясь едиными рекомендациями, или так называемыми техническими регламентами ВМО, и в профессиональном отношении их труд на метеорологических станциях, скажем, Огненной Земли идентичен их труду на острове Пасхи или на советских дрейфующих станциях в Арктике.

9.1. Что представляет собой Всемирная метеорологическая организация?

Всемирная метеорологическая организация — ВМО — является межправительственной международной организацией, членами которой состоят, по данным на 1 августа 1985 года, 154 государства и 5 территорий; в ВМО, таким образом, 159 официальных Членов — больше, чем в ООН. Высшим конституционным органом ВМО является Всемирный метеорологический конгресс, определяющий общую политику и программу работы Организации на ближайшие годы. Он созывается раз в четыре года. На сессии Конгресса съезжаются представители всех стран и территорий — равноправных Членов Организации. Конгресс избирает Исполнительный Совет, состоящий из 36 руководи-



44. Здание Секретариата ВМО в Женеве

телей национальных метеорологических служб. Исполнительный Совет ВМО руководит выполнением программы, определенной Конгрессом, он избирает президента и трех вице-президентов Организации.

ВМО имеет шесть региональных ассоциаций, состоящих из членов ВМО соответствующих географических районов: Африки (Региональная ассоциация I), Азии (II), Южной Америки (III), Северной и Центральной Америки (IV), Юго-запада Тихого океана (V) и Европы (VI). Региональные ассоциации координируют деятельность Членов ВМО в пределах своих географических районов.

Основная практическая работа по программе ВМО выполняется техническими комиссиями, состоящими из экспертов, назначаемых Членами Организации. Всего в ВМО восемь технических комиссий: авиационной метеорологии, атмосферных наук, гидрологии, климатологии, морской метеорологии, основных систем, приборов и методов наблюдений, сельскохозяйственной метеорологии. Каждая техническая комиссия возглавляется президентом, избираемым Исполнительным Советом.

Для технической работы и помощи в выполнении функций Исполнительного Совета, региональных ассоциаций и технических комиссий существует Секретариат ВМО, штаб-квартира которого находится в Швейцарии, в Женеве. Генеральный секретарь ВМО и его заместители избираются Конгрессом Организации. Все органы ВМО, за исключением Секретариата, существуют на общественных началах, деятельность всех лиц, привлекаемых к их работе, протекает по совместительству с работой в национальных метеорологических службах.

Бюджет ВМО состоит из взносов Членов Организации, пропорциональных размерам национального дохода каждой страны. Расходование средств происходит в соответствии с решениями Конгресса и Исполнительного Совета ВМО.

9.2. Что такое Всемирная служба погоды?

Метеорологические службы разных стран мира, оставаясь национальными по структуре, организации, задачам, решаемым в пределах своей страны, вместе с тем функционируют по международным стандартам и в соответствии с рекомендациями ВМО, участвуют в реализации отдельных международных программ, совместно разрабатываемых всеми странами.

Одна из таких программ, самая крупная и самая значи-

тельная в рамках ММО — ВМО за всю историю международного метеорологического сотрудничества, получила название проекта Всемирной службы погоды (ВСП). Этот проект был разработан в 60-х годах нашего столетия и успешно претворяется в жизнь уже на протяжении более 20 лет.

Таким образом, говоря о Всемирной службе погоды, следует иметь в виду не только деятельность ВМО, но и программу ВСП, предусматривающую техническое переоснащение всех национальных метеорологических служб на базе использования достижений науки и техники последних десятилетий в интересах улучшения метеорологического обеспечения народного хозяйства всех стран в международном масштабе.

9.3. Кем разрабатывалась программа Всемирной службы погоды?

Программа проекта Всемирной службы погоды разрабатывалась учеными-экспертами ряда стран, специально приглашенными Секретариатом Всемирной метеорологической организации для выполнения этой работы. Активное участие в разработке программы принимали ученые СССР, США, Великобритании, Франции и других государств, имеющих хорошо организованные и технически оснащенные национальные метеорологические службы.

Инициаторами разработки проекта ВСП были советский ученый академик В. А. Бугаев и американский ученый доктор Г. Векслер, выступившие совместно с этим предложением в 1963 году на IV Конгрессе ВМО, который одобрил эту идею, после чего в Секретариате Организации был создан специальный отдел, координирующий всю работу по подготовке проекта. Основные положения проекта ВСП были рассмотрены и одобрены V Всемирным конгрессом, состоявшимся в 1967 году в Женеве.

Основу ВСП составляют три глобальные системы: наблюдений (ГСН), обработки данных (ГСОД) и телесвязи (ГСТ). Предусмотрено создание трех мировых метеорологических центров (ММЦ), связанных между собой и с десятками региональных метеорологических центров (РМЦ) быстродействующими линиями связи. Вся сеть метеорологических станций на земном шаре включается в единую систему сбора и обработки метеорологической информации, организуется получение данных с акваторий океанов, из полярных и малонаселенных районов Земли, с метеорологических искусственных спутников. Для сбора и обработки метеорологической информации используются

новейшие технические средства. Проект предусматривает также выполнение исследовательской программы, организацию подготовки кадров метеоспециалистов в развивающихся странах, оказание помощи последним в техническом перевооружении национальных метеорологических служб. Практическая работа по проекту ВСП начата в 1968 году и продолжается успешно и в настоящее время.

9.4. Какие метеорологические центры предусматривается создать по проекту ВСП?

Согласно проекту ВСП, предусматривается функционирование трех категорий метеорологических центров: национальных, региональных и мировых.

Национальные центры осуществляют сбор и распространение метеорологической информации с территории одной страны и пользуются всей необходимой им информацией с территориями других стран.

Региональные центры освещают метеорологическими данными большие территории, охватывая при необходимости системой сбора и обработки метеоинформации несколько стран. В Советском Союзе организовано, помимо Московского, еще три региональных метеорологических центра — в Новосибирске, Хабаровске и Ташкенте.

Мировые центры — в Москве, Вашингтоне и Мельбурне — собирают данные со всего мира, включая информацию о погоде с искусственных спутников Земли.

9.5. Что представляют собой центры зональных прогнозов?

Центры зональных прогнозов (ЦЗП), согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации и Международной организации гражданской авиации (ИКАО), создаются для обеспечения прогнозами погоды полетов самолетов гражданской авиации. Зоной ответственности, то есть территорией, для которой составляются прогнозы погоды ЦЗП, может быть территория одного или нескольких государств. ЦЗП составляют и распространяют авиационные прогнозы по зоне и маршрутам полетов, как в картографированной форме (прогностические карты, передаваемые потребителям средствами так называемой факсимильной связи), так и в форме пространственных вертикальных разрезов ожидаемого состояния погоды, а также в цифровой закодированной форме (табличные данные прогноза ветра и температуры на высотах полетов).

ЦЗП — это крупные, оснащенные современными средствами связи и ЭВМ специализированные бюро погоды,

способные принимать и обрабатывать большой объем метеорологической информации, необходимой для обеспечения безопасности полетов воздушных судов. Они функционируют в тесном взаимодействии с другими зональными ЦЗП и всей сетью аэродромных метеорологических станций и находятся в ведении национальных метеорологических служб тех стран, на территории которых они дислоцированы.

9.6. Что представляет собой глобальная система наблюдений ВСП?

К началу 80-х годов глобальная система наблюдений состояла более чем из 10 000 наземных метеорологических станций и 800 аэрологических пунктов радиозондирования атмосферы. Результаты их наблюдений используются для обмена метеорологической информацией в масштабах земного шара. Помимо этой международной сети станций, в глобальную систему наблюдений входят суда погоды (четыре в Атлантическом океане и одно в Тихом), а также торговые суда (более 2000), на борту которых ведутся метеонаблюдения, и самолеты гражданской авиации (более 1500), сообщаемые информацию при выполнении рейсов.

В океанах южного полушария между 20 и 65° широты регулярно сообщают погоду около 300 буйковых станций, кроме того, около 50 буюв функционирует в тропических водах и в Северной Атлантике.

Предусмотрен выпуск дрейфующих буюв в период проведения отдельных международных экспериментов. Намечается также использование уравновешенных шаров-зондов и сбрасываемых с самолетов радиозондов. Все это входит в комплекс наблюдений по научной программе ВСП.

Не менее четырех полярноорбитальных искусственных спутников Земли и пяти спутников на геостационарных орбитах ведут постоянные наблюдения за погодой, результаты которых также включаются в систему международного обмена метеоинформацией. По данным Секретариата ВМО за 1979 год, данные наземных наблюдений поступали регулярно с 80% станций, а аэрологических наблюдений — с 85% станций международной сети. К сегодняшнему дню поток данных стал еще более полным и охватывает почти 90% станций.

9.7. Как функционирует глобальная система обработки данных ВСП?

Глобальная система обработки данных к 1984 году состояла из трех действующих Мировых метеорологических центров (ММЦ), находящихся в Москве, Вашингтоне и

Мельбурне, 31 Регионального метеорологического центра (РМЦ) и более 120 Национальных метеорологических центров (НМЦ). Все эти центры оснащены современными ЭВМ, с помощью которых осуществляется контроль, обработка и анализ всей метеорологической информации два раза в сутки для стандартных уровней атмосферы от земной поверхности до высоты 30 км. Четыре раза в сутки составляются прогностические карты — приземные, опасных явлений погоды и высотные — для разных уровней вплоть до высоты 21 км, а также карты тропопаузы и максимальной скорости ветра. Вся система обработки метеоинформации рассчитана на использование оптимально полной информации, обрабатываемой с максимально возможной быстротой и доступной всем ее потребителям.

9.8. Что представляет собой глобальная система телесвязи?

Проект ВСП предусматривает создание системы быстросодействующих линий связи, соединяющих между собой Мировые метеорологические центры, а также Региональные метеорологические центры и Региональные узлы телесвязи. Эта система получила название глобальной системы телесвязи. К ее линиям подключаются и национальные метеорологические центры, и, таким образом, обеспечивается обмен метеорологической информацией на всей поверхности земного шара.

Передача данных наблюдений за погодой и прогнозов погоды глобальной системой телесвязи производится как в цифровой (кодированной) форме, так и в виде факсимильных карт погоды. Линии связи действуют как проводные, так и радио, в том числе работающие с использованием высокоорбитальных спутников связи.

9.9. В каком направлении идет реконструкция национальных служб погоды по проекту ВСП?

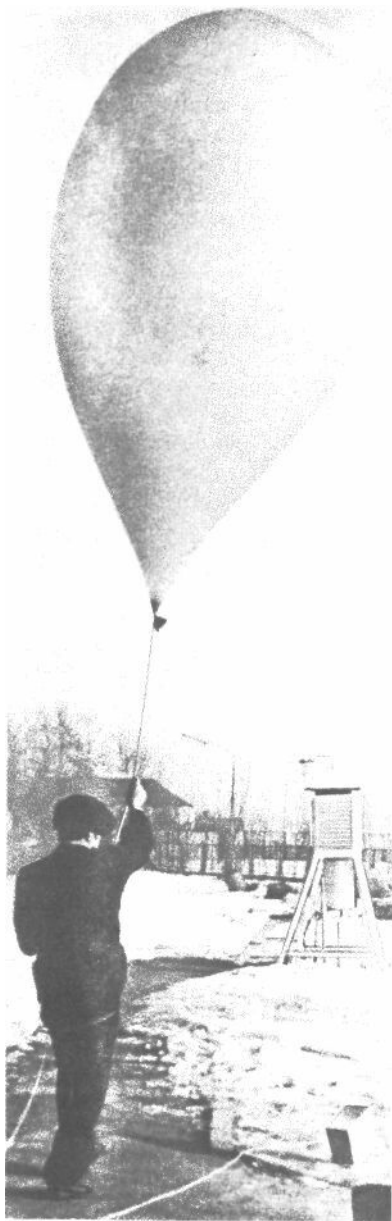
Техническая реконструкция метеорологической службы всех стран затрагивает как систему производства наблюдений, так и систему их сбора, обработки и анализа. Предусматривается усовершенствование средств наблюдений за погодой, более широкое внедрение метеорологических радиолокаторов, автоматических метеорологических станций в труднодоступных районах и в океанах, увеличение количества станций радиозондирования атмосферы и повсеместное использование информации метеорологических спутников. Расширение сети метеостанций должно обеспечить равномерное освещение данными о погоде всей

земной поверхности, включая поверхность Мирового океана (здесь метеоинформацию будут собирать буйковые автоматические метеорологические станции, а также суда погоды). Кроме того, имеется в виду широко использовать данные метеорологических наблюдений на борту торговых морских судов и самолетов гражданской авиации.

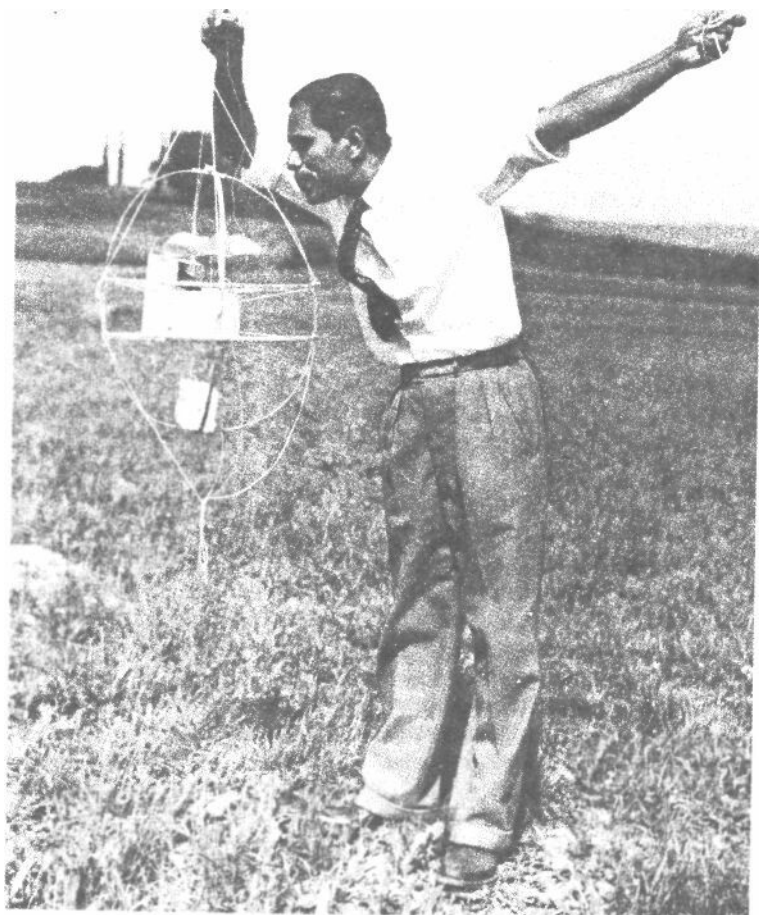
Анализ и обработка метеорологической информации также в значительной мере автоматизируются благодаря внедрению ЭВМ.

9. 10. Какая роль в проекте ВСП отводится радиозондированию атмосферы?

Радиозонд — одно из выдающихся изобретений нашего века, совершившее революцию в метеорологии и на протяжении уже 50 лет являющееся основным средством изучения состояния атмосферы в ее нижнем 25—30-километровом слое. Первый радиозонд сконструирован советским ученым профессором П. А. Молчановым. Впервые этот прибор был выпущен 30 января 1930 года в Павловске, под Ленинградом. Современный радиозонд представляет собой очень компактную радиометеорологическую станцию, выпускаемую в свободный полет с помощью шара, наполненного водородом или гелием; оболочка шара — из тонкой эластичной резины или неопрена. Состо-



45. Выпуск радиозонда.



46. Перед выпуском радиозонда на метеостанции в Индии. Фото ВМО

ит радиозонд из портативных высокочувствительных измерителей атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, оригинального устройства для кодирования результатов измерений, превращающихся в радиосигналы, и миниатюрного радиопередатчика этих сигналов. Весит все сложное оборудование современного радиозонда всего около 300 г.

Сейчас у нас в стране радиозондирование атмосферы производится ежедневно два-три раза в день на сети аэрологических станций, насчитывающей около 200 точек; мировая сеть таких станций превышает 600 точек и по проекту ВСП должна быть увеличена еще почти в два раза.

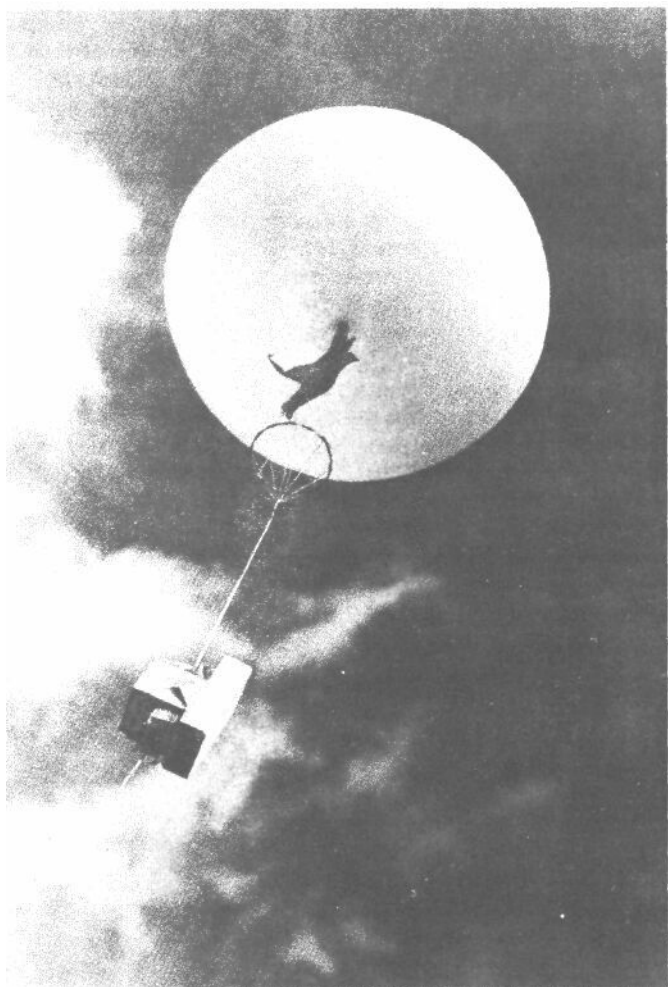
Данные радиозондирования атмосферы служат основой для составления высотных карт погоды различных уровней, от 1,5 до 20 км и выше (так называемых карт барической топографии), они же используются для предвычисления будущего состояния атмосферы — построения прогностических карт погоды для тропосферы и нижней стратосферы. Такие карты составляются в мировых, региональных и крупных национальных метеорологических центрах.

9.11.С какой точностью можно измерить давление и температуру радиозондом?

Обычные сетевые радиозонды позволяют измерять давление с погрешностью, не превышающей 100 Па, а температуру 1°С. Лучшие образцы радиозондов обеспечивают точность измерений в два раза большую. Трудность составляет не само измерение метеорологических элементов — датчики радиозонда могут обеспечить практически такую же точность, как и при измерениях у земли (то есть 0,1 гПа и 0,1°С), — а передача результатов измерений с помощью радиосигналов и их устойчивый прием на земле, а также (что самое главное) обеспечение надлежащей точности введения различных поправок в показания прибора, и прежде всего так называемой радиационной поправки.

9.12.Какими способами определяется ветер на высотах?

Самый старый способ определения ветра на высотах — наблюдение за движением облаков. Еще в первой половине нашего столетия на метеорологических станциях можно было видеть простейший прибор — нефоскоп, позволяв-



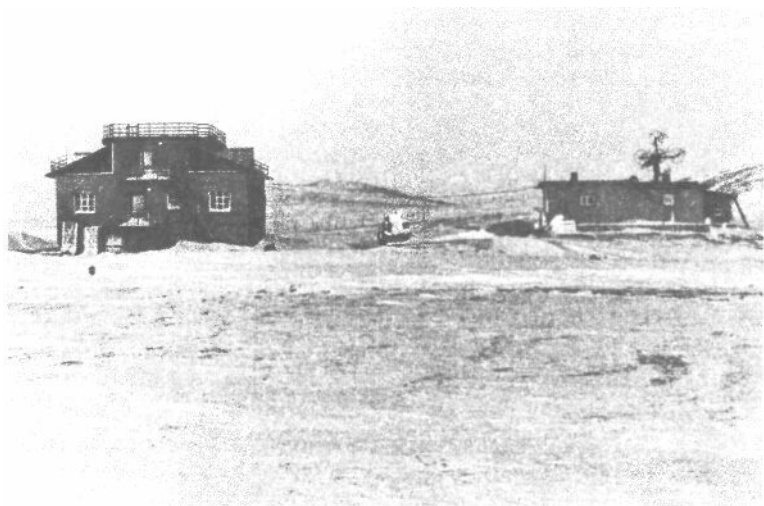
47. Радиозонд в полете. Фото ВМО

ший, помимо направления движения облаков, приближенно оценивать и скорость их перемещения (для этого нужно было одновременно определять также и высоту облаков).

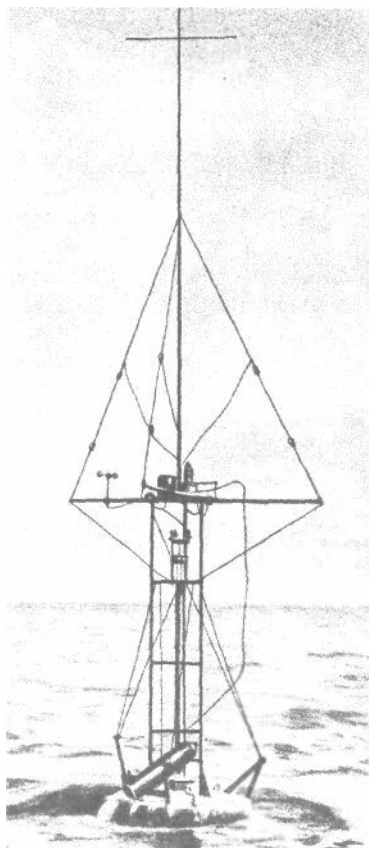
При безоблачной погоде (а при облаках — только в подоблачном слое) ветер на высотах можно определять шаропилотным методом — наблюдая в теодолит за подъемом наполненного легким газом резинового или неопренового

баллона. Скорость подъема шара-пилота принимается за постоянную, а его местоположение фиксируется через определенные промежутки времени величинами горизонтального и вертикального углов, под какими виден шар в теодолит. Этот метод, отличающийся простотой и дешевизной, не вышел из употребления и в наши дни, хотя в основном сейчас ветер на высотах определяется с применением более совершенной аппаратуры непосредственно при выпуске радиозонда.

Практически ветровое зондирование атмосферы осуществляется параллельно с зондированием температуры, влажности и давления при полете одного и того же прибора. Но измерение скорости ветра и определение его направления на разных высотах производится не самим летящим радиозондом, а радиолокатором, находящимся на земле и следящим за движением радиозонда. Фиксирование положения радиозонда через определенные промежутки времени и вычисление скорости ветра, увлекающего за собой прибор, производится автоматически: при радиолокаторе на станции приема сигналов радиозонда есть счетно-решающее устройство.



48. Станция температурного и ветрового зондирования в Арктике. Фото А. Беляева



49. Буйковая автоматическая радиометеорологическая станция

Для ветрового зондирования атмосферы можно использовать и метеорологические искусственные спутники земли — МИСЗ. Во Франции разрабатывается аппаратура для сбора и передачи данных дрейфующих шаров-зондов и определения скорости и направления ветра. Такую аппаратуру предполагается устанавливать на метеорологических спутниках, летающих на невысоких орбитах — до тысячи километров над земной поверхностью.

9. 13. Что представляет собой буйковая автоматическая метеорологическая станция?

Буйковые автоматические метеостанции (фото 49) предназначены для установки в океане, где нет других средств получения метеорологической информации. Они представляют собой плавучие платформы, на которых

установлено оборудование для инструментальных измерений атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, ветра, количества выпадающих осадков, наличия облаков или ясного неба. Как и в радиозонде, результаты измерений кодируются, превращаясь в систему радиосигналов, в определенное время передаваемых в эфир для прослушивания центром по сбору метеоинформации. Станция может производить и внеочередные наблюдения по команде, даваемой ей по радио. Работа станции обеспечивается блоком долговременного электропитания. Ее положение в океане стабилизируется системой якорей специальной конструкции. Буйковые станции аналогичны по устройству другим видам метеорологических автоматических станций, устанавливаемых в труднодоступных и малонаселенных местностях (в горах, пустынях, во льдах полярных областей).

Проект ВСП предусматривает широкое развитие сети таких станций в открытом океане.

9. 14. Зачем нужны суда погоды для ВСП, если в море много торговых судов да еще будут устанавливаться буйковые метеостанции?

Торговые суда плавают по определенным маршрутам, связывающим между собой морские порты различных континентов. Если посмотреть на карту мировых морских путей, то в каждом океане можно увидеть значительные акватории, практически не посещаемые судами торгового флота или посещаемые очень редко и крайне нерегулярно. Между тем информация о погоде надо иметь постоянно и наблюдения должны вестись повсеместно, в том числе и в океане, в строго определенные часы, называемые сроками наблюдений.

Автоматические буйковые метеорологические станции дают неполные сведения о погоде — на них нет людей, производящих визуальные наблюдения за очень важными метеорологическими явлениями и величинами, не фиксируемыми приборами буйковых станций (например, такими, как формы облаков, горизонтальная видимость, виды осадков и т. п.). Наконец, буйковые станции дают информацию о погоде только у водной поверхности и ничего не сообщают о состоянии атмосферы на высотах в тропосфере и нижней стратосфере.

Суда погоды и предназначены восполнить пробел в информации, получаемой с помощью остальных средств наблюдений на море; на них есть все необходимое оборудование, включая радиозонды и радиолокаторы. Конечно, это



50. Судно погоды

дорогостоящее средство получения метеорологической информации. Поэтому проект ВСП предусматривает ограниченное количество судов погоды — около 25 на весь Мировой океан. Получаемая от них информация вместе с информацией ИСЗ обеспечит освещение акваторий океанов данными с требуемой полнотой.

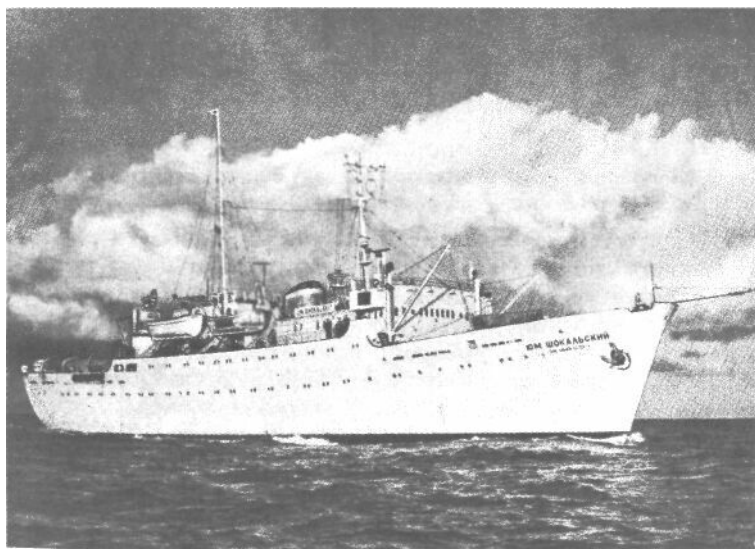
9.15. Как долго суда погоды могут непрерывно находиться в море?

В каждой точке Мирового океана, выбранной для наблюдений с помощью судов погоды (фото 50), поочередно работает несколько судов, принадлежащих зачастую разным странам и дежурящих в отведенном для них месте в соответствии с расписанием. Обычная продолжительность каждого дежурства — шесть недель, но могут по договоренности определяться и другие сроки, однако не более двух месяцев.

9.16. В чем отличие проекта ВСП от международных программ прошлого?

Для научных программ прошлого, таких, как Международные полярные годы (1882/83 и 1932/33), Международный геофизический год (1957/58), Международный год спокойного Солнца (1964/65), наиболее характерной чер-

той было скоординированное в масштабах земного шара получение возможно большего количества данных наблюдений за состоянием атмосферы, океана и земной коры. Особое внимание при этом уделялось наблюдениям в районах «белых пятен» Земли, откуда не было регулярного поступления метеорологической и иной информации, что мешало ученым создать полную картину всего происходящего на нашей планете. Однако хотя эти программы и охватывали все сезоны, они тем не менее носили временный характер. ВСП — программа долговременная, создаваемая в соответствии с нею новая сеть наблюдений должна функционировать постоянно, а главное, эта сеть должна быть качественно иной по сравнению с действовавшей ранее. Модернизируется вся служба погоды в масштабах земного шара на базе новейших технических средств наблюдений, сбора и обработки информации о погоде. ВСП отражает научно-техническую революцию в метеорологии, совершившуюся в нашем веке и, в частности, усилившую международное сотрудничество метеорологов, дав ему новую техническую основу.



51. Научно-исследовательское судно «Ю. М. Шокальский», участвовавшее в выполнении программы ПИГАП

9.17. Что представляет собой Международный геофизический год и другие подобные ему мероприятия?

Международный геофизический год (МГГ)— это комплекс исследований, выполняемых научными организациями различных стран по согласованной международной программе. Целью его является изучение природных явлений и процессов, происходящих в земной коре, в Мировом океане, в земной атмосфере, околоземном пространстве и вселенной. Впервые он был проведен в 1957/58 году и длился 18 месяцев. Для осуществления программы МГГ учеными разных стран было организовано несколько совместных научных экспедиций и создано несколько временно функционировавших международных научных центров, в том числе на необитаемых островах в океане и на Антарктическом континенте, а также в Арктике. В выполнении программы МГГ участвовали десятки тысяч ученых более чем ста стран мира.

Аналогичные, хотя и меньшие по масштабам, международные программы выполнялись и раньше: в 1882/83 и 1932/33 годах — Международные полярные годы, в 1964/65 году — Международный год спокойного Солнца, в 1979/80 — Международный год солнечного максимума. В 70-х и 80-х годах реализуется многолетняя Программа исследований глобальных атмосферных процессов — ПИГАП, расчлененная на несколько региональных экспериментов — в тропиках, в полярных областях, в районах муссонной циркуляции.

9.18. В чем особенность международной программы ПИГАП?

Цель этой программы исследований — сбор материалов в тех географических районах, где энергия Солнца поступает на земную поверхность в избытке, а также в тех районах, где поступление солнечной энергии за год или в отдельные сезоны, наоборот, относительно мало. Таким образом, главное внимание уделяется районам Земли, являющимся «нагревателями» вод океанов и воздуха атмосферы и «холодильниками» Земли, а также процессам теплообмена между этими районами. Материалы этих наблюдений должны послужить основой для создания математической модели атмосферной циркуляции, расчета слагаемых теплообмена в масштабах всей планеты и разработки методов предвычисления погоды долгосрочного характера. Данные, собранные за годы осуществления ПИГАП, позволят проверить и уточнить разработанные учеными различные схемы взаимодействия океана и атмо-

сферы, формирования облачности и осадков, прихода и расхода тепла, необходимые для создания численных методов долгосрочных прогнозов погоды.

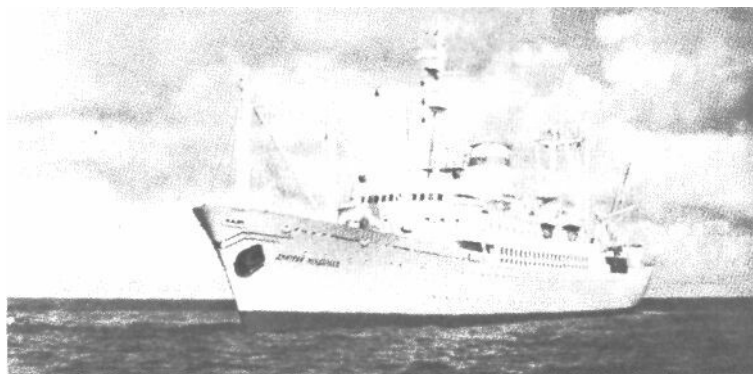
9.19. Какая роль в осуществлении программы ПИГАП отводится искусственным спутникам Земли?

Планы ПИГАП предусматривают дистанционное зондирование атмосферы с использованием так называемых геостационарных спутников. Такие спутники вращаются с той же угловой скоростью, что и Земля, и, таким образом, всегда находятся над одним и тем же местом земной поверхности (см. также 10.8 и 10.9). С их помощью должно быть обеспечено надежное метеорологическое освещение широкого пояса между 55-ми параллелями обоих полушарий Земли. Предполагается запустить на экваториальные орбиты пять таких спутников, из них один советский, один японский, один западноевропейский и два американских.

Первый геостационарный метеорологический спутник запущен 17 мая 1974 года. Высота орбиты его 35 800 км, угол наклона — около 2°. Находится спутник над точкой 45°17' з. д.

9.20. Чем объясняется усиленное внимание к тропикам в ПИГАП?

Проведение серий исследований в тропиках предусмотрено программой так называемого Тропического эксперимента (ТРОПЭКС), входящей составной частью в ПИГАП. Оно связано с необходимостью уточнения роли тропической зоны в формировании атмосферных процессов в масштабах всей земной поверхности. Тропическая зона получает от Солнца огромное количество тепла, лишь небольшая часть которого излучается в мировое пространство. Таким образом, в тропиках накапливаются огромные количества энергии, переносимой затем воздушными и океанскими течениями в средние и высокие широты. Изучение механизма переноса энергии и ее преобразования должно помочь выяснению закономерностей формирования крупномасштабных особенностей погоды. В результате осуществления программ ТРОПЭКС удалось получить много новых данных о механизме общей циркуляции атмосферы и ряд количественных характеристик образования облаков и развития грозовой активности, выпадения в тропиках ливневых осадков, очень важных для синоптиков, занимающихся прогнозированием погоды в низких широтах. Таким образом, исследования ТРОПЭКС



52. Научно-исследовательское судно «Дмитрий Менделеев» в тропических водах.

имеют не только теоретическое, но и прямое практическое значение.

9.21. Какова связь международных программ ПИГАП и ВСП?

Проект ВСП наряду с решением ряда чисто практических задач обеспечения метеорологической информацией всех ее потребителей в масштабе земного шара предусматривает и выполнение научных исследований, результаты которых должны способствовать совершенствованию всей мировой системы обмена метеоинформацией и развитию атмосферных наук. Программа ПИГАП — более узкая, она направлена на решение ряда конкретных проблем энергообмена в атмосфере и взаимодействия атмосферы и океана. Результаты исследований по программе ПИГАП широко используются учеными, работающими в рамках программы ВСП.

9.22. С какими международными организациями сотрудничает ВМО при осуществлении своих программ?

Научные программы ВСП осуществляются совместно с Международным советом научных союзов (МСНС). Исследования в рамках ПИГАП ведутся в соответствии со специальным соглашением между ВМО и МСНС. По этому соглашению осуществляется Первый глобальный эксперимент (ПГЭП) и несколько региональных экспериментов. ПГЭП осуществлялся на протяжении двух периодов: с 5 января по 5 марта и с 1 мая по 30 июня 1969 го-

да. В рамках глобальной системы наблюдений в четырех зональных центрах — в Японии, СССР, Великобритании и США — был организован сбор данных, включающих данные наблюдений метеорологических спутников. Кроме того, были организованы и успешно проведены дополнительные специальные наблюдения с 45 судов ветрового зондирования в тропиках, с самолетов — разведчиков погоды, сбрасывающих радиозонды в экваториальных зонах Атлантики, Тихого и Индийского океанов; в экваториальной области были выпущены уравновешенные шары-зонды, а на обширной акватории Мирового океана в разных широтах выпущено около 400 дрейфующих буйев.

9.23. Что представляет собой Всемирная климатическая программа?

Исполнительный комитет ВМО (бывший до июня 1983 года руководящим органом Организации) в июне 1980 года определил содержание всего комплекса работ по изучению климата земного шара, которые должны выполняться ВМО в сотрудничестве с другими международными организациями в рамках Всемирной климатической программы (ВКП).

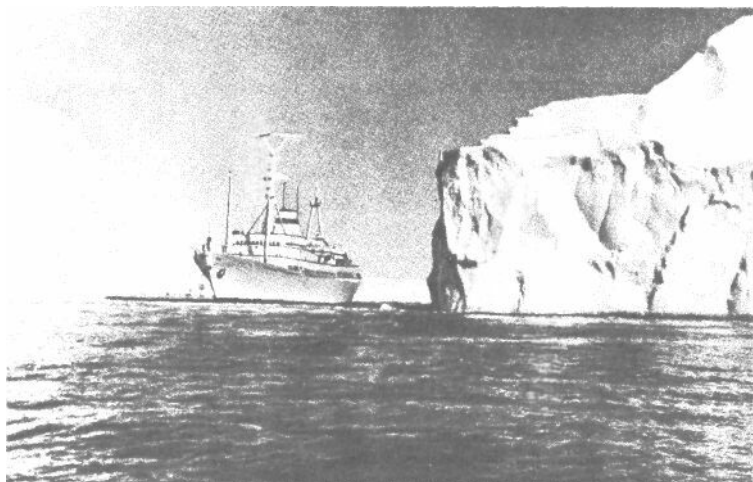
ВКП объединяет четыре взаимосвязанные программы: Всемирную программу исследования климата, Всемирную программу применения знаний о климате, Всемирную программу исследования влияния климата на деятельность человека и Всемирную программу климатических данных. Координация всех работ по этим программам возложена на специально созданное при Секретариате ВМО Бюро ВКП. Научные аспекты ВКП обсуждаются Объединенным научным комитетом ВМО/МСНС, который возглавляет проф. Дж. Смагоринский (США). В состав комитета входят советские ученые академик А. М. Обухов и профессор М. А. Петросянц. Определены основные направления намечаемых исследований. В частности, предполагается изучение механизма обратной связи между облачностью и радиацией, процессов взаимодействия океана и атмосферы, разработка модели климата и осуществление ряда экспериментов. Предусматривается привлечение к выполнению программы исследований Научного комитета по исследованию океана (СКОР), Комитета по космическим исследованиям (КОСПАР), Международной ассоциации метеорологии и физики атмосферы (МАМФА).

Большое внимание уделяется в ВКП совершенствованию методики исследований, расширению работ по при-

кладной климатологии и удовлетворению потребностей народного хозяйства в климатических данных, подготовке архивных материалов по климату земного шара.

9.24. Какие региональные эксперименты проводятся ВМО совместно с МСНС?

Широкая программа исследований, ведущихся на протяжении уже более 10 лет, предусматривает выполнение целой серии региональных экспериментов, в том числе: Зимний муссонный эксперимент — зимний МЭКС — на юго-востоке Азии (1978/79 год), Летний муссонный эксперимент — летний МЭКС — в Аравийском море и Бенгальском заливе (1979), Западноафриканский муссонный эксперимент — ЗАМЭКС — в странах Западной Африки (1979); Атлантический тропический эксперимент ПИГАП — АТЭП (1978); Эксперимент по изучению трансформации воздушных масс — ВОМТЭКС (1974/75), давший полезную информацию об обмене энергией между океаном и атмосферой; Комплексный энергетический эксперимент — КЭНЭКС — советских экспедиций в пустынях, степях, на море и в городах (1970—1973), давший богатый материал для физики климата; Полярный эксперимент — ПОЛЭКС — в Арктике и Антарктике, проводившийся на протяжении целого ряда лет в интересах создания модели общей циркуляции атмосферы и



53. Научно-исследовательское судно «Профессор Зубов» в Антарктике

усовершенствования методов прогноза погоды, а также исследования влияния ледниковых масс на изменения климата.

9.25. Существуют ли программы исследований атмосферных процессов в рамках отдельных регионов ВМО?

Региональные ассоциации ВМО осуществляют ряд локальных программ исследований в масштабах отдельных регионов. Например, существует проект исследования тропических циклонов в Регионе IV (Северная и Центральная Америка) и в Регионе II (Азия). Программы исследований предусматривают изучение ураганов и тайфунов. В частности, в западной части Тихого океана с начала 80-х годов осуществляется оперативный региональный эксперимент по тайфунам — ТОНЭКС.

9.26. Насколько Всемирная служба погоды связана с проблемами ООН?

Решения Конгрессов и Исполнительного Совета ВМО направляют деятельность Всемирной службы погоды на содействие решению тех проблем ООН, которые связаны с состоянием окружающей среды, использованием климатических ресурсов. Так, например, к проходившей в 1981 году Конференции ООН по новым и возобновляемым источникам энергии ВМО готовила мировые карты распределения солнечной радиации и скорости ветра. Темой Всемирного метеорологического дня в 1981 году была избрана «Всемирная служба погоды как средство развития». Экономический и социальный совет ООН (ЭКОСОС) одобрил инициативу ВМО по разработке Международной программы по климату; в 1979 году Генеральный секретарь ВМО докладывал ее на второй сессии ЭКОСОС.

9.27. Какие вопросы Международной программы по климату представляют интерес для ООН?

Экономический и социальный совет ООН заинтересован в разработке Всемирной службой погоды многих вопросов, таких, как использование климатических ресурсов, влияние климата и его изменений на производство продуктов питания, здоровье людей, запасы пресной воды и ее состояние, энергетику, а также изучение естественных и связанных с деятельностью человека изменений окружающей среды.

9.28. Есть ли у метеорологов мира свой профессиональный праздник?

Конгресс ВМО в 1960 году установил профессиональный праздник метеорологов — Всемирный метеорологический день, отмечаемый ежегодно начиная с 1961 года в день весеннего равноденствия 22 марта. Свой праздник метеорологи каждый год посвящают какой-либо теме, определяемой решением Исполнительного Совета ВМО в качестве особенно актуальной проблемы сегодняшнего дня.

Хотя темы праздников общие для метеорологов всех стран, празднование в каждой стране происходит по собственной программе. Обычно оно носит торжественно деловой характер: ко Всемирному метеорологическому дню часто приурочивают открытие новых метеорологических станций или введение в эксплуатацию нового оборудования, проведение научных семинаров или симпозиумов, чтение лекций и научных докладов, вручение почетных дипломов и грамот и т. п. Кроме того, этот день освещается и средствами массовой информации: известные ученые дают интервью в печати, по радио и телевидению, в печати публикуются обзоры научных достижений в области метеорологии.



РАКЕТЫ, СПУТНИКИ И ПОГОДА НА РАЗНЫХ ВЫСОТАХ

Развитие ракетной техники, научные основы которой были заложены исследованиями К. Э. Циолковского, позволило метеорологам уже в середине XX века резко повысить потолок инструментальных измерений в атмосфере, проникнуть с приборами, устанавливаемыми на ракетах, сначала в среднюю и верхнюю стратосферу, а затем и еще выше — в мезосферу и термосферу. Специально сконструированные метеорологические ракеты в состоянии зондировать атмосферу на высотах до 500 км, а выводимые на орбиты вокруг Земли с помощью ракет метеорологические спутники превратились в принципиально новое средство исследования атмосферы, увеличившее во много крат информацию о погоде на нашей планете, доступную повседневному анализу. Поток метеорологической информации, поступающей от метеорологических искусственных спутников Земли (МИСЗ), стал настолько большим, что потребовал внедрения машинных способов ее анализа и использования для этой цели быстродействующей вычислительной техники. Вместе с обычными средствами наблюдения за погодой с поверхности земли с помощью радиозондов, ракет и метеорологических радиолокаторов МИСЗ позволили следить за всеми изменениями погоды еще и сверху, с высоты сотен и тысяч километров.

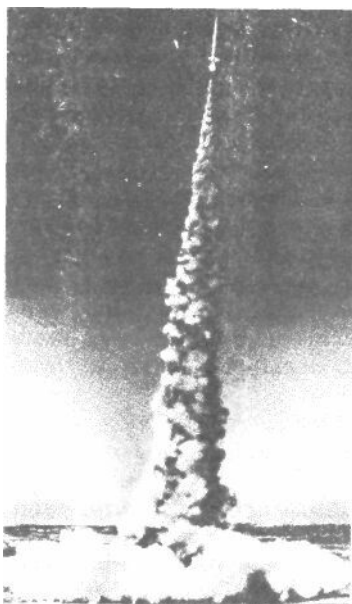
Особенно важно, что спутники ведут наблюдение за погодой не только над сушей, но и над теми областями Земли, где нет регулярной сети метеорологических станций, — такими, как океаны, полярные области Земли, малонаселенные районы пустынь и полупустынь, высокогорные области. Остается добавить, что современное оборудование МИСЗ позволяет выполнять метеорологические

наблюдения как на теневой, так и на освещенной стороне Земли.

Можно без преувеличения сказать, что ракетная техника, с помощью которой человечество начало завоевание космоса, попутно произвела настоящую революцию в методах исследования атмосферы. Эта революция во многом изменила наши представления об атмосфере, особенно о ее высоких слоях; она дала огромное количество новых данных об атмосферных процессах. Над анализом этих данных работают сейчас ученые. С некоторыми материалами этого анализа мы познакомимся ниже, предварительно рассмотрев основные технические средства и возможности ракетного и спутникового зондирования атмосферы.

10.1. Что представляет собой метеорологическая ракета?

Метеорологическая ракета состоит из двух частей: корпуса с двигателем и головной части с измерительными приборами и радиопередатчиком. Запускается ракета (фото 54) со специальной стартовой установки, которая может быть размещена на земной поверхности или на палубе корабля. На заданной высоте головная часть ра-



54. Метеорологическая ракета. Запуск

кеты отделяется от корпуса. После этого немедленно раскрываются парашюты, на которых обе части ракеты спускаются на землю. Температуру воздуха и атмосферное давление измеряют датчики, размещенные в головной части ракеты, во время ее спуска к земле. По сносу опускающейся ракеты, фиксируемому специальной аппаратурой с земли, можно определить и ветер на всех уровнях спуска. Обычные метеорологические ракеты поднимаются до высоты 120 км, ракеты с несколько более широкой программой измерений, называемые геофизическими, поднимаются выше — до высоты 400—500 км.

Существуют метеорологические и геофизические ракеты, на которых измерения изучаемых параметров состояния атмосферы производятся не при спуске головной ее части на парашюте, а во время полета самой ракеты, при наборе ею высоты. На таких ракетах используются практически безынерционные датчики, способные мгновенно фиксировать значение температуры и атмосферного давления несмотря на большую скорость полета.

10.2. Можно ли запускать метеорологические ракеты не с земли, а с воздуха?

Можно, хотя технически это не очень просто осуществить. Для этого требуется специальная платформа, поднимаемая на требуемую высоту большим воздушным шаром, откуда уже производится запуск самой ракеты. Этим достигается значительное увеличение полезной массы ракеты, поскольку не требуется затрачивать топливо для подъема ракеты через нижние, плотные слои атмосферы. Ракеты, запускаемые с платформ, могут нести значительно больше научного оборудования, масса его в этом случае достигает 12—15% массы ракеты, тогда как в ракетах, запускаемых с земли, она в несколько раз меньше.

10.3. Можно ли с помощью метеорологических ракет исследовать химический состав атмосферы?

Ракетные методы исследования атмосферы позволяют уточнять состав воздуха на больших высотах, недоступных другим методам. С помощью спектрометров и спектрографов исследуются озон, атомарный кислород и другие элементы — редкие составляющие атмосферного воздуха.

10.4. В чем смысл ракетных экспериментов с гранатами?

Ракетные эксперименты с гранатами относятся к акустическим методам изучения атмосферы. Звуковые волны при переходе из одной среды в другую изменяют путь своего распространения, то есть происходит преломление волн. Оно наблюдается на участках резкого изменения плотности воздуха, где скачкообразно меняется его температура. Как известно, скорость звука зависит от температуры воздуха и по прохождению звуковых волн можно судить о распределении температуры в атмосфере. Взрыв связки гранат, поднятых на высоту около 100 км, создает взрывную волну, движение которой регистрируется акустической станцией на земной поверхности. Момент взрыва ракет фиксируется фотокамерами на земле и фотоэлементами, установленными на самой ракете. Последние по телеметрическому каналу передают его на Землю. Электронные счетно-решающие устройства позволяют определить, в какой точке происходит каждый взрыв, и получить характеристики состояния атмосферы — температуру, плотность, ветер, наличие вертикальных токов.

10.5. Что такое спутниковая метеорология?

Это один из разделов метеорологии, изучающий физическое состояние атмосферы и метеорологические явления с помощью искусственных спутников Земли. Спутниковая метеорология — молодая научная дисциплина, получившая развитие в третьей четверти нашего столетия. Создание ее стало возможным после появления нового, оказавшегося очень перспективным, средства исследования атмосферы и космического пространства — искусственного спутника Земли. Впервые он был выведен на орбиту вокруг Земли советскими учеными 4 октября 1957 года.

10.6. Какая аппаратура устанавливается на метеорологических искусственных спутниках Земли?

Метеорологические спутники оснащены обзорной и измерительной аппаратурой. Обзорную аппаратуру составляют так называемые телевизионные и инфракрасные системы спутника, позволяющие в комплексе производить фотографирование облаков и земной поверхности не только на дневной (освещенной Солнцем), но и на ночной (теневой) стороне нашей планеты. Измерительная аппаратура используется для получения данных ра-

диационного баланса системы Земля — атмосфера и определения температуры подстилающей поверхности, то есть для выполнения так называемых актинометрических, или радиационных измерений. Результаты последних могут выражаться как в абсолютных, так и в относительных величинах. Кроме того, на метеорологических спутниках могут выполняться и спектральные измерения температуры и влажности воздуха. Телевизионная съемка облачности производится в видимой части солнечного спектра. При обычной высоте полета метеорологического спутника (около 900 км) разрешающая способность аппаратуры составляет примерно 1—2 км. Фотографирование в инфракрасной части спектра в диапазоне волн длиной 8—12 мкм выполнимо и в ночное время; разрешающая способность аппаратуры — примерно 8 км в надире.

Оборудование метеорологических спутников позволяет вести работу в режимах как непосредственной передачи информации, так и запоминания ее, с последующим считыванием по команде с Земли.

10.7. Как используются в спутниковой метеорологии микрорадиоволны?

Применение микроволновой радиометрической аппаратуры на ИСЗ расширяет возможности спутниковой метеорологии, позволяя изучать состояние земной поверхности сквозь облачность, так как для распространения радиоволн сантиметрового диапазона она не является препятствием. Кроме того, такая аппаратура дает возможность более детально исследовать процессы, протекающие в самих облаках.

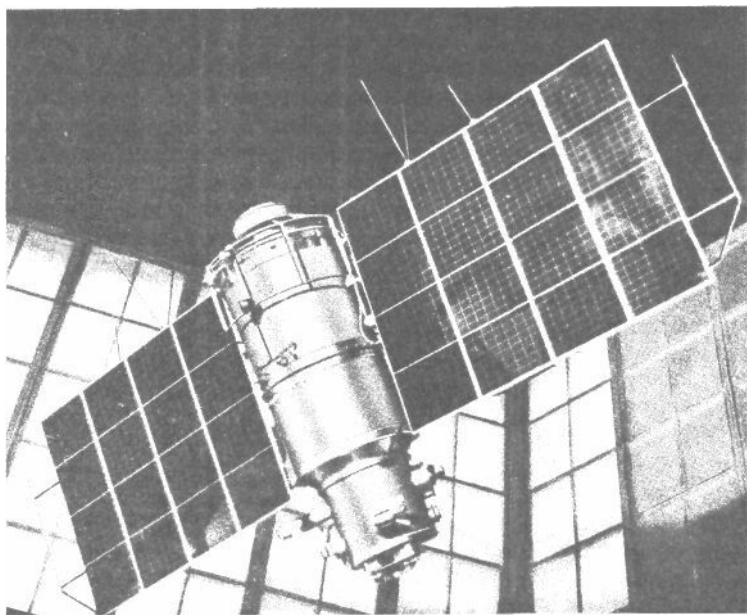
В основе микроволнового метода исследования атмосферы с помощью ИСЗ лежит способность всех тел в природе излучать энергию. С изменением температуры земной поверхности, ее влагосодержания, наличия на ней воды, снега, осадков, количества растворенной в воде соли и других показателей ее состояния изменяются тепловые потоки, исходящие от земной поверхности. Измеряя тепловые потоки высокочувствительной аппаратурой, работающей в диапазоне микроволн, можно судить о многих процессах, происходящих на поверхности океана, суши, в облаках и в атмосфере.

Измерения теплового радиоизлучения над океаном позволяют определить наличие и мощность (толщину) облачного покрова, обнаружить зоны выпадения осадков и оценить их интенсивность. Это связано со способностью

капельножидкой воды, содержащейся в облаках и осадках, активно поглощать радиоизлучение с длиной волны меньше 1 см (в так называемом диапазоне 0,8 см).

Таким образом, по интенсивности фиксируемого спутником излучения можно судить о состоянии погоды над поверхностью океана, лишенной других средств метеорологических наблюдений или освещенной данными недостаточно полно.

Такие исследования были осуществлены в 1976 году совместно советскими и американскими учеными в Тихом океане в эксперименте САМЭКС, в котором была использована микроволновая радиометрическая аппаратура на борту научно-исследовательского судна «Академик Королев» и на ИСЗ советской системы «Метеор» и американской системы «Нимбус». Получены интересные результаты, на основе которых были разработаны новые методы спутникового зондирования атмосферы и Мирового океана, облегчающие решение ряда важных задач современной гидрометеорологической науки.



55. Советский метеорологический спутник (макет)

10.8. На каких орбитах летают метеорологические спутники?

Обычная высота орбит современных метеорологических спутников около 900 км, форма орбит — почти круговая, орбиты близки по направлению к полярным. Ширина полосы обзора свыше 2000 км (2400 км для телевизионной и 2600 км для инфракрасной аппаратуры). При одновременном полете двух спутников наблюдения за погодой над каждым районом земного шара производятся через 6 ч. Кроме того, метеорологические спутники могут запускаться на геостационарные экваториальные орбиты, на высоте около 36 000 км.

10.9. Для чего предназначены геостационарные спутники?

Геостационарные спутники предназначены для менее детального, но постоянного обзора земной поверхности. Вращаясь вместе с Землей с одной и той же угловой скоростью, они способны обеспечить наблюдение одного и того же очень большого участка земной поверхности, равного для каждого такого спутника площади поверхности целых континентов или океанов.

Это очень удобно для непрерывного слежения за эволюцией тропических циклонов и облачных систем в низких широтах в районах возможного зарождения тропических штормов; это также позволяет проследить линии шквалов над океанами и обнаруживать торнадо. С помощью геостационарных спутников можно следить за перемещением облаков и определять скорость и направление ветра на высоте облачности. При наличии спектральной аппаратуры на борту геостационарных спутников можно производить дистанционное зондирование атмосферы в слое между поверхностями 1—30 гПа, то есть на высотах 25—50 км, в стратосфере. Кроме того, на эти спутники предполагается возложить сбор данных с наземных автоматических станций и морских буев, количество которых, по проекту ВСП, достигнет со временем нескольких тысяч.

10.10. Какой скоростью передачи информации обладает блок радиопаратуры спутника?

Максимальная скорость передачи информации с борта ИСЗ составляет 125 кбит/с (тысяч единиц в секунду). Такая скорость передачи диктуется колоссальным объемом информации, собираемой спутниками. За сутки спутниковая система в состоянии выдать около 10^{11} бит инфор-

мации. Колоссальная скорость передачи этой информации требует и соответствующей скорости ее обработки, достижимой только при полной ее автоматизации и использовании самых современных быстродействующих счетных машин.

10.11. Какую дополнительную метеорологическую информацию могут дать искусственные спутники Земли?

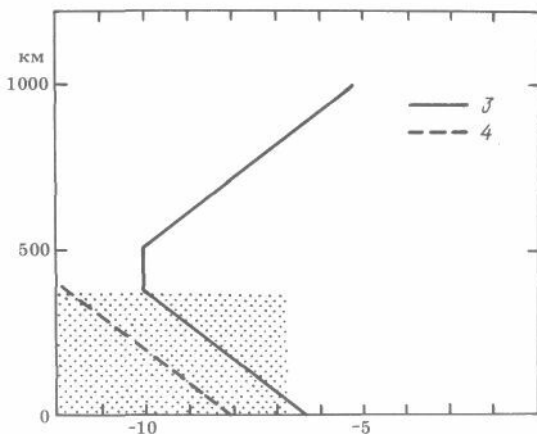
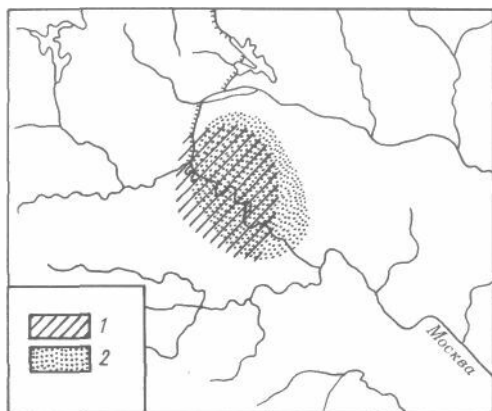
С помощью искусственных спутников Земли можно получить много дополнительной информации, как над малонаселенными участками суши, так и над густонаселенными. В частности, ИСЗ весьма оперативно обеспечивают получение данных о границе снежного покрова и всех ее изменениях, об облачности атмосферных фронтов и циклонов, дополняя и уточняя данные сети метеорологических станций там, где густота ее недостаточна. Очень существенна получаемая с ИСЗ информация о дымовых облаках над промышленными районами и над лесными массивами, возникающих в результате индустриальных загрязнений воздуха и лесных пожаров. В ряде случаев облака загрязнений над промышленными центрами не фиксируются обычными наземными метеорологическими наблюдениями, проводимыми в приземном слое атмосферы, а на снимках со спутников они отчетливо видны, как видны и их перемещение, особенности структуры и другие характеристики, позволяющие судить о концентрации загрязнений и высоте их распространения.

10.12. Каким образом с помощью спутников можно наблюдать за очагами загрязнения земной атмосферы?

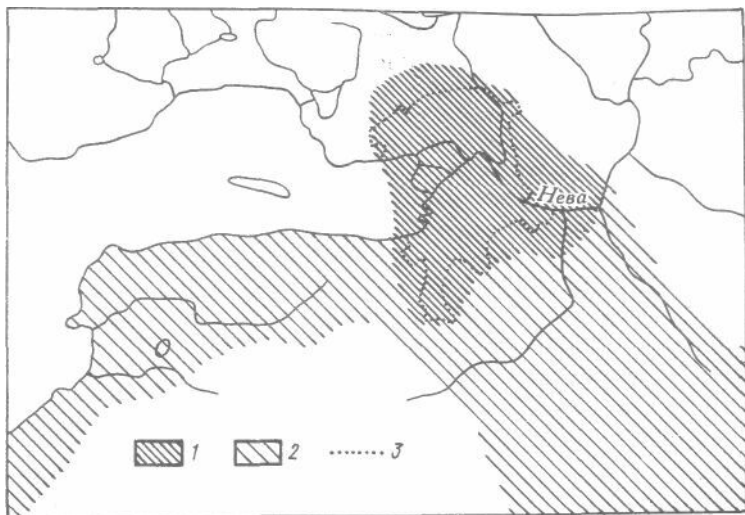
Некоторые виды атмосферных загрязнений можно наблюдать непосредственно с борта ИСЗ, но более эффективным является фотографирование земной поверхности в сочетании с анализом телевизионных изображений местности. Съемка в различных спектральных интервалах (0,4—0,5, 0,6—0,7 и 10,5—12 мкм) и в особенности цветное фотографирование обеспечивают получение максимума информации не только о самих загрязнениях, но и об их влиянии на растительный покров. При анализе таких изображений удается различать дымовые облака и обычные, загрязнения индустриальные и связанные с лесными пожарами, а также вызванные извержениями вулканов.

10.13. Что представляют собой очаги лесных пожаров на снимках с ИСЗ?

Лесные пожары фиксируются спутниками как шлейфы дымовых облаков в форме конусов. В августе 1972 года на снимках можно было видеть шлейфы длиной от 75 до 400 км — это горели леса в Восточной Европе. В отдельные дни одновременно фиксировалось до 40 очагов.



56. Дымовое загрязнение атмосферы в районе Москвы 23 февраля 1976 года по данным 18-го ИСЗ «Метеор»
1 — площадь города; 2 — район дымки; 3 — температурный профиль; 4 — сухая адиабата



57. Выпадение городских загрязнений в Ленинграде 26 марта 1973 года
 1 — район городской дымки; 2 — район выпадения городских загрязнений; 3 — граница города

10.14. Как выглядят из космоса промышленные загрязнения атмосферы?

Дымовые шлейфы от заводов, морских судов и пятна дымки промышленных загрязнений могут отчетливо видеть космонавты, но систематическое их изучение возможно только по космическим снимкам, на которых четко фиксируются все очаги загрязнений вплоть до конденсационных следов, возникающих за пролетающими самолетами. Для изучения антропогенных загрязнений воздуха требуется специальная съемочная аппаратура, обладающая высокой разрешающей способностью, то есть фиксирующая все детали размером 100 м и более. Так, по изображениям, полученным с борта орбитальной станции «Салют-4» в июне 1975 года, прослеживались дымовые полосы от ГРЭС г. Ермак Павлодарской области, имевшие длину от 30 до 50 км; со спутника «Лэндсат-1» над оз. Онтарио путем многоспектральной съемки были обнаружены дымовые шлейфы промышленного центра г. Сэдбери, протянувшиеся на 70 км. Над крупными городами снимки с ИСЗ фиксируют облака загрязнений, смещенные относительно городской территории в направлении воздушных потоков в нижней тропосфере в момент фотографирования. На рис. 56

показана карта-схема загрязнения над Москвой и вертикальный профиль температуры днем 23 февраля 1976 года по данным 18-го ИСЗ «Метеор», а на рис. 57 — дымовое загрязнение атмосферы и выпадение городских загрязнений в районе Ленинграда 26 марта 1973 года. Промышленные загрязнения в районе Ленинграда, как видно на рисунке, распространились двумя полосами к югу и к юго-западу от города; ширина одной полосы 50—60 км, а другой — 15—20 км, длина каждой из них превышает 60 км. (Так бывает при неодинаковом направлении ветра на разных высотах.)

10.15. Какие ИСЗ наиболее эффективны для изучения загрязнения атмосферного воздуха?

Это зависит от программы исследований. Так, для изучения загрязнения в планетарном и региональном масштабах (так называемых мега- и макромасштабах) удобны геостационарные спутники, которые как бы неподвижно висят над экватором или ближайшими к нему широтами на очень большой высоте, а также обычные метеорологические спутники, летающие на орбитах высотой 900—1200 км и имеющие ТВ-аппаратуру; для детального исследования локального (мезомасштабного) загрязнения более подходят специальные ИСЗ изучения природных ресурсов, оснащенные аппаратурой очень высокой разрешающей способности, типа «Лэндсат».

10.16. Каковы особенности погоды в свободной атмосфере?

Как показали исследования, выполненные с помощью ракет, спутников и других средств зондирования атмосферы, на высотах, в свободной атмосфере, метеорологические условия несколько иные, чем у земной поверхности. Во-первых, там менее значительны колебания температуры воздуха, поскольку с высотой уменьшается влияние подстилающей поверхности и всех ее неоднородностей. Сама температура воздуха в свободной атмосфере ниже, чем у земли. Во всем нижнем слое атмосферы, называемом тропосферой, она понижается в среднем примерно на 6—7° С на каждый километр высоты. Толщина этого слоя может колебаться в зависимости от географической широты места и характера происходящих атмосферных процессов от 7 до 18 км. Выше тропосферы примерно до высоты 51 км находится второй атмосферный слой — стратосфера. Между тропосферой и стратосферой несколько сот метров переходного, или промежуточного слоя, называемо-

го тропопаузой. На тропопаузе температура может быть от -45 до -80°C , причем с высотой она перестает понижаться и даже наоборот — немного возрастает или остается неизменной; в стратосфере она также с высотой сперва меняется очень незначительно, а затем начинает повышаться, приближаясь на ее верхней границе к 0°C . Во-вторых, в свободной атмосфере воздушные течения меньше искажаются рельефом местности и могут достигать больших скоростей, образуя так называемые струйные течения. В-третьих, там нет некоторых специфических приземных метеорологических явлений, а сама погода резко делится на два типа — внеоблачную, так сказать в ясном небе, и в облаках. Есть в свободной атмосфере и свои специфические явления погоды, такие, как турбулентность при ясном небе (ТЯН), стратосферные потепления, стратосферные облака вулканической пыли и другие.

10.17. Почему в стратосфере температура с высотой не понижается, а растет?

Температура воздуха в стратосфере определяется процессом лучистого теплообмена. Находящийся в нижней стратосфере слой озона поглощает некоторую часть солнечного тепла и нагревается, одновременно нагревая воздух. Приток тепла и его отток благодаря лучеиспусканию сбалансированы, иначе говоря, сохраняется состояние лучистого равновесия. С ним связан и процесс терморегулирования количества озона в стратосфере. Если произойдет чрезмерное нагревание воздуха, то немедленно начнется распад молекул озона и уменьшение содержания последнего, а следовательно, уменьшится и поглощение солнечного тепла; это автоматически приведет к снижению температуры до прежнего уровня.

10.18. Почему нижняя граница стратосферы не всегда расположена на одной и той же высоте?

Высота тропопаузы — переходного слоя между тропосферой и стратосферой — изменяется в зависимости от состояния воздуха под ней, то есть в тропосфере. Приближенно можно считать тропосферу слоем интенсивного перемешивания воздуха, а стратосферу — слоем с устойчивым его состоянием. В зависимости от развивающихся над земной поверхностью процессов и степени прогрева нижних слоев воздуха высота границы неустойчивости и интенсивного перемешивания может подниматься и опускаться. В теплом воздухе и над областями высокого атмо-

сферного давления она выше, а в холодном и над циклонами — ниже. По этой причине тропопауза расположена ниже над полярными районами и выше над тропическими областями. Граница между тропосферой и стратосферой в реальных условиях над средними широтами в зависимости от ситуации может располагаться на уровнях от 8 до 13 км, а температура ее может на $7-8^{\circ}\text{C}$ отличаться от стандартных значений ($-56,5^{\circ}\text{C}$), при этом она будет тем ниже, чем выше окажется тропопауза.

10.19. Как высоко над земной поверхностью возникают струйные течения?

Ветер скоростью более 100 км/ч — нижний предел для струйных течений — бывает обычно в верхней тропосфере, то есть выше 6 км. Максимальные значения скорости ветра на высотах чаще всего наблюдаются на 1—1,5 км ниже тропопаузы. Поэтому принято считать, что в тропосфере ось струйного течения находится в среднем на этом уровне, под тропопаузой. Однако, как всегда и бывает со средними цифрами, это не всегда соответствует реально встречающимся условиям — могут быть ситуации, когда ось струйного течения расположена еще ниже, то есть на 2—3 км ниже тропопаузы, или же, наоборот, лежит значительно выше, даже над тропопаузой. Это бывает, когда струйное течение очень сильное (300—400 км/ч и более) и очень мощное (5—6 км и более по вертикали). Струйные течения встречаются и в стратосфере. Здесь их оси обычно располагаются на высотах 16—20 км и выше, где наблюдается второй максимум скорости ветра. Направление ветра в тропосфере и направление стратосферных струйных течений могут совпадать, что чаще случается в холодное время года, но могут быть и противоположными, что обычно бывает летом.

10.20. Что такое велопауза?

Зондирование атмосферы различными средствами позволило обнаружить некоторые особенности в распределении метеорологических величин, в том числе направления и скорости ветра на высотах. В частности, была замечена устойчивая закономерность убывания скорости ветра с высотой и изменения направления ветра на противоположное в стратосфере в теплое время года. Такое обращение ветра происходит на высоте около 20 км. Фактически переход ветра с западного направления на восточное, то есть противоположное, происходит в слое толщиной в не-

сколько сот метров. Слой этот получил название велопаузы. Изменение направления ветра связано с формированием летом в стратосфере высотного антициклона, проходящего в период полярного дня на смену зимнему холодному околополюсному циклону. Как только на высотах направление, в котором убывает давление, меняется по горизонту на противоположное, — таким же образом изменяется и направление ветра.

10.21. Какие облака характерны для больших высот?

В нижней стратосфере присутствует специфическая облачность, время от времени появляющаяся под инверсионным задерживающим слоем, в котором начинается увеличение температуры с высотой. Это перламутровые облака и облака вулканической пыли, или пылевые, получившие в литературе не совсем удачное и мало оправданное с точки зрения логики название «литосферные облака». На верхней границе мезосферы, где температура воздуха достигает предельно низких значений, около -90°C , а в отдельных случаях и того ниже, и с высотой уже перестает понижаться, иногда можно видеть красивые, слабо светящиеся, синеватого цвета серебристые облака. Стратосферные облака наблюдаются преимущественно на высоте 20—30 км, мезосферные — на высоте 80—90 км.

10.22. Когда и где можно наблюдать перламутровые и серебристые облака?

Перламутровые облака — явление редкое, его можно видеть в высоких широтах Земли очень короткое время сразу после захода солнца. Они радужно светятся на темном фоне вечернего неба, рассеивая и отражая достигающие их солнечные лучи. Их свечение объясняется явлением иризации, вызываемым, возможно, преломлением солнечных лучей в переохлажденных мельчайших каплях воды, из которых, как предполагают, состоят такие облака. Серебристые облака можно наблюдать ночью в северной части горизонта в поясе между 50 и 75° с. ш. в периоды, когда солнце неглубоко заходит за горизонт (не глубже 13°). Свечение этих облаков, по мнению некоторых ученых, вызывается фотолюминесценцией ледяных кристаллов под влиянием ультрафиолетовой радиации Солнца. По мнению других — свечение объясняется рассеянием солнечного света на мельчайших частицах вулканической или космической пыли и ледяных кристалликах.

10.23. Почему облака вулканической пыли долгое время сохраняются в стратосфере?

При извержениях вулканов облака пыли выбрасываются в толщу нижних слоев атмосферы до высоты нескольких десятков километров. Но в самом нижнем слое — тропосфере — вулканическая пыль долго не задерживается, оседая в течение нескольких суток на земную поверхность. Этому способствуют интенсивное перемешивание воздуха в тропосфере, процессы образования облаков и выпадения осадков, очищающих тропосферный воздух от загрязняющей его пыли. В стратосфере картина иная. Здесь нет интенсивного перемешивания, стратосфера устойчива, и попавшие в нее примеси могут годами оставаться там, переносимые воздушными течениями с места на место в виде облаков вулканической пыли. После каждого очень сильного извержения вулкана количество таких облаков в стратосфере увеличивается; на протяжении нескольких лет после этого приборы на земле отмечают уменьшение поступления солнечного тепла из-за уменьшения прозрачности воздуха в его верхних слоях. Влияние облаков вулканической пыли на погоду замечено давно, с ними связывают похолодания на Земле, особенно ощутимые в летние сезоны. Помимо этого, такие облака представляют серьезную помеху для стратосферных сверхзвуковых самолетов: твердые частицы вулканической пыли могут повредить обшивку.

10.24. С какими еще явлениями могут встретиться люди в верхних слоях атмосферы?

Теоретически в верхних слоях атмосферы возникает некоторая опасность встречи с метеорными частицами — пришельцами из космоса, обычно сгорающими в нижних, более плотных, слоях атмосферы. Однако вероятность такой встречи для космического корабля ничтожно мала.

На высоте полета современных сверхзвуковых самолетов — около 20 км — время от времени могут наблюдаться случаи повышения уровня радиации, связанные со вспышками солнечной активности. Возникающие при таких вспышках «протонные ливни» — потоки целого комплекса губительных космических частиц — гамма-лучей, альфа-частиц, электронов и нейтронов — способны создать угрозу здоровью экипажей и пассажиров стратосферных самолетов. Сильные вспышки, вызывающие разовое облучение выше допустимого международными стандартами, бывают редко — в среднем один раз в год, а умеренные, вызываю-

щие неопасное, допустимое разовое облучение, случаются в два раза чаще.

10.25. Влияют ли на погоду на Земле полеты спутников, ракет, сверхзвуковых самолетов и других летательных аппаратов?

Полеты любых типов летательных аппаратов никакого влияния на погоду не оказывают, за исключением тех случаев, когда они производятся преднамеренно, с целью искусственного воздействия на облака, туманы, ледники или снежный покров, то есть когда с их помощью производится засев химических реагентов, рассеивающих облачность и туманы или вызывающих выпадение дождя, предотвращающих выпадение града или способствующих быстрому таянию снега и льда.



Предсказание погоды, с научной точки зрения, — одна из сложнейших физических задач. Для ее решения существует несколько методов, но в полном объеме, для всех метеорологических величин и явлений, характеризующих состояние погоды, практически ни один метод не обеспечивает пока точного решения.

Погоду можно предсказывать по местным признакам, синоптическим методом — на основе анализа синоптических карт погоды — и численными методами — путем предвычисления с использованием ЭВМ. Существуют еще и физико-статистические методы, отличительной особенностью которых является составление прогнозов погоды в так называемой вероятной форме. У каждого из перечисленных методов есть свои достоинства и недостатки, своя специфика использования и свои возможности применения на практике для удовлетворения нужд потребителей прогностической информации.

В настоящее время составляются прогнозы как общего пользования, рассчитанные на всех и распространяемые средствами массовой информации, так и специальные — предназначенные для удовлетворения запросов отдельных отраслей народного хозяйства, учитывающие специфику деятельности людей тех или иных профессий (строителей, моряков, авиаторов, земледельцев, животноводов и т. д.); они помещаются в специальных метеорологических бюллетенях или передаются по ведомственным каналам связи.

Прогнозы общего пользования содержат минимум количественной информации об ожидаемом состоянии всего

комплекса метеорологических величин, характеризующих погоду. Специальные прогнозы отличаются большей детализацией и конкретностью характеристики состояния отдельных метеорологических величин, представляющих наибольший интерес для потребителя.

Прочитав эту главу, читатель убедится, насколько это непростая задача — составление прогнозов погоды.

11.1. Как предсказывают погоду по местным признакам?

Чтобы составить представление об ожидаемой в ближайшие часы погоде по местным признакам, необходимо прежде всего верно оценить характер погоды в данную минуту. Для этого достаточно хорошенько рассмотреть небо по возможности из точки с хорошим обзором горизонта, не закрытой ни строениями, ни деревьями. Состояние неба, то есть наличие или отсутствие облаков, подскажет, связана ли наблюдаемая погода с режимом какой-либо одной воздушной массы или она определяется влиянием атмосферного фронта. Направление и скорость перемещения облаков, так же как и ветер у земли, помогут уточнить, в какой части барической системы (циклона, антициклона или их периферийных участков — ложбины или гребня) находится в данное время наблюдатель. Если есть под руками барограф или барометр-анероид, весьма кстати окажутся данные об изменении давления за последние часы (так называемая барическая тенденция). Определив таким образом метеорологическую обстановку, можно мысленно представить себе ее дальнейшее развитие и вытекающие отсюда возможные изменения погоды: для внутримассовой погоды определяющим будет ее суточный ход, характерный для каждого сезона; для погоды фронтальной — надо знать, с каким фронтом имеем дело и что несет с собой этот фронт. Подтверждение своим выводам надо искать в других известных признаках — состоянии светил на небе, окраске горизонта, типичных облаках — предвестниках ненастья, грозы, холодного или теплого фронта и т. д. Надо использовать максимально полно весь арсенал доступных анализу признаков, включая распространение запахов, поведение животных, состояние водоемов и т. д. Судить о будущей погоде следует по всему комплексу признаков, и чем больше таковых указывают на один и тот же характер погоды, тем увереннее можно быть в том, что вы на верном пути.

11.2. Как предсказывают погоду синоптическим методом?

Сущность синоптического метода прогноза погоды состоит в одновременном обзоре ее состояния на достаточно большой территории, позволяющем определить характер развития атмосферных процессов и дальнейшее наиболее вероятное изменение метеорологических условий в интересующем нас районе. Осуществляется такой обзор с помощью карт погоды, на которые наносятся данные метеорологических наблюдений у поверхности земли и на всех доступных метеорологическим приборам высотах, производимых одновременно по определенной программе метеорологическими станциями. В основе предсказания погоды синоптическим методом лежит анализ карт погоды, называемых синоптическими. Анализ состоит в определении того, чем обуславливается погода в интересующем нас районе: откуда и какой приходит воздух, в какой барической системе он циркулирует; как взаимодействует с земной поверхностью; существуют ли атмосферные фронты, способные оказывать влияние на погоду; куда и с какой скоростью перемещаются барические системы и атмосферные фронты; как они изменяются; каков суточный ход погоды, обуславливаемой ими, и т. п.

На основе такого подробного анализа, который предусматривает как чисто качественную оценку развития атмосферных процессов, так и получение их количественных показателей, синоптику предстоит определить, как будут развиваться эти процессы в интересующий нас период времени и каковы будут обусловленные этими процессами конкретные условия погоды — облачность, температура воздуха, ветер, осадки и т. д. Значения некоторых метеорологических величин он может рассчитать, используя известные ему расчетные методы и приемы, а значения некоторых других (например, облачности) он оценивает приближенно, без точных расчетов, но опять-таки исходя из известных в синоптической метеорологии положений и методов. Во всех случаях синоптик опирается на свое понимание развивающихся атмосферных процессов, на свой опыт и знания, а также на известные современной науке положения, собранные в официальном документе «Руководство по краткосрочным прогнозам погоды».

11.3. Как предвычисляют погоду?

Предвычисление будущего состояния погоды осуществляется с помощью ЭВМ, в память которых поступает

непрерывный поток метеорологической информации о фактическом состоянии погоды, зафиксированном на сотнях метеорологических станций континента и окружающих его морей. Эта информация опознается, сортируется, подвергается контролю машиной и специальной обработке, позволяющей осуществить дальнейший ее объективный анализ. Данные отдельных станций, расположенных на различных расстояниях одна от другой, пересчитываются в значения основных метеорологических величин для так называемой регулярной сетки точек, равномерно расположенных на географической карте анализируемой территории. Обработанная таким образом информация становится исходной для выполнения расчетов на ЭВМ. Она вводится в уравнения гидротермодинамики, описывающие состояние погоды в исходный момент времени. Решение этих уравнений согласно подготовленной ранее и многократно опробованной программе, выполняемое на ЭВМ, и является будущим состоянием атмосферного давления, ветра, температуры и осадков на сроки 12, 24 и 36 ч вперед. Результаты предвычисления выдаются на графопостроители — приборы, автоматически расчерчивающие карты будущего состояния погоды — давления, ветра, температуры и осадков. Таким образом получают прогностические карты основных метеорологических величин, по которым метеоспециалисты уже составляют все остальные, более детальные прогнозы погоды, включающие данные об ожидаемых стихийных явлениях (таких, как грозы, метели, гололед и т. п.) для отдельных населенных пунктов, районов и территорий.

11.4. Какие ЭВМ используются у нас в стране для предвычисления погоды?

В Гидрометцентре СССР используются ЭВМ БЭСМ-6, М-222 и «Минск-32», которые выполняют необходимые круглосуточные расчеты на двух технологических линиях — подготовки карт фактической погоды и подготовки прогностических карт. Оба вида карт используются синоптиками для составления прогнозов погоды.

11.5. На чем основаны современные методы долгосрочного предсказания погоды?

Погоду на длительные, превышающие трое суток, сроки в настоящее время можно прогнозировать несколькими методами, имеющими в своей основе различные научные предпосылки. Основным методом в нашей стране явля-

ется синоптический метод, основанный на использовании ряда выявленных закономерностей в развитии атмосферных процессов большого масштаба. Для прогноза конкретных характеристик погоды используются и другие методы, дополняющие основной. Такими методами являются гидродинамический и статистический. Это методы количественных долгосрочных расчетов, возможных еще не для всех метеорологических величин и имеющих ограниченную точность, и по этой причине пока являющиеся вспомогательными средствами долгосрочного прогноза. Общий и наиболее существенный недостаток всех названных методов — невозможность их уверенного применения во всех ситуациях, что затрудняет их использование для принятия ответственных решений. Отсюда и случаи неудачных прогнозов погоды на месяц или сезон, снижающие эффективность других прогнозов, правильно отражающих действительные изменения погоды. Ошибочные прогнозы остаются в людской памяти дольше правильных — таково уж свойство человеческой психики...

11.6. Когда была организована служба погоды у нас в стране?

Наша отечественная служба погоды существует с 1 января 1872 года, когда вышел первый Ежедневный метеорологический бюллетень с сообщениями о погоде 26 русских и 2 зарубежных станций, полученными по телеграфу. Готовился бюллетень в Главной физической обсерватории в Петербурге. Там же в последующие годы начали составляться и прогнозы погоды.

21 июня 1921 года В. И. Ленин подписал декрет Совета Народных Комиссаров «Об организации единой метеорологической службы в РСФСР», который положил начало развитию современной советской службы погоды. В 1929 году в Москве было организовано Центральное бюро погоды под руководством известного советского ученого А. Ф. Вангенгейма. В феврале 1936 года оно было преобразовано в Центральный институт погоды, который в 1943 году переименовали в Центральный институт прогнозов СССР (ЦИП СССР). В 1965 году был создан Гидрометеорологический научно-исследовательский центр СССР (Гидрометцентр СССР), выполняющий функции Центрального института прогнозов и Мирового метеорологического центра одновременно. Это центральный научный и оперативный орган советской службы погоды; в союзных республиках и в ряде крупных горо-

дов Российской Федерации существуют местные гидрометцентры.

11.7. Какие прогнозы выпускает Гидрометцентр СССР?

Гидрометцентр СССР составляет прогнозы погоды на ближайшие сутки и последующие двое суток, которые публикуются в Ежедневном гидрометеорологическом бюллетене. В Приложении к бюллетеню помещаются прогнозы аномалии температуры (ожидаемые ее отклонения от средней многолетней нормы) на пять дней. Составляются также ежемесячные долгосрочные прогнозы на каждый месяц года и шесть раз в год — сезонные прогнозы погоды. Кроме того, выпускаются агрометеорологические и морские бюллетени с текущей и прогностической информацией о погоде, состоянии посевов, рек, озер и морей.

11.8. Как оповещается о погоде широкое население?

Помимо бюллетеней прогнозы погоды публикуются в некоторых газетах и сообщаются другими средствами массовой информации — по разным программам Всесоюзного радио более 50 раз в день и по программам Центрального телевидения — около 15 раз в день. С 1963 года по Всесоюзному радио, а с 1970-го — по Центральному телевидению с информацией о погоде регулярно выступают специалисты Гидрометцентра СССР.

Местные студии радиовещания и телевидения также регулярно передают информацию о погоде своих районов. В газете «Известия» ежедневно печатается прогностическая карта погоды в Советском Союзе на следующий день. Кроме того, во многих городах справки о погоде можно получить по телефону, а в некоторых, как, например, в Ленинграде, по телефону можно справиться о погоде почти всех крупных городов нашей страны. Несколько городов в стране имеют автоответчики погоды, работающие так же, как автоответчики Службы времени.

11.9. Повышается ли оправдываемость прогнозов погоды?

Объективный анализ данных об оправдываемости прогнозов погоды, составлявшихся по Москве последние 30 лет, показывает, что качество прогнозов заметно повысилось. Хотя устойчивость погодных условий в 70-е годы была даже меньшей, чем в 50-е (о чем свидетельствует выявленное понижение оправдываемости инерционных прогнозов), оправдываемость так называемых методи-

ческих (составляемых по принятой в данное время методике) за последнюю четверть века повысилась более чем на 10% и составила к началу 1980 года примерно 88%.

Приблизительно на этом же уровне находится оправданность краткосрочных прогнозов в других городах и районах страны.

11.10. Какую роль играет личность метеоспециалиста в прогнозировании погоды?

Как в любом деле, в работе над прогнозом погоды важную роль играют квалификация и опыт специалиста, его отношение к делу и понимание лежащей на нем ответственности. Субъективный фактор особенно отражается на качестве прогнозов, составляемых синоптическим методом, который дает лишь качественную оценку ряда зависимостей: в некоторых сложных ситуациях при одних и тех же исходных данных прогнозы погоды, составляемые разными специалистами, могут быть неодинаковыми, что исключается в расчетных методах прогноза, ибо математическое решение задачи предвычисления при одинаковых исходных данных всегда будет давать один и тот же ответ. Но, к сожалению, не все метеорологические величины можно сегодня предвычислять и синоптический метод остается основным рабочим методом предсказания погоды, хотя в настоящее время повседневно используются и результаты предвычислений.

11.11. Что такое атмосферный фронт и как предсказывается его приближение?

Атмосферный фронт — это поверхность раздела (или переходная зона) двух воздушных масс, обладающих различными свойствами, то есть отличающихся одна от другой по своим основным характеристикам: температуре, влажности, прозрачности, содержанию пыли и других примесей. Ширина такой зоны у земной поверхности — несколько десятков километров, вертикальная мощность — несколько километров. Как правило, с атмосферными фронтами связана характерная облачность. Чаще всего это целая система облаков высоко-слоистых и слоисто-дождевых, иногда кучево-дождевых и сопутствующих им облаков верхнего и нижнего ярусов. На атмосферных фронтах наблюдаются многие явления, характерные для ненастной погоды, в том числе значительные осадки, сильный ветер, иногда грозы, пыльные бури или метели и т. п.

Атмосферные фронты существуют в основном в циклонах и на их периферийных участках, в так называемых барических ложбинах, где в нижних слоях атмосферы всегда наблюдается сходимость воздушных потоков, необходимая для сохранения контрастов между двумя воздушными массами, то есть для существования самого фронта. С приближением циклона или его ложбины атмосферное давление, как правило, падает, и это служит неплохим признаком приближения фронта. Прохождение ложбины сопровождается характерным изменением скорости и направления ветра и, в зависимости от типа фронта (холодного, теплого), появлением в определенной последовательности облаков и осадков.

Предсказывается приближение фронта по всему комплексу характерных для него признаков, и прежде всего — по предвычисляемому положению циклонов и их ложбин, в которых располагаются атмосферные фронты.

11. 12. Можно ли предсказать туман?

Образование тумана в воздухе связано чаще всего с процессами его охлаждения. В результате охлаждения воздуха создается избыток водяного пара, который переходит из газообразного состояния в капельно-жидкое (конденсация) или непосредственно в твердо-кристаллическое (сублимация). При обилии в приземном воздухе продуктов конденсации или сублимации водяного пара, то есть мельчайших капелек влаги или ледяных кристалликов, прозрачность воздуха уменьшается так, что горизонтальная дальность видимости падает до 1 км или того меньше. В таком случае говорят о наступлении метеорологического явления, называемого туманом. Туманы могут возникать не только из-за охлаждения воздуха, но и вследствие усиленного испарения влаги с теплой водной поверхности, температура которой на 10°C или более превышает температуру воздуха. Их так и называют: туманы охлаждения и туманы испарения.

Прогноз туманообразования, таким образом, сводится к прогнозу условий, благоприятствующих этим двум процессам: прогнозу охлаждения воздуха до температуры конденсации или сублимации, при которой водяной пар начнет превращаться в капельки воды или кристаллики льда, или же, если есть обширный водоем и предполагается, что температура воды будет значительно выше, чем температура воздуха, — прогнозу интенсивного испарения.

Охлаждение воздуха может происходить вследствие интенсивного излучения земной поверхности, когда отток

тепла от земной поверхности больше его притока к ней, то есть так называемым радиационным путем — при тихой малооблачной погоде — или же путем переноса воздуха из одной местности в другую. В первом случае возникают ночные или утренние, так называемые радиационные, туманы, обычно рассеивающиеся днем при нагревании воздуха. Для их прогноза у синоптиков есть различные методы расчета температуры и времени туманообразования, есть также графики, облегчающие выполнение таких расчетов. Во втором случае возникают адвективные (переносимые) туманы, они могут быть и при значительном ветре. Для их прогноза используются другие методы и требуется выполнение несколько иных и более сложных расчетов, связанных с учетом переноса влажного воздуха и его взаимодействия с поверхностями суши и воды. Адвективные туманы могут оставаться плотными и днем.

Из сказанного ясно, что прогноз тумана — довольно сложная задача, при решении которой надо учитывать состояние и возможное изменение целого комплекса метеорологических величин, в том числе температуры и влажности воздуха, наличия облачности, ветра. Нужно также принимать во внимание состояние почвы, ее способность испарять влагу и т. п.

11. 13. Как предсказывают дымку?

Дымка — явление, имеющее ту же природу, что и туман. Дымка может быть влажная (когда воздух изобилует капельками влаги) и морозная (кристалликами льда), но при ней прозрачность воздуха ухудшается не так сильно, как при тумане: горизонтальная дальность видимости остается более 1 км, но не превышает 10 км. Различие между дымкой и туманом чисто количественное — в интенсивности замутнения воздуха продуктами конденсации или сублимации водяного пара. Образование дымки сопутствует каждому случаю прихода влажного воздуха, охлаждающегося в приземном слое по той или иной причине. Это упрощает задачу ее прогноза: практически, чтобы предсказать дымку, синоптикам достаточно определить по картам погоды тип воздушной массы, которая будет в интересующем их районе. Однако определить, какая конкретно видимость будет при дымке, сложнее, поскольку она может колебаться в широких пределах. Для решения этой задачи без расчетов уже не обойтись. Для расчетов можно использовать те же графики, что и для прогноза тумана. Эти графики позволяют определять возможность

образования как одного, так и другого явления и различную степень их интенсивности.

11.14. В чем особенности прогноза сухой мглы и индустриальной дымки?

Сухая мгла и индустриальная дымка возникают вне связи с процессами конденсации водяного пара. Они образуются при скоплении в воздухе аэрозольных тел — мельчайших частичек континентальной пыли и индустриальных примесей. Если же одновременно с этим наблюдаются приземные инверсии температуры, то есть воздух у земли оказывается холоднее, чем на некоторой высоте над нею, видимость заметно ухудшается, так как инверсии присуща способность задерживать попадающие в воздух примеси, создавать условия для увеличения их концентрации. Прогноз сухой мглы и индустриальной дымки также требует учета типа воздушной массы, но, кроме того, и ожидаемого вертикального распределения температуры, а также направления ветра, с которым могут переноситься индустриальные загрязнения воздуха, способствующие образованию индустриальной дымки. Качественная сторона задачи прогноза, то есть предсказание самого факта этих метеорологических явлений, для синоптиков не представляет большой трудности. Но вот оценка количественной стороны явления — его интенсивности и связанной с ним видимости — представляет значительные трудности.

11.15. Как предсказывают метели?

Метели синоптики предсказывают на основе анализа карт погоды. На этих картах хорошо видны зоны распространения метелей и направление, в котором они перемещаются. Выполнив необходимые расчеты, синоптики определяют районы, где можно ждать метели в ближайшие часы и даже сутки. Однако метели не только перемещаются из одного района в другой, но и возникают, если для этого создаются благоприятные условия; они также могут изменять свою интенсивность, усиливаться или ослабевать, а также прекращаться совсем. Поэтому синоптики оценивают и возможность возникновения метелевых ситуаций, то есть такого сочетания метеорологических величин, когда возможны метели.

Метели бывают низовые и общие. Низовые метели возникают при наличии сухого свежеснеженного снега и ветра, скорость которого превышает 7 м/с (см. 5.17). Прогноз низовой метели, следовательно, сводится к прогно-

зу ветра скоростью более 7 м/с и учету состояния имеющегося снежного покрова. Если снег сухой, рыхлый, но ветер всего 5—6 м/с, может возникнуть поземок. Синоптик обязан в своих расчетах правильно оценить, какое из этих двух явлений возникнет. Общая метель возникает при выпадении снега из облаков и сильном ветре, скорость которого должна быть не менее 7 м/с. Прогноз общей метели, таким образом, связан с прогнозом облачности, снегопада и ветра. Метелевая обстановка обычно возникает при прохождении атмосферных фронтов. Длительные затяжные метели чаще всего возникают на теплых фронтах, короткие сильные метели — на холодных фронтах. Следовательно, синоптик для прогноза метелей должен правильно спрогнозировать время прохождения атмосферных фронтов. В этом ему помогают расчеты на ЭВМ и составляемые с помощью машин прогностические карты погоды.

11.16. Как предсказывают облачность?

Из космоса наша планета выглядит шаром, примерно половина поверхности которого закрыта облаками. Но облака покрывают Землю неравномерно — над одними участками они видны в большом количестве и выглядят плотной сплошной массой, над другими разбросаны мелкими группками, как бы пятнами или полосами, а над третьими их очень мало или нет вовсе. Сплошные массы облаков наблюдаются над циклонами, где имеется круговое восходящее движение воздуха и могут существовать атмосферные фронты. Пятна или полосы наблюдаются над прогреваемой солнечными лучами подстилающей земной поверхностью на значительном удалении от центров циклонов или на периферии областей высокого давления — антициклонов, где нет активных атмосферных фронтов. Над центральными частями антициклонов и их гребнями облаков обычно не бывает — здесь наблюдается нисходящее движение воздуха, его нагревание и «высушивание».

Следя по картам погоды за расположением облачных массивов, и их перемещением, синоптики в состоянии рассчитать время появления облаков над интересующей их местностью. Наблюдая за развитием циклонов и антициклонов, атмосферных фронтов и других синоптических объектов, они могут также оценить возможность возникновения облаков или их рассеивания. Вычисляя с помощью ЭВМ вертикальные токи воздуха, они могут предвидеть, где будут возникать облака, а где не будут. Однако решать задачу о прогнозе облачности совсем не просто. Надо

учитывать еще и другие факторы, влияющие на процесс образования облаков: изменение свойств воздуха при его взаимодействии с земной поверхностью, испарение с поверхности воды и суши, влияние рельефа, суточный ход температуры и влажности воздуха, освещенность отдельных участков Земли солнечными лучами и многое, многое другое...

Синоптикам надо предсказать не только наличие облаков, но и их количество (оно определяется в баллах, то есть в десятых долях небосвода, закрываемых облаками), а также и форму облачности, высоту ее нижней и верхней границ. Здесь синоптику немало помогает личный опыт.

11.17. Как предсказывают осадки?

Все наиболее существенные для человеческой деятельности осадки выпадают из облаков. Это дождь, снег, град, морось, ледяная крупа, снежные зерна и снег с дождем или мокрый снег. Некоторые виды осадков могут выпадать из воздуха, без облаков: роса, иней, изморозь, ледяные кристаллы. Однако по количеству и частоте выпадения их даже нельзя сравнивать с осадками из облаков. Ежедневно из облаков на Землю выпадает 800 млрд. т пресной воды в виде различных осадков, за год это составляет слой метровой толщины... Однако выпадают осадки на земной поверхности очень неравномерно и, кроме того, с очень различной регулярностью в различные сезоны.

В принципе прогнозировать осадки можно исходя из прогноза облачности: метеорологам хорошо известно, какие облака дают осадки, а какие нет, помимо этого, известно, из каких облаков какие выпадают осадки.

Облака верхнего яруса, состоящие из одних ледяных кристаллов, — перистые, перисто-слоистые и перисто-кучевые — осадков не дают совсем. Из облаков среднего яруса (высоко-слоистые и высоко-кучевые), состоящих из смеси кристаллов и очень мелких капелек переохлажденной воды, осадков, достигающих поверхности земли, также практически не выпадает, если не считать отдельных снежинок в зимнее время. Фронтальные облака, расположенные в нижней тропосфере, неоднородные по структуре, размерам водяных капель и ледяных кристаллов, из которых они состоят, дают интенсивные обложные осадки в виде дождя, снега и мороси (это главным образом слоисто-дождевые облака и сопутствующие им разорванно-дождевые и слоистые облака). Слабые обложные, выпадающие с перерывами осадки могут давать и нефронтальные слоистые и слоисто-кучевые облака (в основном в холодное

время года). Наконец, осадки ливневого типа, сильные и сравнительно непродолжительные, выпадают из самых мощных, сильно развитых по вертикали облаков, имеющих смешанную структуру, — кучево-дождевых и мощно-кучевых.

В первом приближении задача прогноза осадков может считаться решенной, если успешно решена задача прогноза облачности. На деле бывает несколько сложнее, но не будем вдаваться здесь в детали технологии прогноза осадков, интересные лишь профессионалам-метеорологам.

11.18. Какие осадки предсказывать труднее всего?

Труднее всего предсказывать выпадение осадков из облаков, которых еще нет и возникновение которых еще только ожидается. Так как в этом случае «прогноз составляется по прогнозу», то вероятность правильности прогноза осадков будет равна произведению вероятностей правильности двух прогнозов (например, при оправданности каждого вида прогноза в отдельности, равной 0,8, итоговая вероятность окажется равной 0,64). Иначе говоря, возможность ошибки возрастает. Следовательно, легче прогнозировать осадки из уже имеющихся облаков, из которых выпадает дождь или снег в другом районе, откуда облака и осадки могут прийти с воздушным потоком в интересующий нас район. Так бывает при фронтальных осадках, охватывающих большой район и перемещающихся с определенной закономерностью. Труднее предвидеть осадки в безоблачную погоду при отсутствии атмосферных фронтов: нужно определить возможность развития внутримассовой облачности и достижения ею такой стадии, когда облака начнут давать осадки. Можно ошибиться в оценке интенсивности процесса и определении времени начала выпадения осадков и, наконец, что весьма существенно, — в месте выпадения осадков при правильном прогнозе двух предшествующих деталей: осадки из развивающегося отдельного кучево-дождевого облака могут выпасть не в том пункте, в котором их ожидали, а рядом, в нескольких километрах в стороне, поскольку они будут носить локальный характер, свойственный внутримассовым ливневым осадкам. Ливни выпадают пятнами; даже в пределах одного города они могут быть в одном районе и не быть в соседнем, чего не случается с обложными дождями или снегопадами.

Еще труднее предсказать вид осадков из отдельных облаков: выпадет ли просто дождь или дождь с градом. В итоге можно сказать, что труднее всего предвидеть выпадение определенного вида внутримассовых осадков

в конкретном месте, в определенное время. Именно поэтому такого вида прогнозы составляются не для отдельных населенных пунктов, а для района. Для таких осадков вполне правомерны формулировки типа: «местами кратковременные ливневые дожди». Мы не вправе требовать от синоптиков больше того, что они в состоянии дать.

11.19. Как предсказывают пыльные бури?

Возникновение пыльных бурь связано с двумя условиями: соответствующим состоянием почвы и достаточной скоростью ветра. Если почва сухая, рыхлая, лишена снежного или травяного покрова, то при сильном ветре она легко выдувается и в воздух вздымаются облака пыли — начинается пыльная буря. Чтобы предсказать ее возникновение, надо убедиться в наличии первого из перечисленных условий. Если первое условие налицо — а об этом позволяют судить количество выпавших осадков, время и продолжительность их выпадения, данные о влагосодержании почвы, температуре воздуха, — синоптики могут безошибочно предсказать пыльную бурю, как только обнаружат на картах погоды типичную ситуацию для возникновения сильных устойчивых ветров. Обычно это бывает периферийная часть мощного устойчивого антициклона над Азией в зимнее время года. В бесснежные зимы над Поволжьем, Северным Кавказом, югом Украины при этом могут быть пыльные бури. В Средней Азии, где легкие лёссовые почвы, они могут возникать и при других ситуациях, иногда вслед за вторжением холодного воздуха, на холодных атмосферных фронтах.

Для предсказания пыльных бурь требуется хорошее знание местных условий, наличие обширной метеорологической информации и владение методикой прогноза этого опасного явления погоды.

11.20. Как предсказывают шторм на море?

Морские синоптики предсказывают штормовую погоду, пользуясь картами погоды и данными метеорологических искусственных спутников Земли. Штормы на море вызываются циклонами, в которых есть обширные зоны ненастной погоды с сильным ветром и связанным с ним волнением моря. Наличие циклонов и их перемещение фиксируется на картах погоды и фотографиях поверхности океана со спутников. Будущее положение циклонов предвычисляется с помощью ЭВМ. Вся сумма информации о циклонах позволяет синоптикам предвидеть приход штормовой погоды. Волнение моря может возникнуть и при совершенно

безоблачном небе — когда вдали от интересующего нас участка моря или побережья проходит циклон. Морские метеорологи в состоянии предсказать и такую ситуацию. Иногда волнение моря наблюдается даже в тихую погоду — это так называемая мертвая зыбь — волнение, пришедшее издалека. Для прогноза штормов на море у метеорологов также есть специальная методика.

11.21. Как предсказывают сильные морозы зимой?

Прогноз температуры воздуха для синоптиков — одна из наиболее простых задач, хотя в отдельных случаях и он представляет определенные трудности. Дело в том, что температура в приземном слое воздуха сильно зависит от состояния облачности и просчеты в прогнозе облачности почти неизбежно влекут за собой ошибки в прогнозе температуры. Однако изменения температуры поддаются строгим вычислениям, с помощью ЭВМ они производятся достаточно надежно. Случаи сильных морозов в средних широтах связаны обычно с вторжением масс очень холодного воздуха из арктических районов. Чаще всего это бывает после прохождения глубоких циклонов, в тыл которых и втягивается холодный арктический воздух. Процесс таких вторжений холода из Арктики хорошо прослеживается на картах погоды. На них же видны и те низкие температуры воздуха, которыми характеризуется каждое вторжение. На прогностических картах погоды, получаемых с помощью расчетов на ЭВМ, видно ожидаемое положение всех барических систем — циклонов и антициклонов, по ним же легко определяется, какие воздушные массы циркулируют в этих системах. Это облегчает синоптикам прогноз температуры в каждом интересующем нас районе, в том числе и прогноз экстремально низких температур, то есть сильных морозов, приносимых к нам из Арктики.

В Сибири сильные морозы могут наблюдаться и без вторжений арктических масс воздуха: в условиях длительной безоблачной антициклонической погоды и безветрия местный воздух в приземном слое сильно выхолаживается и морозы в континентальных районах средних широт нередко бывают сильнее, чем в Арктике. Эти случаи также без особого труда могут быть предсказаны синоптиками, даже без привлечения к расчетам ЭВМ.

11.22. Можно ли предсказать засуху?

Современные методы краткосрочных прогнозов позволяют предсказать сохранение засухи, если она налицо,

или прекращение ее с заблаговременностью в несколько дней. Прогноз же засухи с заблаговременностью в несколько месяцев или даже недель — задача долгосрочной синоптики. Пока достаточно надежно эта задача не поддается решению. Если же говорить точнее, надежный прогноз засухи возможен лишь в некоторых случаях и не всегда с требуемой заблаговременностью.

11.23. Можно ли предвидеть возникновение смерчей?

С помощью радиолокационных наблюдений за облачностью, а также данных радиозондирования атмосферы можно обнаружить облака, способные породить смерч. Это сильно развитые по вертикали кучево-дождевые облака, несущие в себе огромные запасы избыточной тепловой энергии, выделяющейся при конденсации водяного пара. Такое облако должно иметь вертикальные и горизонтальные размеры не менее 10 км. Однако не каждое таких размеров кучево-дождевое облако порождает смерч. Кучево-дождевые облака дают ливни, грозовые разряды, иногда из них выпадает град или дождь со снегом, лишь некоторые способны вызвать смерч. Таким образом, определить по радиолокационным наблюдениям время и место возникновения смерчей нельзя. Можно лишь определить наличие условий, благоприятных для образования смерчей.

По данным радиозондирования представляется возможным определить мощность слоя термодинамически неустойчивого воздуха, богатого влагой. Если она не менее нескольких километров, удельная влажность в приземном слое — не менее 10 г/кг, а температура с высотой уменьшается не менее чем на 10°C на каждый километр, то в таком воздухе возможно развитие мощных кучево-дождевых облаков, способных породить смерч, то есть наличие необходимые для этого условия. Однако определить, достаточны ли эти условия, практически нельзя.

11.24. Как предсказывают грозы?

Поскольку грозы могут возникать как на атмосферных фронтах (фронтальные грозы), так и вне их, в термодинамически неустойчивом воздухе (внутримассовые грозы), то их прогноз сводится, во-первых, к оценке синоптических условий (наличие атмосферных фронтов, их состояние и время прохождения, наличие грозовой активности или же развитие неустойчивости в воздушной массе при типичных для грозовой активности условиях циркуляции), а во-вторых — к расчетам времени и интенсивности проявления термодинамической неустойчивости в интересующем нас

районе с учетом особенностей местности и взаимодействия воздушной массы с подстилающей поверхностью.

Существует несколько методик прогноза гроз. Для внутримассовых гроз суть всех их сводится к учету состояния воздуха у земли и на всех доступных инструментальным измерениям высотах в ранние утренние часы и определению изменения этого состояния в дневное время при максимальном нагревании земной поверхности солнечными лучами. Для этого требуются данные о температуре, влажности воздуха, атмосферном давлении и ветре у поверхности земли и на высотах, то есть материалы приземных и аэрологических наблюдений (радиотемпературного и радиовеетрового зондирования атмосферы), а также карты погоды — приземные и высотные.

На специальном бланке аэрологической диаграммы синоптики обычно по данным ночного радиозондирования строят две кривые — фактического и ожидаемого днем состояния атмосферы (кривая стратификации и кривая состояния). Сопоставив положение этих двух кривых и оценив размеры площади между ними на диаграмме, синоптик может количественно оценить степень неустойчивости воздуха и ожидаемый днем уровень проявления этой неустойчивости: произойдет ли развитие кучевой облачности или нет; если произойдет, то какая это будет облачность (плоская кучевая, мощно-кучевая или кучево-дождевая); дойдет ли дело до выпадения ливневых осадков или нет, будут ли осадки сопровождаться грозовыми разрядами, есть ли вероятность выпадения града...

Составление такого прогноза требует, помимо владения методами, еще и опыта, хорошего знания местных условий и всех особенностей грозовой деятельности в каждом сезоне и в каждой типичной ситуации.

11.25. С какой заблаговременностью могут надежно предсказываться грозы?

Для обширной территории грозы могут быть предсказаны достаточно надежно за сутки, это позволяют сделать карты погоды. Для населенного пункта прогноз гроз за сутки не может считаться надежным. В этом случае требуются уточнение и детализация суточного прогноза гроз на основе анализа аэрологической диаграммы, то есть данных радиозондирования за ночной или ранний утренний срок наблюдений. Поэтому заблаговременность составления надежного прогноза сокращается до 9—6 ч. Уточнить прогноз можно и по данным метеорологических радиолокаторов и грозопеленгаторов. Эти приборы фикси-

руют уже возникшие грозные очаги, помогают определить их перемещение, а следовательно, и дать предупреждение о приближающейся грозе за несколько часов до ее прихода в интересующий нас населенный пункт. Помогают в оценке условий появления гроз и местные признаки, в первую очередь характерные облака.

ПОГОДА И ТРАНСПОРТ



Транспорт — одна из наиболее зависимых от погоды отраслей народного хозяйства. Особенно это верно для воздушного транспорта, для обеспечения нормальной работы которого требуется самая полная, детальная информация о погоде, как о фактически наблюдающейся, так и об ожидаемой по прогнозу. Специфика требований транспорта к метеорологической информации заключается в масштабности сведений о погоде — маршруты воздушных, морских судов и автомобильных грузоперевозок имеют протяженность, измеряемую многими сотнями и тысячами километров; кроме того, метеорологические условия оказывают решающее влияние не только на экономические показатели работы транспортных средств, но и на безопасность движения; от состояния погоды и качества информации о ней нередко зависят жизнь и здоровье людей.

Для удовлетворения потребностей транспорта в метеорологической информации оказалось необходимым не только создать специальные метеорологические службы (авиационные и морские — повсеместно, а в отдельных странах еще и железнодорожные, автомобильные), но и развить новые отрасли прикладной метеорологии: авиационную и морскую метеорологию.

Многие атмосферные явления представляют опасность для воздушного и морского транспорта, некоторые же метеорологические величины для обеспечения безопасности полетов современных самолетов и плавания современных морских судов должны измеряться с особой точностью. Для нужд авиации и флота понадобились новые сведения, которыми раньше не располагали климатологи. Все это потребовало перестройки уже сложившейся было

и успешней стать «классической» науки климатологии.

Влияние потребностей транспорта на развитие метеорологии за последние полвека стало решающим, оно повлекло за собой и техническое переоснащение метеорологических станций, и использование в метеорологии достижений радиотехники, электроники, телемеханики и т. п., а также совершенствование методов прогноза погоды, внедрение средств и методов предвычисления будущего состояния метеорологических величин (атмосферного давления, ветра, температуры воздуха) и расчета перемещения и эволюции важнейших синоптических объектов, таких, как циклоны и их ложбины с атмосферными фронтами, антициклоны, гребни и т. п.

12.1. Что такое авиационная метеорология?

Это прикладная научная дисциплина, занимающаяся изучением влияния метеорологических факторов на безопасность, регулярность и экономическую эффективность полетов самолетов и вертолетов, а также разрабатывающая теоретические основы и практические приемы их метеорологического обеспечения. Образно говоря, авиационная метеорология начинается с выбора местоположения аэропорта, определения направления и требуемой длины взлетно-посадочной полосы на аэродроме и последовательно, шаг за шагом, исследует целый комплекс вопросов о состоянии воздушной среды, определяющем условия полетов. При этом значительное внимание она уделяет и вопросам чисто прикладным, таким, как составление расписания полетов, которое должно оптимальным образом учитывать состояние погоды, или содержание и форма передачи на борт заходящего на посадку самолета информации о характеристиках приземного слоя воздуха, имеющих решающее значение для безопасности приземления самолета.

12.2. Насколько зависит от условий погоды безопасность полетов?

По данным Международной организации гражданской авиации — ИКАО (аббревиатура от английского названия International Civil Aviation Organization), за последние 25 лет неблагоприятные метеорологические условия были официально признаны причиной от 6 до 20% авиационных происшествий; кроме того, еще в большем (в полтора раза) количестве случаев они явились косвенной или сопутствующей причиной таких происшествий. Таким образом, примерно в трети всех случаев неблагоприятного завершения

полетов условия погоды сыграли непосредственную или косвенную роль.

12.3. В какой мере метеорологические условия влияют на регулярность полетов?

По данным ИКАО, нарушения расписания полетов из-за погоды за последние десять лет в зависимости от времени года и климата района происходят в среднем в 1—5% случаев. Больше половины этих нарушений составляют отмены рейсов из-за неблагоприятных условий погоды в аэропортах вылета или назначения. Статистика последних лет показывает, что на отсутствие требуемых условий погоды в аэропортах назначения приходится до 60% отмен, задержек рейсов и посадок самолетов. Конечно, это средние цифры. Они могут не совпадать с действительной картиной в отдельные месяцы и сезоны, так же как и в отдельных географических районах.

12.4. Что влечет за собой нарушение регулярности полетов из-за погоды?

Отмену полетов и возврат купленных пассажирами билетов, изменение маршрутов и возникающие при этом дополнительные расходы, увеличение продолжительности полетов и дополнительные затраты на топливо, расход моторесурсов, оплату услуг и обеспечения полетов, амортизацию оборудования. Так, в США и Великобритании убытки авиакомпаний из-за погоды составляют ежегодно от 2,5 до 5% общего годового дохода. Кроме того, нарушение регулярности полетов приносит авиакомпаниям моральный ущерб, который в конечном итоге также оборачивается уменьшением доходов.

Совершенствование бортового и наземного оборудования систем посадки самолетов позволяет уменьшать так называемые посадочные минимумы и тем самым снижать процент нарушений регулярности вылетов и посадок из-за неблагоприятных метеорологических условий в аэропортах назначения.

12.5. Какие метеорологические условия могут препятствовать выполнению полетов или затруднять их?

Это прежде всего условия так называемых минимумов погоды — дальности видимости, высоты нижней границы облаков, скорости и направления ветра, устанавливаемых для пилотов (в зависимости от их квалификации), воздушных судов (в зависимости от их типа) и аэродромов (в зависимости от их технического оборудования и ха-

рактических местности). При фактических условиях погоды ниже установленных минимумов выполнять полеты из соображений безопасности запрещено. Кроме того, существуют опасные для полетов метеорологические явления, затрудняющие или сильно ограничивающие выполнение полетов (частично они рассмотрены в гл. 4 и 5). Это турбулентность воздуха, вызывающая болтанку самолетов, грозы, град, обледенение самолетов в облаках и осадках, пыльные и песчаные бури, шквалы, смерчи, туман, снежные заряды и метели, а также сильные ливни, резко ухудшающие видимость. Еще следует упомянуть опасность разрядов статического электричества в облаках, снежные заносы, слякоть и гололед на взлетно-посадочной полосе (ВПП) и коварные изменения ветра в приземном слое над аэродромом, называемые вертикальным сдвигом ветра (см. 12.9).

12.6. Какие минимальные условия погоды необходимы для безопасности посадки самолета?

Среди большого количества минимумов, устанавливаемых в зависимости от квалификации пилотов, оборудования аэродромов и самолетов, а также географии местности, можно выделить три категории международных минимумов ИКАО по высоте облаков и дальности видимости на аэродроме, в соответствии с которыми разрешается выполнять взлет и посадку самолетам при сложных условиях погоды:

1-я категория — дальность видимости не менее 800 м и высота облаков не менее 60 м;

2-я категория — дальность видимости не менее 400 м и высота облаков не менее 30 м;

3-я категория — дальность видимости не менее 200 м и высота облаков без ограничений.

12.7. Есть ли различия между минимумами погоды для сверхзвуковых самолетов и для обычных самолетов?

Принципиальных различий нет: сверхзвуковые самолеты совершают взлеты и посадки на тех же режимах скорости, что и обычные самолеты. Сверхзвуковые режимы применяются только на значительной высоте, как правило уже в стратосфере, то есть практически на эшелоне, а не при снижении для захода на посадку или непосредственно после взлета, когда самолет только начинает набирать высоту. Однако сверхзвуковые самолеты в большей мере зависят от режима температуры — при температуре возду-

ха, значительно превышающей расчетные ее значения для СА, их двигатели расходуют слишком много топлива, из-за чего полеты становятся с экономической точки зрения нецелесообразными.

12.8. Какие метеорологические условия считаются для авиации сложными?

В гражданской авиации нашей страны согласно действующим нормативам сложными считаются следующие метеорологические условия: высота облаков 200 м и менее (при том, что они закрывают не менее половины небосвода) и дальность видимости 2 км и менее. Сложными считаются и такие условия погоды, когда налицо одно или несколько метеорологических явлений, отнесенных к числу опасных для полетов.

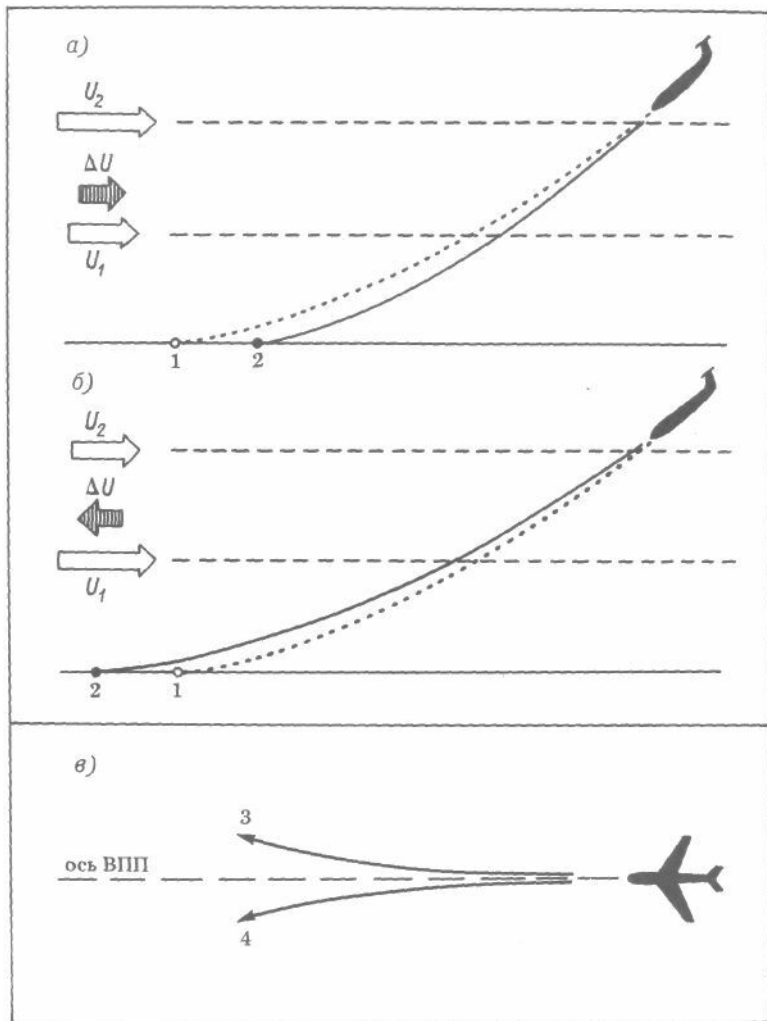
Нормативы сложных метеорологических условий не являются стандартными: есть экипажи, которым разрешено выполнение полетов и при значительно худших условиях погоды. В частности, все экипажи, летающие по минимумам ИКАО 1, 2 и 3-й категорий, могут выполнять полеты в сложных метеорологических условиях, если нет опасных метеорологических явлений, непосредственно препятствующих полетам.

В военной авиации ограничения по сложным метеорологическим условиям несколько менее жесткие. Существуют даже так называемые «всепогодные» самолеты, оснащенные для полетов в очень сложных метеорологических условиях. Однако и они имеют ограничения по погоде. Полной независимости полетов от условий погоды практически не существует.

Таким образом, «сложные метеороусловия» — понятие условное, его нормативы связаны с квалификацией летного состава, техническим оснащением самолетов и оборудованием аэродромов.

12.9. Что такое сдвиг ветра и как он влияет на полеты самолетов и вертолетов?

Сдвиг ветра — это изменение вектора ветра (скорости и направления ветра) на единицу расстояния. Различают вертикальный сдвиг ветра и горизонтальный. Вертикальный сдвиг принято определять как изменение вектора ветра в метрах в секунду на 30 м высоты; в зависимости от направления изменения ветра относительно движения самолета вертикальный сдвиг может быть продольным (попутным — положительным или встречным — отрицательным) или же боковым (левым или правым). Горизон-



58. Влияние вертикального сдвига ветра U на точность приземления самолета:
 а — встречный вертикальный сдвиг ветра; б — попутный; в — боковой;
 1 — расчетная точка приземления, 2 — фактическая, 3, 4 — уход от оси ВПП

тальный сдвиг ветра измеряется в метрах в секунду на 100 км расстояния.

Сдвиг ветра является показателем неустойчивости состояния атмосферы, способной вызывать болтанку самолета, создавать помехи полетам и даже — при некоторых предельных значениях его величины — угрожать безопасности полетов. Вертикальный сдвиг ветра более 4 м/с на 30 м высоты считается опасным для полетов метеорологическим явлением.

Вертикальный сдвиг ветра, кроме того, влияет на точность приземления самолета, выполняющего посадку (рис. 58). Если пилот самолета не будет парировать его воздействие работой двигателя или рулями, то при переходе снижающегося самолета через линию сдвига ветра (из верхнего слоя с одним значением ветра в нижний слой с другим его значением), вследствие изменения воздушной скорости самолета и его подъемной силы, самолет сойдет с расчетной траектории снижения (глиссады) и приземлится не в заданной точке взлетно-посадочной полосы, а дальше или ближе ее, левее или правее оси ВПП.

12. 10. Как определяют наличие сдвига ветра и его величину?

Определение вертикального сдвига ветра в районе аэродрома — одна из сложных проблем авиационной метеорологии. Обычные технические средства определения скорости ветра на высотах для этого непригодны из-за слишком больших погрешностей. Установка на аэродроме высоких мачт с приборами для точного измерения ветра исключается по соображениям безопасности полетов. Бортовое оборудование самолетов позволяет только качественно определить наличие сдвига ветра на глиссаде, без точной его количественной оценки. Для точного же расчета вертикального сдвига ветра используются установленные экспериментальным путем зависимости между скоростью и направлением ветра на различных уровнях в условиях данного аэродрома.

12. 11. Что такое обледенение самолетов и в чем его опасность?

Обледенение самолета, то есть отложение льда на его поверхности или на отдельных деталях конструкций, на входных отверстиях некоторых приборов, происходит чаще всего во время полета в облаках или дожде, когда переохлажденные капли воды, содержащиеся в облаке или осадках, сталкиваясь с самолетом, замерзают. Реже

бывают случаи отложения льда или изморози на поверхности самолета вне облачности и осадков, так сказать в «чистом небе». Такое явление может иметь место во влажном воздухе, который теплее наружной поверхности самолета.

Для современных самолетов обледенение уже не представляет серьезной опасности, так как они оснащены надежными антиобледенительными средствами (электрообогрев уязвимых мест, механическое скалывание льда и химическая защита поверхностей). Кроме того, лобовые поверхности самолетов, летящих со скоростью более 600 км/ч, сильно нагреваются вследствие торможения и сжатия воздушного потока, обтекающего самолет. Это так называемый кинетический нагрев деталей самолета, из-за которого температура поверхности самолета сохраняется выше точки замерзания воды даже при полете в облачном воздухе со значительной отрицательной температурой.

Однако интенсивное обледенение самолета при вынужденном длительном полете в переохлажденном дожде или в облаках с большой водностью представляет реальную опасность и для современных самолетов. Образование плотной корки льда на фюзеляже и оперении самолета нарушает аэродинамические качества воздушного судна, так как происходит искажение обтекания поверхности самолета воздушным потоком. Это лишает самолет устойчивости полета, снижает его управляемость. Лед на входных отверстиях воздухозаборника двигателя уменьшает тягу последнего, а на приемнике воздушного давления — искажает показания приборов воздушной скорости и т. д. Все это очень опасно при несвоевременном включении антиобледенительных средств или при отказе последних.

По статистике ИКАО, из-за обледенения ежегодно происходит около 7% всех авиационных катастроф, связанных с метеорологическими условиями. Это немногим меньше 1% всех авиакатастроф вообще.

12. 12. Существуют ли воздушные ямы?

В воздухе никаких участков пространства с вакуумом, или воздушных ям, существовать не может. Но вертикальные порывы в беспокойном, турбулентно возмущенном потоке вызывают броски самолета, создающие впечатление его проваливания в пустоты. Они-то и породили этот термин, в наши дни уже выходящий из употребления. Болтанка самолета, связанная с турбулентностью воздуха, вызывает неприятные ощущения у пассажиров и экипажа

самолета, затрудняет полет, а при чрезмерной интенсивности может представлять и опасность для полета.

12.13. Что такое потолок самолета?

Это наибольшая высота, на которую может подняться самолет при определенном режиме полета. Потолок самолета зависит от его конструкции, рассчитанной на стандартные условия состояния атмосферы.

При горизонтальном полете двигатели самолета имеют некоторый запас мощности — избыток тяги, используя который можно набирать высоту, то есть иметь в полете некоторую вертикальную скорость. Высота, на которой у самолета иссякает избыток тяги и вертикальная скорость становится равной нулю, и есть теоретический потолок самолета. Однако на такой высоте устойчивость и управляемость самолета становятся недостаточными, и в интересах обеспечения безопасности полетов пользуются практическим потолком, или так называемой предельно допустимой высотой полета, на которой максимальная вертикальная скорость равна для реактивных самолетов 5 м/с, а для поршневых 0,5 м/с.

В реальной обстановке конкретного полета практический потолок может несколько изменяться в зависимости от фактически наблюдающихся атмосферных условий, отличных от расчетных значений стандартной атмосферы.

12.14. Как зависит от метеорологических условий предельно допустимая высота полета?

Для современных самолетов, летающих с дозвуковой скоростью, предельно допустимая высота полета возрастает на 50 м на каждый градус отрицательного отклонения температуры на этой высоте от значений ее в СА и, наоборот, она понижается на 50 м на каждый градус положительного отклонения температуры воздуха от СА. Таким образом, чем ниже температура воздуха на высотах, тем выше практический потолок, или предельно допустимая высота полета самолета. Для сверхзвуковых самолетов отклонение температуры воздуха от СА дает приблизительно в два раза больший эффект — каждому градусу отклонения температуры соответствует 100 м изменения высоты.

12.15. Что такое «число М»?

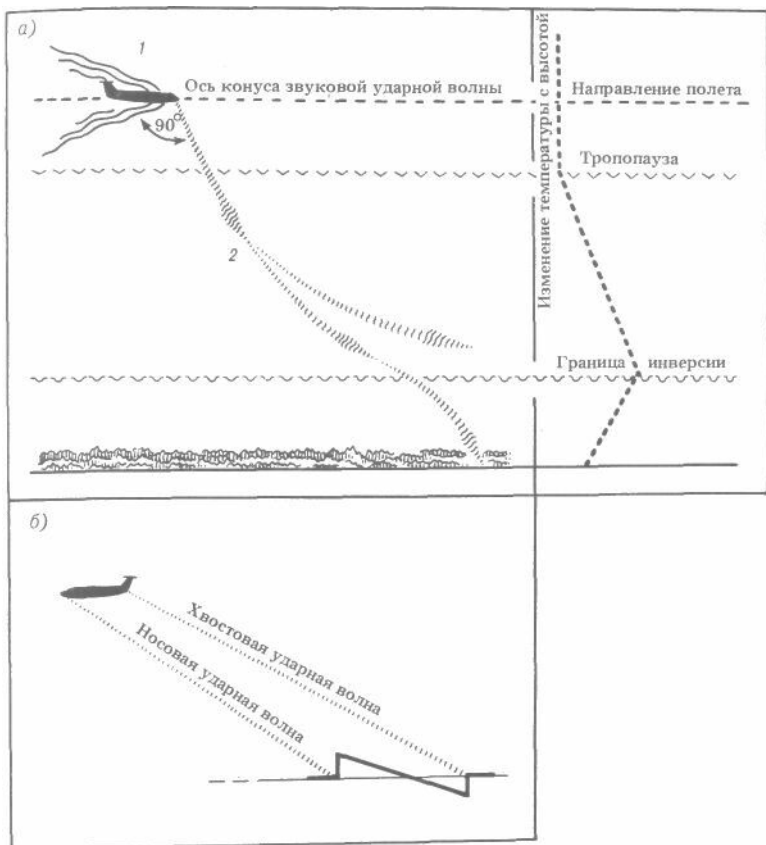
Это характеристика сжимаемости воздушного потока. Число M отражает отношение воздушной скорости к ско-

рости звука. Скорость звука в атмосфере, как известно, возрастает с ростом температуры воздуха. Число M , следовательно, зависит не только от скорости перемещения самолета в воздухе, но и от температуры воздуха. При равенстве значений воздушной скорости и скорости звука число $M = 1$. Поэтому при $M < 1$ режим полета самолета считается дозвуковым, а при $M > 1$ — сверхзвуковым. Так как характер обтекания самолета воздушным потоком зависит от степени сжимаемости последнего, то число M является еще и характеристикой воздушного потока: при $M < 0,5$ поток — несжимаемый дозвуковой, при $0,5 < M < 0,8$ — сжимаемый дозвуковой, при $0,8 < M < 1,2$ — околосзвуковой, при $1,2 < M < 5$ — сверхзвуковой, а при $M > 5$ — гиперзвуковой.

От значений числа M зависят такие важнейшие характеристики самолета, как подъемная сила, лобовое сопротивление, предельно допустимая скорость полета. У сверхзвуковых самолетов, кроме того, число M определяет угол, под которым распространяется за самолетом ударная (звуковая) волна. Синус угла между направлением полета сверхзвуковых самолетов и фронтом ударной волны — величина обратная пропорциональная числу M .

12.16. Что представляет собой звуковой удар, возникающий за сверхзвуковым самолетом?

Сверхзвуковой самолет, как и всякое твердое тело, движущееся со скоростью, превышающей скорость звука, сталкиваясь с частицами воздуха, порождает ударные волны. За самолетом возникает так называемый конус возмущений, представляющий собой фронт ударной волны — границу между возмущенным и невозмущенным пространством, где наблюдается скачок уплотнений, то есть резкое изменение давления, плотности и температуры воздуха. При достижении земной поверхности фронт ударной (звуковой) волны вызывает мгновенное колебание давления — звуковой удар, напоминающий звук орудийного выстрела (рис. 59). Интенсивность звукового удара зависит от многих факторов, в том числе от высоты, режима и скорости полета, определяемых конструкцией, массой самолета и состоянием атмосферы (распределением с высотой температуры, влажности воздуха и скорости ветра). Максимальной силы звуковой удар достигает при переходе от дозвукового режима полета к сверхзвуковому и наоборот, то есть при резких изменениях скорости полета, когда самолет преодолевает звуковой барьер. В некото-



59. Природа ударной волны, возникающей за сверхзвуковым самолетом (а), и форма барограммы при ударной волне (б). 1 — конус возмущений, 2 — фронт ударной волны

рых случаях сила звукового удара за сверхзвуковым самолетом может быть столь значительной, что способна вызывать сильные болезненные ощущения у людей и животных, разрушать легкие непрочные строения, разбивать стекла в домах и т. п. Во избежание этого сверхзвуковые самолеты должны производить переход от дозвукового режима полета к сверхзвуковому и наоборот или над безлюдной местностью (например, над поверхностью океана), или на безопасной высоте, точно рассчитываемой для каждого конкретного случая.

12.17. Чем занимается авиационная климатология?

Это прикладная наука, изучающая влияние климатических факторов на авиационную технику и деятельность авиации. Практически в авиационной климатологии последних лет определились два основных направления: 1) разработка методов расчета авиационно-климатических показателей, характеризующих условия полетов и учитываемых при проектировании и эксплуатации аэродромов; 2) изучение и описание климата различных районов земного шара применительно к интересам метеорологического обеспечения авиации.

Учет особенностей климата стал необходимым не только при строительстве аэродромов, прокладке воздушных трасс и разработке новой авиационной техники и аэродромного оборудования, но и при составлении расписания движения самолетов. Составление авиационно-климатических атласов, справочников и описаний аэродромов, аэродромных узлов и авиационных трасс производится в соответствии с методами и требованиями авиационной климатологии. Последние лежат в основе всех программ машинной обработки климатических материалов по данным метеорологических наблюдений на аэродромах.

12.18. Как влияет погода на мореплавание?

Мореплавание с древнейших времен тесно связано с погодой. Важнейшими метеорологическими величинами, определяющими условия плавания морских судов, всегда были ветер и обусловленное им состояние морской поверхности — волнение, горизонтальная дальность видимости и явления, ее ухудшающие (туман, осадки), состояние неба — облачность, солнечное сияние, видимость звезд, солнца, луны. Кроме того, моряков интересует температура воздуха и воды, а также наличие морских льдов в высоких широтах, айсбергов, проникающих в акватории умеренных широт. Не последнюю роль для оценки условий плавания играют сведения о таких явлениях, как грозы и кучево-дождевые облака, чреватые опасными для морских судов водяными смерчами и сильными шквалами. В низких широтах мореплавание связано еще и с опасностью, которую несут с собой тропические циклоны — тайфуны, ураганы и т. п.

Погода для моряков — прежде всего фактор, определяющий безопасность плавания, затем — фактор экономический, и, наконец, как и для всех людей, — фактор комфорта, самочувствия и здоровья.

12.19. Как практически используется информация о погоде в мореплавании?

Решающее значение информация о погоде — прогнозы погоды, включающие расчетные данные о ветре, волнении и положении циклонических вихрей, как низкоширотных, так и внетропических, — имеет для морской навигации, то есть для прокладки маршрутов, обеспечивающих наиболее быстрое, экономически эффективное плавание с минимальным риском для судов и грузов и с максимальной безопасностью для пассажиров и экипажей.

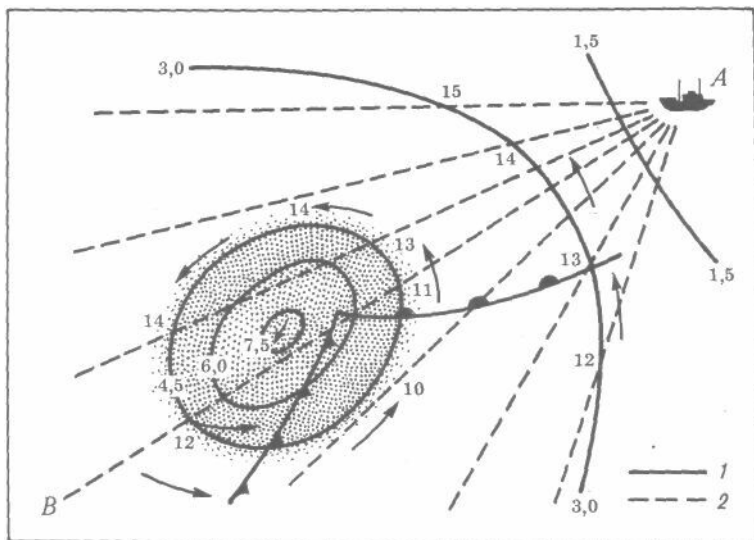
Климатические данные, то есть сведения о погоде, накопленные за многие предшествующие годы, служат основой для прокладки морских торговых путей, связывающих между собой континенты. Они также используются при составлении расписания движения пассажирских судов и для планирования морских перевозок. Условия погоды необходимо учитывать и при организации погрузо-разгрузочных работ (когда дело касается грузов, подверженных влиянию атмосферных условий, например чая, леса, фруктов и т. п.), рыбного промысла, туристско-экскурсионного дела, спортивного мореплавания.

12.20. В чем опасность обледенения для морских судов?

Обледенение морских судов — бич мореплавания в высоких широтах, однако при температурах воздуха ниже нуля оно может иметь место и в средних широтах, особенно при сильном ветре и волнении, когда в воздухе много брызг. Главная опасность обледенения заключается в повышении центра тяжести судна из-за нарастания льда на его надводной части. Интенсивное обледенение делает судно неустойчивым и создает реальную угрозу опрокидывания.

Скорость отложения льда при замерзании брызг переохлажденной воды на рыболовных траулерах в Северной Атлантике может достигать 0,54 т/ч, а это значит, что через 8—10 ч плавания в условиях интенсивного обледенения траулер опрокинется. Несколько меньшая скорость отложения льда в снегопадах и переохлажденном тумане: для траулера она соответственно равна 0,19 и 0,22 т/ч.

Наибольшей интенсивности обледенение достигает в тех случаях, когда ранее судно находилось в районе с температурой воздуха значительно ниже 0°C. Примером опасных условий обледенения в умеренных широтах может служить Цемесская бухта на Черном море, где во время сильных северо-восточных ветров, при так называемой



60. Влияние высоты волны, возникающей в циклоне, на скорость судна, движущегося из точки А
 1 — высота волны (м), 2 — скорость судна (узлы)

новороссийской боре, зимой замерзание водяной пыли и брызг морской воды на корпусах и палубных надстройках судов происходит столь интенсивно, что единственное эффективное средство сберечь судно — уйти в открытое море, за пределы воздействия боры.

12.21. Как воздействует на движение судна ветер?

По данным специальных исследований, проведенных в 50 и 60-е годы, попутный ветер увеличивает скорость судна примерно на 1%, тогда как встречный ветер способен уменьшить ее в зависимости от размеров судна и его загрузки на 3—13%. Еще более значительно воздействие на судно морских волн, вызываемых ветром: скорость судна является эллиптической функцией высоты и направления волн. На рис. 60 показана эта зависимость. При высоте волны более 4 м морские суда вынуждены замедлять ход или менять курс. В условиях высокого волнения продолжительность плавания, расход топлива и опасность повреждения груза резко увеличиваются, поэтому на основе метеорологической информации маршрут прокладывается в обход таких районов.

12.22. Как влияет погода на работу речного транспорта?

Плохая видимость, колебания уровня воды в реках и озерах, замерзание водоемов — все это сказывается как на безопасности, так и на регулярности плавания судов, а также на экономических показателях их эксплуатации. Ранние ледоставы на реках, как и позднее вскрытие рек ото льда, сокращает период навигации. Применение ледокольных средств удлиняет сроки навигации, но удорожает стоимость перевозок.

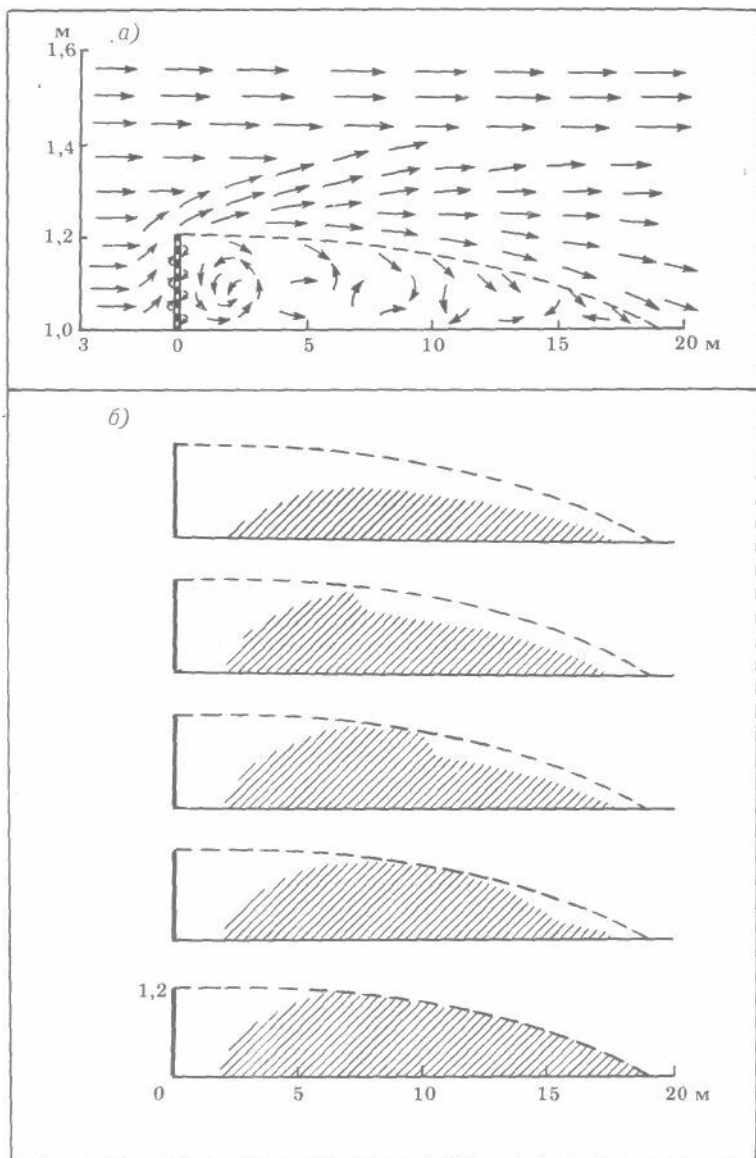
12.23. Насколько велика зависимость наземного транспорта от метеорологических условий?

Ухудшение видимости из-за туманов и осадков, снежные заносы, гололедные явления, ливни, наводнения и сильные ветры затрудняют работу автомобильного и железнодорожного транспорта, не говоря уже о мотоциклах и велосипедах. Открытые виды транспорта более чем в два раза чувствительнее к неблагоприятной погоде, чем закрытые. В дни с туманом и обложными осадками поток автомобилей на дорогах сокращается на 25—50% по сравнению с потоком в ясные дни. Наиболее резко на дорогах в ненастные дни уменьшается количество личных автомобилей. По этой причине трудно установить точную количественную связь между метеорологическими условиями и дорожными происшествиями, хотя такая связь несомненно существует. Несмотря на уменьшение потока автомашин в плохую погоду, число аварий при гололеде возрастает на 25% по сравнению с сухой погодой; особенно часты аварии при гололеде на поворотах дороги с плотным движением.

В зимние месяцы в умеренных широтах основные затруднения наземного транспорта связаны со снегом и льдом. Снежные заносы требуют расчистки дорог, осложняющей движение, и установки заградительных щитов на участках дорог, не имеющих снегозащитных насаждений.

12.24. Каков механизм снегозащиты с помощью щитов?

Щит, поставленный вертикально и ориентированный перпендикулярно к потоку воздуха, с которым переносится снег, создает за собой зону турбулентности, то есть неупорядоченного вихревого движения воздуха (рис. 61). В пределах турбулентной зоны вместо переноса снега идет процесс его отложения — растет сугроб, высота которого



61. Возникновение зоны турбулентности за вертикально установленным щитом высотой 1,2 м и плотностью 50% (а) и отложение снега за ним (б)

в пределе совпадает с толщиной зоны турбулентности, а длина — с протяженностью этой зоны, которая, как установлено опытным путем, примерно равна пятнадцатикратной высоте щита. Сугроб, создающийся за щитом, напоминает по форме рыбу.

12.25. Можно ли по температуре воздуха предвидеть обледенение дорожного покрытия?

Образование на дорогах ледяной корки обусловливается не только режимом температуры, но и влажностью, наличием осадков (в виде переохлажденного дождя или мороси, падающей на ранее сильно выхолаженное покрытие). Поэтому по одной температуре воздуха делать вывод о гололедице на дорогах рискованно, однако температурный режим остается наиболее важным показателем опасности обледенения дорог: минимальная температура поверхности дороги может быть на 3°С ниже минимальной температуры воздуха.

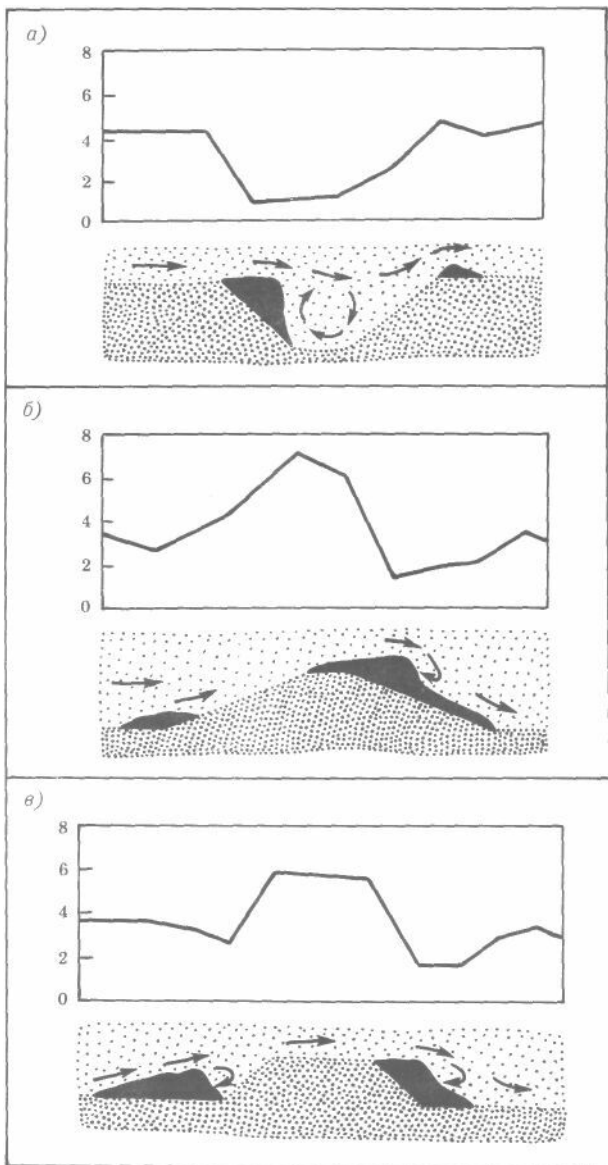
12.26. Насколько эффективно использование соли для растапливания снега на дорогах?

Соль, которую разбрасывают на дорогах и на тротуарах, действительно предотвращает образование ледяной корки, растапливая снег. Смесь снега с солью остается жидкой не смерзающейся массой при температуре до -8°C , расплавление льда солью может быть достигнуто даже при температуре -20°C , хотя процесс таяния будет значительно менее эффективным, чем при температуре, близкой к 0°C . Практически освобождение дорог от снега с помощью соли эффективно при толщине снежного покрова до 5 см.

Однако использование соли для очистки дорог от снега имеет негативную сторону: соль вызывает коррозию автомобилей и загрязняет водоемы хлоридами, а почву вблизи дорог — натрием в избыточной концентрации (см. также 13.10). Поэтому в ряде городов этот способ борьбы с обледенением дорог запрещен.

12.27. В чем специфика влияния погоды на работу железнодорожного транспорта?

Колебания температуры воздуха в зимнее время могут вызвать обледенение рельсов и линий связи, а также подвижного состава, когда он стоит на запасных путях; бывают, хотя и сравнительно редко, и случаи обледенения пантографов на электропоездах. Все эти особенности влияния метеорологических условий на работу железнодорож-



62. Связь между скоростью ветра (м/с) и отложением снега около различных препятствий (по Пагу)
 а — отложение снега при наличии выемки грунта, б — при наличии высокой насыпи, в — при наличии невысокой насыпи

ного транспорта требуют использования специальной техники и связаны с дополнительными затратами труда и денежных средств в объеме 1—2% стоимости оперативных эксплуатационных расходов. В целом же железнодорожный транспорт менее других видов транспорта зависит от условий погоды, недаром рекламные проспекты железных дорог часто утверждают, что «железная дорога работает и тогда, когда все другие виды транспорта бездействуют». Хотя это и преувеличение, но оно не слишком далеко от истины. Впрочем, от стихийных бедствий, вызванных аномалиями погоды, железные дороги не застрахованы точно так же, как и другие отрасли народного хозяйства: сильные бури, наводнения, оползни, селевые потоки, снежные обвалы разрушают железнодорожные пути, как и автомобильные дороги; гололед, интенсивно отлагаясь на контактных проводах электрических железных дорог, обрывает их так же, как и провода ЛЭП или обычных линий связи. Следует добавить, что увеличение скорости движения поездов до 200—240 км/ч породило угрозу переворачивания поезда под действием ветра.

12.28. Как предотвращают отложение снега у железнодорожных путей, проложенных на насыпях или в выемках грунта?

В холмистой местности для уменьшения снежных заносов устанавливают заградительные щиты, изменяют наклон полотна, что способствует ослаблению приземного вихря (рис. 62 а), или же сооружают невысокие насыпи (рис. 62 б, в). Насыпь не должна быть слишком крутой, иначе создается заметный подветренный вихрь, а это приводит к накоплению снега на подветренной стороне насыпи.

ПОГОДА И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО



Едва ли существует другая отрасль человеческой деятельности, в такой мере связанная с метеорологическими условиями, как сельское хозяйство. При этом если распространение сельскохозяйственных культур на земном шаре и видов сельскохозяйственной продукции в значительной степени определяется климатом, то урожайность культур и продуктивность сельскохозяйственного производства в огромной степени зависят от сложившихся в данный год условий погоды.

Зависимость сельскохозяйственного производства от условий погоды довольно сложная — не существует абсолютно оптимальных условий, одинаково благоприятных для всех отраслей сельского хозяйства и даже для всех выращиваемых в данной местности культур. В ряде случаев условия, благоприятные для одной отрасли или для одной сельскохозяйственной культуры, оказываются неблагоприятными для другой отрасли или культуры. С этой точки зрения приобретает важное значение правильная ориентировка сельскохозяйственного производства на развитие таких отраслей хозяйства и выращивание таких культур, которые дополняли бы друг друга и в неблагоприятные для одной из них годы были способны компенсировать потери. В этом отношении ориентацию сельского хозяйства отдельных районов на монокультуру специалисты считают нерациональной. Однако следует считаться и с другими аспектами экономики сельскохозяйственного производства, и прежде всего с социальными, с интересами страны в целом, а не только данного района. Но, как бы то ни было, не принимать во внимание особенности климата

каждого района и колебания в условиях погоды, непосредственно сказывающиеся на продуктивности сельскохозяйственного производства, — нельзя.

13.1. От каких метеорологических величин в первую очередь зависит урожайность сельскохозяйственных культур?

Хотя урожай определяется погодой в целом, то есть всем комплексом метеорологических величин и явлений, влияющих на развитие и созревание растений, решающими можно считать три величины: температуру воздуха, атмосферные осадки и солнечную радиацию. Во многих районах умеренных и особенно низких широт самый важный для урожайности сельскохозяйственных культур метеорологический фактор — осадки в период развития растений, например в фазе развития зерна.

13.2. Как влияют осадки на урожайность сельскохозяйственных культур?

Зависимость урожайности большинства культур от количества и сроков выпадения осадков наиболее заметна в районах недостаточного увлажнения, особенно сильно она проявляется у засухонеустойчивых сортов. Для злаков решающее значение имеет накопление влаги в почве за счет осадков, выпадающих в период, предшествующий севу, а также в первой половине лета, когда наблюдается наиболее интенсивный рост растений. В средней полосе Европейской части СССР вклад осадков в урожайность зерновых культур возрастает с северо-запада на юго-восток. Прибавка урожая кукурузы за счет благоприятного распределения осадков в вегетационный период составляет, в зависимости от характера почвы, удобрений и сорта семян, от 2 до 9 ц/га.

На Украине, в Сумской области, в годы с хорошим увлажнением в вегетационный период (435 мм осадков) урожай свеклы на 220 ц/га превышает урожай ее в годы с недостаточным увлажнением (200 мм осадков за тот же период).

На полупустынных равнинах США урожайность пшеницы на 36—80% зависит от осадков, на равнинах Техаса — на 55—66%, в прериях Саскачевана (Канада) — на 36—62%. В Индии и Израиле осадки определяют примерно 75% изменчивости урожайности пшеницы.

При оценке влияния осадков на урожай следует учитывать также и режим температуры, испарения выпавшей влаги и усвоения ее растениями.

13.3. В чем опасность засух для земледелия?

Засухи — явление, эпизодически повторяющееся в районах недостаточного увлажнения. Это результат длительного недостатка осадков, обычно сопровождающегося пониженной влажностью и повышенной температурой воздуха. Засухи вызывают снижение запасов влаги в почве, следствием чего бывает замедленный рост или даже гибель растений.

Возникновение засух связано с такими аномалиями атмосферной циркуляции, при которых преобладающим становится поступление масс сухого континентального воздуха и формирование антициклонов, препятствующих передвижению атмосферных фронтов и связанных с ними масс влажного морского воздуха. Этот процесс не всегда удается своевременно распознать и принять необходимые меры для предотвращения или уменьшения потерь урожая, что еще больше усугубляет опасность засух. В Австралии, например, засуха, как правило, успевает охватить примерно 10% территории, прежде чем она оказывается зарегистрированной. Потери от засух в этой стране превышают потери от других стихийных бедствий, таких, как наводнения, ураганы и пр.

В некоторых земледельческих районах мира засушливые годы почти столь же часты, как и годы с нормальными условиями. Например, на Великих равнинах в США в шести округах за последние 100 лет отмечено от 42 до 49 засух, в том числе очень сильных — от 11 до 18.

В ряде районов нашей страны, например в Заволжье, на юго-востоке Европейской части, засухи также случаются довольно часто, и без искусственного орошения полей там невозможно гарантировать устойчивые ежегодные урожаи.

13.4. Чем объясняются сильные засухи последних лет в Африке?

Засухи на Африканском континенте в обширном районе к югу от Сахары — явление не новое, они периодически возникали и в прошлом столетии, но в 70-е годы этого века они оказались суровее и продолжительнее обычного. В 1972—1973 годах засуха носила катастрофический характер: осадков в обширной полосе с населением более 24 млн. человек — жителей государств Мавритания, Сенегал, Нигер, Чад, Гамбия и Буркина Фасо — выпало менее половины годовой нормы; погиб почти весь скот, значительная часть посевов. В последующие годы положение мало изменилось: в 1974 и 1975 годах осадки были хотя

и более значительные, но все же недостаточные, в 1976 году снова была засуха, осадков выпало на 30% меньше нормы, в 1977 и 1978 годах недостаток влаги по-прежнему оставался существенным. В 80-е годы положение не улучшилось: в 1983—1985 годах засуха охватила огромные пространства южнее Сахары в Сахельской зоне, нанеся ущерб сельскому хозяйству многих африканских стран, в том числе Судана, Эфиопии, Сомали, Центральноафриканской Республики. Из-за длительного отсутствия осадков практически пересохло озеро Чад, расположенное на территории Нигерии, Нигера, Чада и Камеруна. Пески Сахары надвигаются со скоростью 20 м/год на столицу Мавритании город Нуакшот, грозя стереть его с лица земли.

Географическое распределение осадков было неравномерным: в последнее десятилетие меньше всего осадков — около 50% нормы — выпадало в полупустынном районе вдоль 18° с. ш., однако в направлении к югу количество осадков увеличивалось, составляя в Гамбии 70—80% нормы.

Помимо общей причины возникновения засухи, связанной с неблагоприятными колебаниями крупномасштабной атмосферной циркуляции, в этом регионе действует и с каждым десятилетием проявляет себя все сильнее еще один фактор деэртификации (опустынивания) — бесконтрольная пагубная для природы деятельность человека (нарушение естественного покрова бывших пастбищ, вырубка лесов и т. п.).

13.5. При какой температуре возможно существование растений?

Растительный мир нашей планеты приспособился к температурному режиму поверхности земли и приземного слоя воздуха. Подавляющее большинство растений способно развиваться только при положительной температуре воздуха в относительно узких пределах ее колебаний, ограниченных примерно 30°C. Однако отдельные представители земной флоры обладают способностью нормально развиваться при температуре чрезвычайно высокой (некоторые водоросли живут в горячих источниках с температурой воды более 93°C) или очень низкой (в полярных странах есть растения, выживающие при температуре почвы ниже -32°C, а в Сибири даурская лиственница переносит морозы около -70°C).

Способность поверхности растений отражать солнечные лучи очень различна. В умеренных и высоких широтах она невелика, например темный еловый лес отражает

всего 6—8% солнечной радиации и поглощает, таким образом, почти все тепло, поступающее от солнца. В пустынях и полупустынях низких широт растительность отражает до 37% солнечной радиации, защищая себя от перегрева.

Специальными исследованиями установлено, что в безоблачные дни максимальная температура поверхности высоких злаков и открытой поверхности воды одна и та же, она приблизительно равна максимальной температуре воздуха, тогда как температура поверхности обнаженной почвы при этом оказывается на 20°C выше.

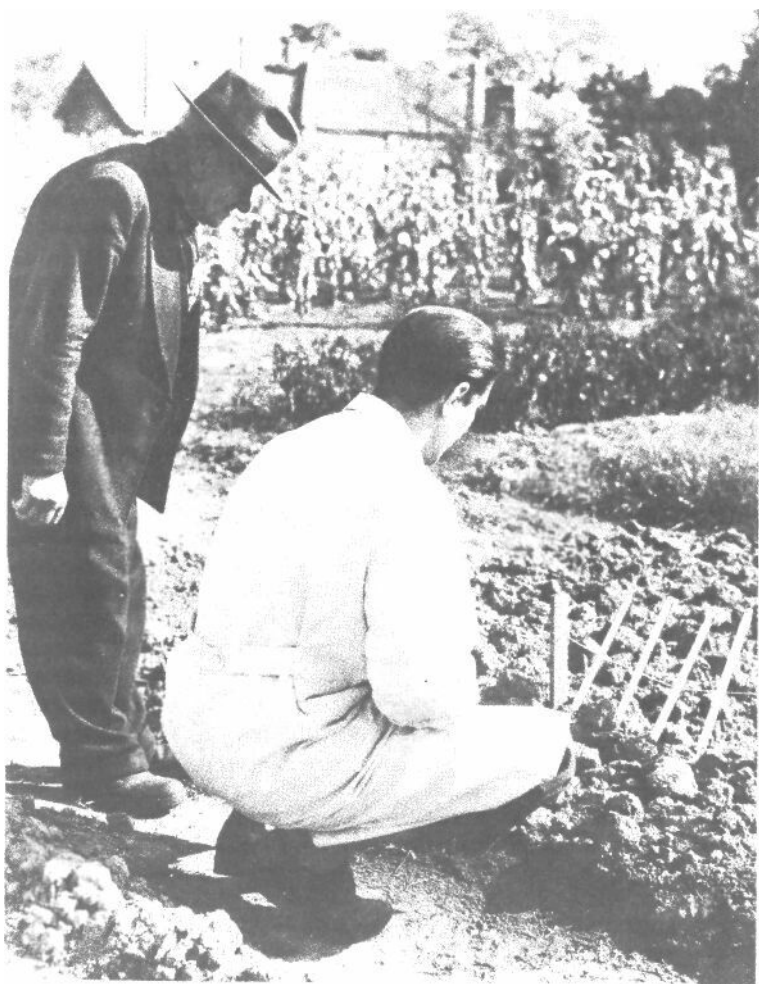
13.6. Как влияет температура воздуха на развитие растений?

Термические условия регулируют интенсивность процессов фотосинтеза, а следовательно, непосредственно влияют на рост и развитие растений. Фотосинтез достигает максимума при температуре около 20—25°C, при дальнейшем же повышении температуры, равно как и при ее понижении, он замедляется. Максимальный рост растений происходит в период нарастания температуры воздуха; когда температура воздуха достигает 25°C, увеличение скорости роста подавляющего большинства растений несколько замедляется, а при температуре 30°C она резко падает. Однако влияние температуры на развитие растений не столь простое, как может показаться: для нормального развития многих растений нужны периоды заметного снижения температуры, без которых они утрачивают способность к цветению и плодоношению.

Естественно, что потребности растений в периодических изменениях режима температуры различны в зависимости от вида растений и района произрастания.

13.7. Как связана продолжительность периода развития растений с режимом температуры воздуха?

Чаще всего для умеренных широт предельное минимальное значение температуры воздуха принимается равным 6°C, и, таким образом, часть года, когда средняя суточная температура воздуха превышает 6°C, может считаться периодом развития растений. Известны и другие критерии длительности периода развития растений, например по продолжительности срока между опасными для растений последними весенними и первыми осенними заморозками. В этом случае продолжительность периода развития разных сельскохозяйственных культур будет разной. В условиях г. Ленинграда, где заморозков на

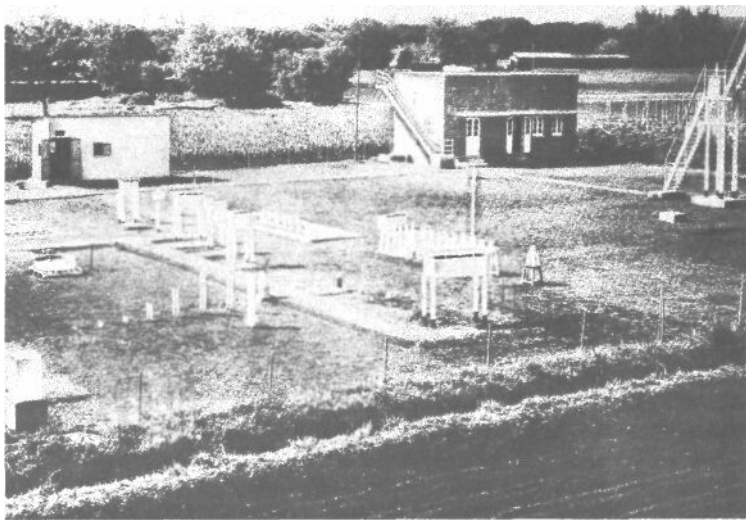


63. Агрометеорологические наблюдения в Венгрии. Фото ВМО

поверхности почвы не бывает в среднем со 2 июня по 11 сентября, то есть 102 дня, период развития, скажем, картофеля будет именно таким, а для садовой земляники, не боящейся слабых заморозков, он будет на две-три недели большим.

13.8. Что такое градусо-день?

Градусо-день — это условная единица измерения превышения средней суточной температуры над установленным минимумом, равная 1°C превышения в течение одного дня. Так, если средняя суточная температура воздуха оказалась равной 7°C , то при минимальном значении, принятом равным 6°C , будем иметь 1 градусо-день. Подсчитав накопленную за весь период развития растений сумму температур в градусо-днях, можно получить дополнительную характеристику периода помимо его продолжительности. Такие характеристики могут быть полезны для определения возможности выращивания тех или иных культур в данных климатических условиях. Например, выращивание винограда на изюм требует 3000 градусо-дней с температурой выше 10°C .



64. Метеорологическая станция в Индии. Фото ВМО

13.9. Насколько может отличаться температура воздуха от температуры поверхности растений?

Температура воздуха измеряется, как правило, на высоте 2 м от поверхности земли, и в теплое время года она, естественно, всегда бывает ниже, чем температура земной поверхности и поверхности растений. В районах избыточного увлажнения в дневные часы эта разность может достигать 10° С, а в районах недостаточного увлажнения — 20 и даже 30° С. В силу этого разности годовых сумм температуры воздуха выше 10°С и поверхности растений в районах избыточного увлажнения составляют около 300°С (Мурманск, Ленинград), а в засушливых районах на юго-востоке страны — более 700°С (Волгоград, Эмба). Эти разности также существенно зависят от экспозиции местности: на северных склонах они меньше, чем на равнине, а на южных — больше. Этим определяется различие в характере растительности на затененных и обращенных к солнцу склонах. Чем круче склоны, тем это различие существеннее.

13.10. Всегда ли температура поверхности растений выше температуры воздуха?

Нет, не всегда. В условиях сухого жаркого климата, как, например, в Средней Азии, при орошении посевов, обеспечивающем большую затрату тепла на испарение, температура поверхности растений бывает заметно ниже температуры воздуха.

13.11. Чем объясняется замена растений другими видами после суровых зим с частыми гололедами?

Изменение флоры в некоторых районах после частых и продолжительных гололедов связано с погодой лишь косвенно: оно отмечено ботаниками на северо-западе Европы вдоль автомагистралей, усиленно посыпавшихся солью во время гололеда. Засоление почвы распространяется от обочин дорог в полосе шириной до 150 м. В пределах этой полосы деревья и кустарники погибают, на смену им приходят другие растения — солеросы, растущие обычно у побережья морей и приспособившиеся к высокому содержанию соли за предшествующие тысячелетия, а теперь распространяющиеся в глубь континента по обочинам автодорог.

Там, где соль не употреблялась как средство против обледенения дорожных покрытий, вдоль дорог продолжает расти прежняя растительность.

13.12. Как сказываются на развитии растений заморозки?

У большинства видов растений наиболее уязвимый момент развития — период цветения. Однако для яровой пшеницы поздние летние заморозки могут оказаться губительными даже после образования зерна. Чувствительны к заморозкам многие ягодуники: черная смородина, например, при майских заморозках, при температуре ниже $-1,5^{\circ}\text{C}$, может дать очень низкий урожай, а при температуре ниже $-2,5^{\circ}\text{C}$ — совсем не дать урожая.

13.13. Влияют ли неблагоприятные условия погоды в отдельные годы на мировое производство тех или иных культур?

Несмотря на то что необычные условия погоды, отражающиеся на урожайности сельскохозяйственных культур, наблюдаются обычно в ограниченных районах земного шара, не охватывая всю нашу планету, они тем не менее зачастую могут отразиться на мировом производстве продовольственных культур в целом. Дело в том, что сельскохозяйственное производство развито неодинаково интенсивно в разных районах земного шара. Бывает, что засуха или избыточные осадки поражают районы, являющиеся «житницами» континентов, а в районах с низкой сельскохозяйственной продуктивностью в том же самом году наблюдаются благоприятные условия погоды. Неурожай в одном районе не компенсируется хорошим урожаем в другом, и общее мировое производство каких-то видов продовольственных культур оказывается в такой год ниже обычного уровня. Так случилось, например, в 1972 году с мировым производством зерна, оказавшимся на 33 млн. т меньше обычного из-за сильной засухи в ряде районов земного шара, являющихся основными производителями зерна.

По данным Всемирной организации продовольствия, мировое производство зерна в год составляет в среднем около 1 млрд. 200 млн. т (в том числе 420 млн. т пшеницы, 345 млн. т риса и 335 млн. т кукурузы). Приблизительно один раз в три года отклонения урожайности зерновых культур достигают 21 млн. т.

13.14. Какие условия погоды требуются для выращивания озимой пшеницы?

Зима с умеренными морозами и значительным устойчивым снежным покровом обеспечивает достаточное увлажнение почвы в решающий период развития озимых



65. Ранняя зима в яблоневом саду

посевов пшеницы и предотвращает их вымерзание. В мало-снежные зимы, когда морозы чередуются с оттепелями, посевы часто оказываются под ледяной коркой и гибнут — задыхаются или вымерзают. Лучшие твердые сорта озимой пшеницы произрастают в районах со снежной и умеренно морозной зимой.

13.15. Какой режим температуры и влажности необходим цитрусовым?

Цитрусовые — теплолюбивые и влаголюбивые растения, отрицательные температуры воздуха и недостаток влаги для них губительны, поэтому они произрастают только в субтропиках. Большинство цитрусовых не переносит сколь-либо длительных заморозков: для лимонов минимально допустимая температура составляет -2°C , а для апельсинов -7°C . Для нормального урожая цитрусовых требуется около 900 мм осадков в год или соответствующий этой норме искусственный полив. Высокая относительная влажность воздуха благоприятствует произрастанию цитрусовых культур, плоды растений при высокой влажности воздуха становятся сочными, а их кожура — тонкой и гладкой. Недостаток тепла и влаги приводит к опадению незрелых плодов. Период созревания плодов лимонов — около 180 дней, а апельсинов, мандаринов и грейпфрутов — 200—220 дней.

13.16. Можно ли планировать сельскохозяйственные работы в соответствии с долгосрочными прогнозами погоды?

К сожалению, пока нельзя. Обеспеченность долгосрочных прогнозов погоды (то есть отношение числа прогнозов, в которых отклонения значений прогнозируемых метеорологических величин от фактических не вышли за установленные допустимые пределы, к общему числу данных прогнозов), составляемых всеми известными сегодня научными методами, сегодня еще ниже требований, предъявляемых практикой сельскохозяйственного производства. Поэтому ставить выбор посевного материала, определение сроков выполнения различных видов полевых работ, способы обработки земли в прямую зависимость от ожидаемых по долгосрочному прогнозу метеорологических условий на ближайший сезон было бы слишком рискованно и экономически неоправданно.

В практике сельскохозяйственной деятельности долгосрочные прогнозы погоды принимаются во внимание, но

не в качестве основы для планирования всех видов работ, а лишь как вспомогательный материал, учитываемый наряду с другими обстоятельствами. В основу планирования берутся средние климатические данные, то есть наиболее типичные для данной местности условия погоды, характерные для каждого сезона.

13.17. Какую долю органической продукции растительного и животного мира потребляет человечество сегодня?

Если исходить из численности населения земного шара, равной 4 млрд. человек, то биомасса людей составляет приблизительно $0,26 \cdot 10^9$ т. Общая биомасса суши, по данным В. А. Ковды (1969), примерно равна $3 \cdot 10^{12}$ т, из которых 95% приходится на растительность (фитомасса) и 5% — на живые организмы (зоомасса). В среднем каждый человек ежедневно расходует около 10 500 Дж энергии, и, таким образом, суммарное потребление энергии людьми близко к $15,55 \cdot 10^{13}$ Дж/год. Эта величина примерно соответствует современной продуктивности сельскохозяйственного производства. Расчеты показывают, что в современную эпоху человечество потребляет менее 1% продукции органического мира, в начале нашей эры эта цифра была более чем в десять раз меньшей.

13.18. Какова продуктивность земной поверхности?

По этому вопросу существуют лишь очень приближенные расчеты, как для поверхности суши, так и для поверхности океана: средняя продуктивность суши оценивается равной $3,6$ т/(га • год), а поверхности океана — $0,8$ т/(га • год). Таким образом, в среднем для всей поверхности земного шара продуктивность окажется равной $1,6$ т/(га • год). Следует иметь в виду, что за средними цифрами скрываются большие различия в продуктивности, связанные с климатом и другими природными факторами. Так, во влажных тропических лесах продуктивность составляет десятки тонн на гектар, а в полярных пустынях она падает до нуля.

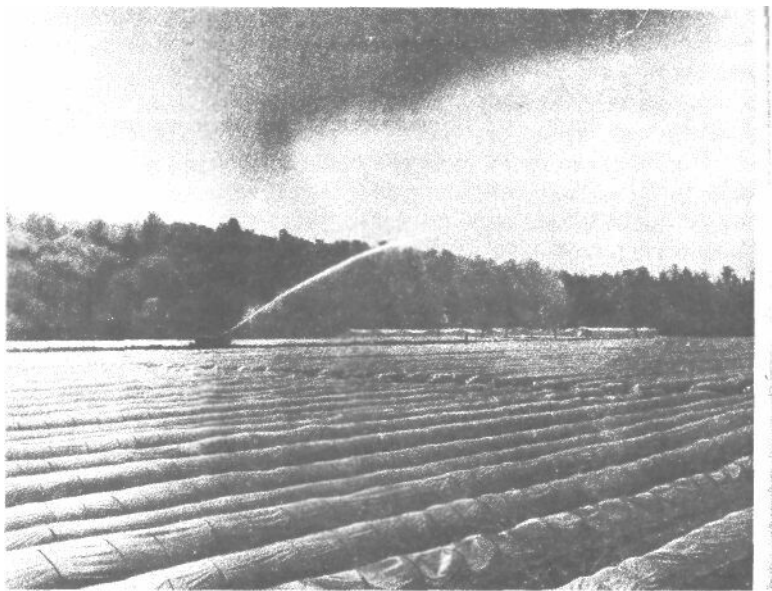
13.19. Есть ли соответствие между зональностью почв и растительного покрова?

Между зонами почв и растительности существует вполне определенное соответствие. С увеличением радиационного индекса сухости (см. 6.12) типы почв меняются

в следующей последовательности: тундровые почвы, подзолы, бурые лесные почвы, желтоземы, красноземы и латеритные почвы, черноземы и черные почвы саванн, каштановые почвы, сероземы.

13.20. Чем объясняется возникновение пыльных вихрей над полями в летнее время?

Небольшие пыльные вихри — микросмерчи — возникают летом чаще всего у границы участков земной поверхности, получающих неодинаковое количество солнечного тепла, или, точнее, неодинаково нагреваемых солнечными лучами. Свежевспаханное поле и участок с зеленым травяным покровом, жнивье и луг обладают различной способностью отражать солнечные лучи, а следовательно, и различной способностью поглощать эти лучи. Разность температур на поверхности этих участков создает разность температур и воздуха над ними, а это может привести к возникновению приземных воздушных течений и образованию небольших вихрей, поднимающих с земли пыль и мусор, которые делают эти вихри хорошо заметными.



66. Выращивание овощей под светопрозрачной пленкой

13.21. Как зависит применение агротехнических приемов от почвенно-климатических условий?

В зависимости от того, в каких климатических зонах находятся те или иные сельскохозяйственные площади, применяются разные агротехнические приемы — или повышающие теплообеспеченность растений и ослабляющие вредное влияние избыточного увлажнения, или же направленные на улучшение влагообеспеченности. Но в отдельные годы условия погоды складываются так, что агротехнические приемы следует менять. Например, в полувлажной лесостепной зоне система агротехники, нацеленная в основном на сбережение и экономное расходование влаги, примерно раз в десять лет должна перестраиваться на ослабление вредного влияния избыточного увлажнения — об этом говорят статистические данные обеспеченности этой зоны осадками. Таким образом, сельское хозяйство страны требует гибкого применения приемов агротехники.

13.22. Что дает мульчирование почвы?

Мульчирование — покрытие почвы навозом, соломой, специальной бумагой или пленкой, то есть мульчой, — применяется для придания почве большей эрозийной устойчивости, снижения испарения воды и для повышения или понижения температуры почвы. Наиболее эффективным материалом для мульчирования являются светопрозрачные полиэтиленовые пленки, способствующие повыше-



67. Пылевые сугробы возле полезащитной лесополосы. Фото И. Грушки

нию температуры почвы днем на 6—9°C и снижению затрат тепла на испарение на 10—15%.

13.23. Зачем производится дефолиация растений?

Досрочное сбрасывание листьев растениями — дефолиация, вызываемая искусственно путем применения химических веществ, призвана изменить тепловой и радиационный режим поля. Например, прогрев почвы под хлопчатником после дефолиации резко возрастает, так как поглощение растениями радиации уменьшается втрое, кроме того, увеличивается температура надпочвенного слоя воздуха, что способствует ускорению раскрытия коробочек хлопчатника.

13.24. Каков метеорологический эффект насаждения лесных полос?

Лесные полосы уменьшают скорость ветра на 20—60% и способствуют повышению температуры воздуха в межполосном пространстве и температуры почвы у растений на 1—2°C. Кроме того, в межполосном пространстве увеличивается влажность воздуха, снижается испаряемость. За счет задержания осадков лесополосы обеспечивают дополнительное увлажнение полей на 20—40 мм в год.

13.25. Как влияет подъем культуры земледелия на зависимость сельского хозяйства от климата и погоды?

В целом с прогрессом науки и техники эта зависимость уменьшается, но взаимосвязь между урожайностью и метеорологическими условиями сохраняется. Условия погоды сильнее всего сказываются на урожайности интенсивно развивающихся растений, имеющих высокий уровень обмена веществ и энергии. Новые высокопродуктивные сорта культурных растений обладают повышенной чувствительностью к условиям среды и нуждаются в максимальной оптимизации водного, воздушного, теплового и пищевого режимов.

ПОГОДА И МИРОВОЙ ОКЕАН



Мировой океан представляет собой не только колоссальный резервуар воды, но и огромное хранилище запасов тепла, постоянно поступающего в атмосферу и тем самым определяющего условия погоды на Земле. Кроме того, океанская вода — активнейший поглотитель углекислого газа, содержащегося в атмосферном воздухе, и место обитания бесчисленного количества микроскопических водорослей, вносящих большой вклад в снабжение земной атмосферы кислородом (путем фотосинтеза). Следовательно, Мировой океан выполняет функции легких нашей планеты, способствует сохранению постоянного состава воздуха. Наконец, на поверхности Мирового океана в полярных областях Земли находятся морские льды, площадь которых составляет от 14 до 28 млн. км² и подвержена значительным колебаниям в зависимости от сезона и состояния самого океана. В результате весь механизм атмосферной циркуляции, а следовательно и формирования земного климата и условий погоды, самым тесным образом связан с Мировым океаном. Колебания теплозапасов в любом из пяти океанов Земли, изменения интенсивности океанских течений, размеров площади морских льдов — все это неизбежно влечет за собой крупномасштабные изменения погоды, длительное время — на протяжении нескольких сезонов, а то и лет — ощущающиеся в тех или иных географических регионах. Поэтому изучение взаимодействия океана и атмосферы — одна из самых важных задач современной метеорологии и родственных ей наук. От успеха решения этой задачи зависит и возможность ре-

шения одной из самых трудных научных проблем нашего времени — проблемы долгосрочного предсказания погоды.

Академик Л. М. Бреховских называет сумму проблем, связанных с изучением океана, вызовом науке. Так велико количество требующих решения научных вопросов и так велико их значение для человечества в целом. Немалое место среди этих вопросов принадлежит метеорологии. Некоторые из них мы рассмотрим в этой главе.

14.1. Чем объясняется настойчивое стремление метеорологов ввести в задачу долгосрочного прогноза погоды учет состояния океанов?

Поскольку тепловые запасы атмосферы относительно невелики, то невелика и так называемая тепловая память атмосферы, то есть влияние ее текущего состояния на будущее состояние. Влияние это ограничивается 10—20 днями. Отсюда все трудности составления долгосрочных прогнозов погоды на основе анализа характеристик атмосферы в исходный момент времени.

Большие тепловые запасы океана обуславливают его большую тепловую память и способность, отдавая тепло атмосфере, длительно влиять на распространение в ней температуры, влажности и т. п. Вот поэтому идея использования данных о колебаниях теплозапасов вод океана для прогноза колебания состояния атмосферы в различные сезоны представляется перспективной и усиленно разрабатывается метеорологами в долгосрочном плане.

14.2. Насколько велики теплозапасы Мирового океана по сравнению с земной атмосферой?

Теплозапасы Мирового океана на три порядка превышают теплозапасы земной атмосферы: соотношение между ними составляет приблизительно 1600:1. Это объясняется как большей массой и большей плотностью вод океана по сравнению с воздухом атмосферы, так и значительно большей теплоемкостью воды. Относительно малые тепловые запасы атмосферы обуславливают и меньшую ее способность сохранять неизменным свое состояние, то есть большую изменчивость во времени ее основных характеристик, или, другими словами, большую нестабильность. Инерция в развитии процессов в водах океана в десятки раз большая, чем в воздухе атмосферы.

Соответственно и влияние атмосферы на состояние воды в океанах менее устойчиво и менее значительно, чем влияние океана на состояние атмосферы.

14.3. Сколько тепла отдает океан атмосфере на разных широтах?

Средний годовой радиационный поток тепла с поверхности океана в атмосферу, согласно расчетам, выполненным норвежским ученым Х. Свердрупом (1942), составляет от 1150 Дж/(сут · см²) в экваториальной области до 418 Дж/(сут · см²) на широте 60°. Суммарное количество тепла, переносимое из океана в атмосферу в низких широтах, круглый год остается примерно одинаковым, а по широте 60° оно колеблется от 850—1250 Дж/(сут · см²) зимой до 0—200 Дж/(сут · см²) летом.

В течение года отдача тепла теплыми океаническими течениями в атмосферу превышает поступление радиационного тепла.

14.4. Насколько значительно влияние океана на температурный режим атмосферы?

Мировой океан является устойчиво работающим нагревателем земной атмосферы. Его поверхность отражает незначительную часть падающих на Землю солнечных лучей, большая же часть солнечного тепла поглощается водой океана. Запасая летом тепло, океан постепенно отдает его атмосфере в холодную часть года. Это происходит многими путями: он нагревает воздух непосредственно над своей поверхностью, излучает тепло, поглощаемое содержащимся в воздухе водяным паром и углекислым газом, отдает тепло на испарение воды, пары которой затем при конденсации нагревают воздух, и, наконец, выделяет тепло в воздух вместе с мельчайшими каплями водяных брызг, уносимых ветром с его поверхности при волнении. Конечно, с атмосферным воздухом взаимодействует, нагревая его, не вся толща воды океана, а лишь его поверхностный слой. Реальное значение имеют изменения температуры воды на поверхности океана на десятые доли градуса.

14.5. Насколько прогревается вода в океане солнечными лучами?

Солнечные лучи существенно прогревают только верхний слой океана толщиной всего в несколько метров. Нагретая вода не опускается вниз, будучи по удельному весу легче холодной глубинной. Перемешивание воды при волнении моря в какой-то степени способствует распространению тепла от верхних слоев к нижним. Так, в тропических морях верхний слой воды может иметь температуру выше 25°C (над отдельными участками океана даже

выше 28°C), а на глубине 1 км температура воды не превышает 5°C. Ученые и инженеры работают над проблемой использования этой постоянной разности температур в качестве источника энергии.

14.6. Каковы колебания температуры воды в Мировом океане?

Самая высокая температура поверхности воды в океане — вблизи экватора: 28°C. Здесь же она испытывает наименьшие колебания в течение года, всего в пределах 2,2—2,4°C. В замкнутых морях и низких широтах температура может достигать 32°C. Минимальная температура поверхности океана — в полярных районах, у кромки морских льдов, где в зависимости от солености воды она колеблется от -1,5 до -1,9°C. Годовая амплитуда изменений температуры воды в океанах в умеренных широтах северного полушария превышает 10°C, а в южном полушарии — 5°C. Сезонные колебания температуры воды в океане ощущаются как значительные до глубины 100 м, то есть в поверхностном слое, в котором режим температуры определяется тепловым балансом на поверхности воды. На глубине около 200 м годовые колебания температуры воды невелики, они составляют несколько градусов и происходят с полугодовым запаздыванием; минимальная температура наблюдается в конце лета.

14.7. Какова роль Мирового океана в регулировании содержания CO₂ в атмосферном воздухе?

По данным, полученным в период МГГ (1957/58), средняя концентрация CO₂ в атмосферном воздухе равна $314,5 \cdot 10^{-3}$, а в отдельных регионах ее колебания составляют около $6 \cdot 10^{-6}$ (шесть частей на миллион). Ежегодное увеличение концентрации углекислого газа в воздухе в начале 60-х годов оценивалось в $0,72 \cdot 10^{-6}$, что составляет примерно половину поступления его в атмосферу от сгорания ископаемого топлива. Вторая половина поглощается растительными организмами в ходе процессов фотосинтеза, при этом более 5/6 поглощения происходит на поверхности Мирового океана и только около 1/6 — на суше.

14.8. Куда девается поглощаемый из воздуха морскими растениями углекислый газ?

Углекислый газ диффундирует в морскую воду и растворяется в ней с той же скоростью, с какой ее усваивают из морской воды микроскопические водоросли, развива-

ющиеся в верхних слоях океана, где солнечного света достаточно для осуществления фотосинтеза. Поедаемые морскими животными растения, как и некоторая часть отмирающих водорослей, в последующем превращаются в оседающие на дно известковые отложения — соли угольной кислоты.

14.9. Как образуется морской лед?

Образование морского льда начинается с появления ледяных кристаллов, возникающих как на поверхности моря, так и в толще воды, когда температура воды при обычной ее солености 35‰ падает до $-1,91^{\circ}\text{C}$. Между кристаллами сохраняются незамерзшие капли рассола, имеющие большую плотность и более низкую температуру замерзания. Всплывая, кристаллы образуют на поверхности моря сперва тонкую ледяную корку, которая постепенно становится толще, нарастая снизу. Подо льдом происходит процесс перемешивания — погружение более плотной, охлажденной у его поверхности воды и подъем воды менее плотной, относительно теплой. Таким образом, с момента достижения температуры замерзания на поверхности моря в толще морской воды возникает механизм конвекции, способствующий теплообмену в поверхностном слое моря. Важное значение имеет при этом тот факт, что наибольшую плотность соленая морская вода имеет при температуре ниже температуры ее замерзания на поверхности (в отличие от пресной воды, плотность которой наибольшая при 4°C , то есть при положительной температуре).

Решающую роль в этих процессах играет изменение солености воды с глубиной. Если соленость воды с глубиной не изменяется, то образование льда может начаться только после охлаждения до точки замерзания всей толщи воды, до самого дна: конвекция в однородно соленой воде начнется сразу же после охлаждения поверхности воды и не прекратится до тех пор, пока на всех глубинах температура воды не достигнет минимального значения. Другими словами, в тех местах океана, где соленость воды с глубиной не меняется, образование льда невозможно. Иная картина на тех участках океана, где верхний слой распреснен и соленость воды с глубиной быстро возрастает: здесь перемешивание вод по глубине затруднено, поступление тепла из глубин океана невелико и тонкий верхний слой воды, отдав свои запасы тепла в атмосферу, неизбежно замерзает. Отсюда повсеместное распространение морских льдов на поверхности Северного Ледовитого океана, верх-

ний слой вод которого распреснен и быстро охлаждается, тогда как глубинные, более соленые и относительно теплые его воды, поступающие из Атлантики, не будучи вовлеченными в процесс конвективного перемешивания с поверхностными водами, не отдают свое тепло и, таким образом, не препятствуют образованию морских льдов.

14.10. Чем определяется толщина морского льда?

Скорость нарастания морского льда зависит от температуры его поверхности, толщины снежного покрова на нем и интенсивности потока тепла из подстилающего слоя воды. Для условий Арктики советский ученый Н. Н. Зубов получил формулу для расчета толщины морского льда h (м):

$$h = -25 + \sqrt[3]{(25 + h_0)^2 + 8\Delta F},$$

где h — конечная толщина морского льда; h_0 — начальная толщина морского льда; F — сумма градусо-дней рассматриваемого морозного периода.

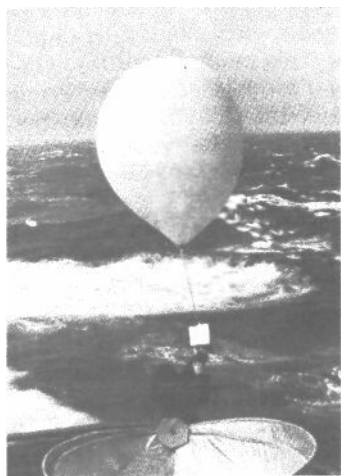
В Арктике $F = 7000...8000$ в год, и в районах, где к концу лета лед стаивает, толщина сезонного ледяного покрова составляет примерно 2 м. Многолетний лед в Центральной Арктике достигает равновесной толщины (3—4 м) в возрасте 5—8 лет, когда годовой прирост становится равным летнему сезонному стаиванию (абляции). Антарктические морские льды — по преимуществу сезонные, однолетние, толщиной около 1,5 м. Многолетние льды в Антарктике встречаются редко (в основном узкой полосой в море Уэдделла).

14.11. Каковы скорость и направление дрейфа морских льдов?

Она составляет примерно 1/50 скорости ветра на высоте 2 м над поверхностью воды. Направление дрейфа льдов соответствует теоретическому направлению ветра при отсутствии влияния трения, то есть приблизительно под углом 45° вправо от действительного направления ветра (в южном полушарии — под тем же углом влево).

14.12. При каких условиях погоды возникают самые высокие волны на море?

Волнение моря является функцией скорости ветра, длины разгона волн и промежутка времени, в течение которого дует ветер. Таким образом, наибольшие волны возникают над участками поверхности океана, где градиенты атмосферного давления (его изменение на единицу



68. Выпуск радиозонда с палубы судна в океане. Фото И. Цигельницкого

расстояния в горизонтальном направлении) максимальные, то есть в глубоких длительно существующих циклонах. Широкую известность у моряков получили открытые пространства Южного океана между 40 и 60-й параллелями. Здесь высота волн достигает 15 и даже более 20 м и волнение океана носит очень устойчивый характер, оно практически никогда не прекращается, не стесняемое континентами и крупными островами, поскольку в южном полушарии вообще суши мало. Славится высокими волнами и северная часть Тихого океана, хотя волнения там не столь постоянны, как на южных участках Индийского, Тихого и Атлантического океанов (которые теперь принято обобщенно называть Южным океаном). В литературе есть указания на случаи волн в океане высотой более 30 м, но, по-видимому, это были волны иной природы.

Все сказанное выше о волнении на море относится к явлениям, по своей природе метеорологическим, и не распространяется на волны типа цунами, вызываемые подвижками земной коры, то есть имеющими совсем иное происхождение. Такие волны могут достигать высоты 32–35 м.

14.13. Существует ли связь между морскими течениями и режимом ветра?

Безусловно, существует, хотя она далеко не всегда явно выражена. Есть в океане мощные течения, направленные почти точно в соответствии с направлением преобладающих ветров (как, например, Гольфстрим в Атлантике,

теплые воды которого устремляются с юго-запада на северо-восток вдоль «дороги циклонов», следующих от берегов Северной Америки к берегам Северной Европы). Однако есть и такие течения, воды которых перемещаются не строго в соответствии с направлением преобладающих ветров (например, холодное Лабрадорское течение или течения в проливах Босфор, Дарданеллы, в Керченском проливе).

Закономерность соответствия поверхностных течений в океанах направлению движения воздуха в нижней тропосфере заметна и в низких, и в высоких широтах. В Тихом океане по обе стороны от экватора с востока на запад направлены течения, связанные с пассатами обоих полушарий. В Ледовитом океане арктические льды дрейфуют вдоль изобар на средних картах давления, то есть в направлении преобладающих ветров. Следует при этом иметь в виду, что скорости движения воды и воздуха существенно различны; количество движения в океане в 230 раз меньше, чем в атмосфере. Кроме того, приводя в движение воды океана, атмосфера испытывает обратное влияние океана на состояние воздуха над его поверхностью, в том числе и на режим ветра.

14.14. Соответствует ли направление течения Гольфстрим направлению ветров над Атлантикой?

В целом примерно соответствует. Течение Гольфстрим направлено приблизительно параллельно изобарам среднего поля атмосферного давления над Атлантикой. Однако местами на направление течения влияет рельеф дна океана.

14.15. Какова температура воды в Гольфстриме?

Температура воды в Гольфстриме у берегов Флориды на поверхности океана около 26°C, в пределах Саргассова моря она лишь на несколько градусов выше температуры воды на соседних с течением участках океана. По мере продвижения на север и северо-восток температура Гольфстрима постепенно понижается, но остается достаточно высокой по сравнению с температурой океана вне этого течения. Так, в апреле на широте северного полярного круга в центральном участке течения она равна 20°C, тогда как в нескольких сотнях километров к западу она всего на несколько градусов выше нуля, а еще западнее уже находится кромка полярных льдов Гренландского моря. Скорость течения составляет примерно 7 км/ч, ширина стрежня течения в створе мыса Хаттерас — около 100 км.

14.16. Чем объясняется бурный характер Баренцева моря?

Баренцево море считается одним из самых штормовых в мире. На его акватории проходит граница очень контрастных воздушных масс, проникающих сюда из Западной Атлантики — теплых и влажных и из Центральной Арктики — очень холодных и относительно сухих. Это делает все атмосферные фронты над Баренцевым морем очень активными, циклоническую деятельность — весьма интенсивной, с глубокими циклонами и большими градиентами давления, порождающими сильные ветры и волнение (высотой более 3,5 м).

14.17. Что такое след тайфуна в океане?

Тропические циклоны, среди которых видное место занимают тайфуны западной части Тихого океана, оставляют за собой след не только на поверхности океана, но и в толще воды, до глубины примерно полукилометра, причем сохраняется он в течение нескольких недель. След этот незаметен для человеческого глаза, но хорошо выражен в инструментальных измерениях состояния океанской воды, и прежде всего — ее температуры. Дело в том, что вдоль пути следования тропического циклона происходит интенсивное испарение воды — тайфуны и ураганы черпают свою энергию с сильно нагретой поверхности океана. На процесс испарения затрачивается значительное количество тепла, которое затем отдается воздуху при конденсации поднимающегося вверх водяного пара в виде теплоты конденсации. Вода же в океане при этом охлаждается. Ветер и волны, поднятые тропическим циклоном, усиливают эффект охлаждения поверхностных вод, перемешивая более глубокие и холодные воды с поверхностными. По данным советских океанологов, наблюдавших тайфун Элла в Тихом океане, когда тайфун прошел над полигоном автоматических буйковых станций, то в полосе шириной несколько больше 100 км (соответствующей размерам тайфуна) температура воды понизилась на 2°C, а по обе стороны от этой полосы — повысилась в среднем на 3°C. Остается добавить, что такого рода следы оставляют за собой не только тайфуны, но и другие тропические циклоны. Детально изучить это явление впервые удалось в тайфуне, путь которого пришелся на район океанологических исследований советского научно-исследовательского судна «Академик Курчатов».

14.18. Могут ли изменения погоды влиять на фауну океана?

Необычно суровые зимы, сильные северные ветры, временные изменения морских течений могут губительно отражаться на фауне умеренных широт, особенно мелководной. Связанные с сильными и продолжительными холодами понижения температуры воды, эпизодически наблюдающиеся в океанах, часто приводят к массовой гибели рыбы. Временные изменения Лабрадорского течения и течения Ирмингера у юго-западных берегов Гренландии после аномально холодных зим, влекущих за собой понижение температуры воды, также бывают причиной катастрофической гибели рыбы.

Примерно каждые шесть—восемь лет погибает много рыбы у техасского побережья США, на мелководье в Мексиканском заливе. Колебания температуры воды и насыщенности ее кислородом оказываются губительными для ряда живых организмов, в том числе, в конечном итоге, и для рыбы.

14.19. Что такое апвеллинг?

Апвеллингом называют подъем глубинных вод в морях и океанах, вызывающий значительное охлаждение поверхности моря. Различают два типа апвеллинга: прибрежный и в открытом океане. Прибрежный апвеллинг непосредственно связан с метеорологическими условиями — он возникает при сильном и продолжительном ветре, направленном приблизительно параллельно берегу, находящемуся слева от воздушного потока или под небольшим углом к нему, то есть с суши на море. При этом происходит сгон поверхностных вод и подъем на их место более холодных глубинных вод. В открытом океане это явление связано с метеорологическими условиями лишь косвенно — оно обусловлено океаническими течениями, которые сами по себе связаны с господствующими ветрами. Условия для возникновения вертикальных движений воды и ее подъема с глубин на поверхность создаются в районах расходимости поверхностных течений или связанных с ними крупномасштабных циклонических вихрей — круговоротов.

14.20. В каких районах земного шара наблюдается прибрежный апвеллинг?

В нашей стране явление апвеллинга сравнительно часто наблюдается в Черном море, у берегов Крыма и Кавказа.

Бывают случаи апвеллинга и на Каспии, а также у юго-западного побережья Камчатского полуострова. Прибрежный подъем вод систематически наблюдается у западных побережий США, Перу, Марокко, Южной Африки, Австралии. Интенсивность его возрастает зимой и летом и уменьшается в переходные сезоны. В некоторых странах с муссонным климатом апвеллинг образуется в летний сезон, при сгоне воды муссонными ветрами. Характерный летний сезонный апвеллинг наблюдается в ряде мест на Атлантическом побережье Северной Америки и в Бенгальском заливе.

14.21. Насколько сильно охлаждаются поверхностные воды при апвеллинге?

Диапазон понижения температуры воды при апвеллинге очень широкий — от нескольких градусов до 10—15°C. На Черном море и на Каспии бывают случаи резких скачков температуры воды после сгона поверхностных вод береговыми ветрами: от 24 до 8—10°C и от 20 до 10—11°C соответственно.

14.22. Чем еще, кроме понижения температуры воды, сопровождается выход глубинных вод на поверхность?

Вместе с глубинными водами на поверхность поднимаются соединения азота и фосфора, это приводит к бурному развитию фитопланктона в зонах апвеллинга. Фитопланктоном питаются рачки, служащие кормом для рыбы. Поэтому здесь обычно бывает больше рыбы, чем на других участках океана.

14.23. Какие особенности погоды отмечаются в районах прибрежного апвеллинга?

В районах постоянного подъема глубинных вод отмечается низкая температура поверхности воды и прилегающего к ней слоя воздуха. Температура вышележащего воздуха до некоторых пор повышается, а не понижается, как обычно. Таким образом, над районами апвеллинга существуют устойчивые температурные инверсии, препятствующие распространению влажного морского воздуха вверх и в глубь суши. Не происходит и сколь-либо значительного вертикального развития облаков — все запасы влаги сосредоточиваются в тонком поверхностном слое

воздуха, где часто образуются туманы или тонкая слоистая пелена приподнятого тумана.

Настоящей, развитой по высоте и способной давать осадки, облачности в таких районах не бывает большую часть года. Поэтому в узкой прибрежной зоне в районе апвеллинга климат засушливый. Примером может служить Тихоокеанское побережье Чили и Перу в Южной Америке.



Две точки на земном шаре с давних пор занимали людское воображение — географические полюса планеты, через которые проходит воображаемая ось вращения Земли... Что находится там, как выглядят окрестности у полюсов, каковы условия обитания, климат и погода в этих точках? Четыре века понадобилось человечеству, чтобы от признания шаровидности формы Земли и ее вращения вокруг собственной оси, а следовательно и от установления понятия «земной полюс» дойти до реальной возможности увидеть эти заветные места — сперва в северном, а затем в южном полушарии. Достигнуто это было только в начале 20-го столетия — американским исследователем Робертом Пири в апреле 1909 года и норвежским ученым-полярником Руалом Амундсеном в декабре 1911 года. И Пири, и Амундсен со своими спутниками добрались до полюсов Земли пешком, на лыжах и собачьих упряжках, и только через полвека к полюсам стали регулярно летать на самолетах, а к одному из них — Северному — удалось проложить путь под полярными льдами на подводных лодках и через льды Северного океана на атомном ледоколе...

Теперь-то мы знаем, что внешне местность у полюсов самая заурядная, таких мест на нашей Земле можно найти множество. Автор этих строк прожил несколько дней на Южном географическом полюсе, когда отмечалось пятидесятилетие его покорения экспедициями Амундсена и Скотта. Снежная равнина с едва заметным уклоном, гладкая и однообразная, как две капли воды походила на аналогичные места на обширном пространстве Антарктического купола или на шельфовых ледниках, встречающихся

во многих частях Антарктического континента... Но все же и Южный, и Северный полюса Земли — особые точки планеты. Здесь самый длинный полярный день (186 суток) и самая длинная полярная ночь (179 суток)! Здесь и самое большое значение отклоняющей силы вращения Земли — столь существенной для движения воздуха над земной поверхностью, то есть для скорости и направления ветра, ибо именно эта сила уравнивает действие силы горизонтального перепада давления (так называемой силы барического градиента), которая и является первопричиной возникновения ветра.

Для метеорологов полюса Земли — отправные точки всевозможных расчетов, их важность исключительно велика, и в этом смысле с ними можно сравнивать, пожалуй, еще только экватор. Таким образом, Арктика и Антарктика — особые области нашей планеты уже в силу того, что там находятся ее географические полюса. Однако на Земле кроме географических есть и другие полюса: магнитные, геомагнитные, полюса относительной недоступности, полюс ветра, полюс холода — и все они, за исключением последнего, находятся в полярных областях.

Человеку, оказавшемуся на полюсе, непривычно ощущать, что любое направление, какое бы он ни выбрал для движения с этой удивительной точки, будет направлением к экватору, то есть на юг, если он находится на Северном полюсе, или на север, если он стоит на Южном полюсе.

Северный и Южный географические полюса Земли при внешнем сходстве своем — оба они находятся в ледяной пустыне, круглый год скованной морозами, — имеют и существенное различие: под двух-трехметровым ледяным покровом на Северном полюсе — многокилометровая толща воды океана, а Южный географический полюс находится на континенте Антарктида, покрытом ледяным панцирем толщиной 3—4 км; северные окраины этого континента омываются водами Южного океана.

Арктика и Антарктика — полярные области нашей планеты. И там, и там — суровый климат, но летом в глубинных районах Антарктики даже в полярный день, когда солнце не заходит за горизонт, бывает так же холодно, как в Арктике зимой. Антарктида — самый высокий материк планеты, что в сочетании с ее географической широтой и определяет исключительную суровость климата на этом континенте, где морозы бывают ниже -80°C , а скорость ветра достигала 80 м/с. Арктика в районе Северного географического полюса — огромное ледяное поле, скрывающее под собой океанские глубины, колос-



69. Дизель-электроход «Обь» — пионер советских антарктических экспедиций

сальный по объему резервуар воды и хранилище запасов тепла, приносимого из низких широт океанскими течениями.

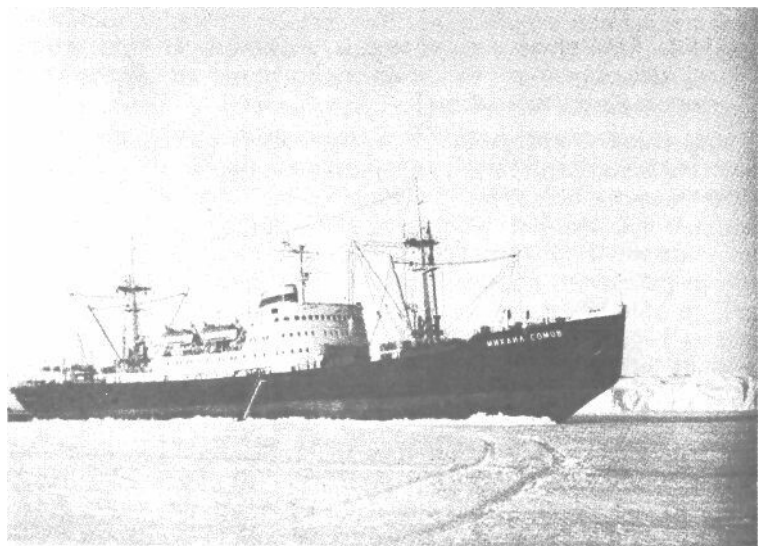
15.1. Где проходят границы Арктики и Антарктики и как связано их местоположение с условиями погоды или климатом?

Арктика — северная, а Антарктика — южная полярные области земного шара, примыкающие к географическим полюсам планеты. Границами их можно считать северный и южный полярные круги — $66^{\circ}33'$ соответствующих широт. Это очень условные границы, показывающие географическую широту, выше которой бывают полярные день и ночь, то есть солнце на протяжении суток не заходит за горизонт или не показывается из-за горизонта. Более удобно и с большим основанием можно определять границы Арктики и Антарктики по естественным, объективно существующим или чисто климатологическим признакам. К этому склоняются сейчас все исследователи полярных областей Земли. При этом принято выделять, помимо собственно Арктики, еще и Субарктику, а в Южной полярной области — помимо Антарктики, еще и Субантарктику (так же как есть в низких широтах тропики и субтропики).

Для Арктики южной границей избрано положение июльской изотермы 5°C — линии, на которой в самом теп-

лом месяце года — июле средняя месячная температура воздуха равна 5°C . Таким образом, в пределах Арктики оказываются Северный Ледовитый океан, его окраинные моря со всеми островами, отчасти северное побережье Америки и значительные участки высокоширотной акватории Атлантического и Тихого океанов. Южная граница Субарктики примерно совпадает с северной границей лесной зоны и южной границей тундры. Местами она проходит чуть севернее, а местами — чуть южнее полярного круга.

Для Антарктики границы определены самой природой: это хорошо заметные на поверхности Южного океана линия антарктической конвергенции и линия субтропической конвергенции. На линиях конвергенции более холодные воды, притекающие с юга, сходятся с более теплыми водами с севера. На этой линии (фактически — полосе шириной несколько сотен метров) резко изменяются температура и соленость воды, а также состав органической жизни в воде (фито- и зоопланктон). Это хорошо заметно с палубы корабля при пересечении линии в светлое время суток. Линия антарктической конвергенции, лежащая приблизительно между 55 и 60° ю. ш., является северной физикогеографической границей Антарктики, а линия суб-



70. Дизель-электроход «Михаил Сомов» — флагман советского антарктического флота, сменивший легендарную «Обь». Фото Б. Шельпякова

тропической конвергенции — северной границей Субантарктики и одновременно — ориентировочной границей Южного океана. Последняя проходит через южные оконечности Новой Зеландии, Австралии, Африки и Южной Америки, то есть примерно между 40 и 45° ю. ш.

15.2 В чем особенности климата Арктики?

Две основные особенности определяют климат арктической пустыни — избыточное увлажнение и очень низкие температуры воздуха. Под избыточным увлажнением в климатологии подразумевается малая испаряемость по отношению к выпадающим осадкам, когда за год осадков выпадает в два с лишним раза больше, чем за тот же период испаряется влаги с земной поверхности. Температура воздуха здесь в течение всего года не бывает больше 19° С.

Вопреки широко распространенному мнению, в северном полушарии самые жестокие морозы бывают зимой не в Центральной Арктике, а далеко к югу от Северного полюса, у самого полярного круга, в глубине континента Азии. Но в Арктике очень холодное лето, здесь весь год сохраняются льды, так как они не успевают растаять за лето. Таяние льдов под лучами солнца во время длинного полярного дня поглощает почти все солнечное тепло, которого, таким образом, оказывается недостаточно для нагревания воздуха. Средняя температура воздуха в середине зимы в Центральной Арктике около — 36° С, а в самые теплые летние месяцы — около 0° С. Морозы с температурой воздуха ниже —40° С в Арктике не так уж часты — сказывается приток тепла через морские льды от воды океана. Только над плотными толстыми льдами и на отдельных станциях в Американском секторе Арктики минимальные температуры воздуха иногда бывают ниже —50° С, (Моулд-Бей и Юрика: —52,8° С, Исаксен: — 53,9° С). Максимальная температура воздуха в Центральной Арктике не превышает 5° С, тогда как на побережье арктических морей в Азиатской части континента она в отдельные дни может доходить до 30° С.

15.3 Насколько климат Антарктики суровее климата Арктики?

Если воспользоваться для оценки суровости погоды комплексным индексом Бодмана, учитывающим и температуру, и ветер, то условия погоды в Арктике зимой примерно оказываются соответствующими условиям погоды

в Антарктиде летом. Так, на Южном полюсе в летние месяцы (декабрь — февраль) индекс Бодмана составляет от 4,6 до 6,3, тогда как на Северном полюсе в те же месяцы, являющиеся в северном полушарии зимними, он составляет от 5,3 до 5,6. Для станции Айсмитте в Гренландии, расположенной примерно на той же высоте над уровнем моря и примерно на той же географической широте, что и антарктическая станция Пионерская, соотношение индексов суровости погоды такое же: зимой на Айсмитте индекс составляет 6—7, летом — 3—4, тогда как на Пионерской соответственно 11—12 и 7—8. Чрезвычайная суровость погоды на станции Пионерская объясняется местоположением станции на склоне антарктического купола, где постоянны сильные ветры. Даже на станции Восток, самой «холодной» и самой «высокой» из всех антарктических станций, ввиду расположения ее в центральной части ледникового плато, где ветры слабее, индекс Бодмана зимой составляет 9,3, а летом 5,3, то есть меньше, чем на Пионерской.

15.4. Чем объяснить, что Арктика теплее Антарктики?

Летом Антарктика получает примерно на 7% больше солнечного тепла, чем Арктика, так как Земля в своем вращении вокруг Солнца в июне находится в афелии, а в декабре — в перигелии. Однако, несмотря на это, климат Южной полярной области суровее, чем Северной. Казалось бы, парадокс, но объясняется он довольно просто. Прежде всего, у Южного полюса существует материк, и к тому же — самый высокий из всех шести, имеющих на Земле. Средняя высота Антарктического континента составляет несколько больше 2000 м, тогда как следующая за ним по высоте Азия имеет среднюю высоту около 900 м. Таким высоким материк Антарктида оказался из-за мощного слоя льда, покрывающего коренные материковые породы. Средняя толщина материкового льда в Антарктиде примерно 1800 м, при этом в центральной части Антарктического купола, вблизи геометрического центра континента, она без малого 4000 м, в районе советской станции Восток — около 3500 м, а на самом географическом полюсе — около 2800 м. В Центральной Арктике высота поверхности ледяных полей, покрывающих акваторию Северного Ледовитого океана, практически соответствует уровню моря — она составляет считанные метры. За счет только разности высот Антарктида должна быть холоднее Арктики в среднем примерно на 13° С, а на вершине ледяного купола — на целых 25—28° С, если

считать, что температура воздуха в атмосфере убывает на $6,5^{\circ}\text{C}$ на каждый километр высоты.

Но это не все. Есть вторая, не менее важная причина: Северный Ледовитый океан имеет свободное сообщение с Атлантическим океаном на обширном пространстве между Гренландией и северной оконечностью Европы. Теплые воды Атлантики, в том числе мощное теплое течение Гольфстрим, свободно проникают под арктические льды и отдают колоссальное количество тепла Арктике, смягчая ее климат.

Кроме того, в Северный Ледовитый океан впадают десятки крупнейших рек Евразии и Северной Америки. Вместе с пресной водой этих рек Арктика круглый год получает дополнительное количество тепла, которого лишена Антарктика. В Южном океане нет меридионально направленных океанических течений, подобных Гольфстриму, там существует самый мощный поток Мирового океана — Антарктическое циркумполярное, или круговое, течение, направленное с запада на восток. Мощность его в шесть-восемь раз превышает мощность Гольфстрима.

15.5. Почему мощность полярных льдов в Антарктике больше, чем в Арктике?

Причины этого те же, что и причины различий климатов на Южном и Северном полюсах Земли: наличие континента у Южного полюса и океана у Северного полюса. Когда на Земле впервые появились шапки полярного льда (а это произошло, по данным разных авторов, от 1 до 10 млн. лет назад), то на суше Южной полярной области лед с каждым годом продолжал накапливаться, так как не было поступлений тепла с водой, приносимой течениями с низких широт, как это имело место в Северной полярной области. У Северного полюса образовывались лишь тонкие морские льды, которые могли и таять, и уноситься течениями в более низкие и более теплые широты. Накопление льдов в северном полушарии имело место только на островных участках суши в Арктике и в высокогорных районах. В период наибольшего развития оледенения льды покрывали северные части материков Евразии и Америки, а в последующем, при потеплении климата, отступили снова в Центральную Арктику, но сохранились в Гренландии и на островах Канадского архипелага. В настоящее время площадь арктических морских льдов составляет 10 млн. км², а площадь оледенения на суше в Арктике — 2 млн. км². В Антарктике ледники занимают площадь почти 14 млн. км², а морские льды зимой — еще около 20 млн. км² (летом последних в восемь раз меньше).

15.6. Было ли когда-нибудь в Антарктике теплее, чем в наше время?

Да, было и теплее, и холоднее. Как и на всем земном шаре, в Антарктике в предшествующие четвертичному периоду эпохи был в целом достаточно теплый климат. Среди древних отложений на Антарктическом континенте найдены слои, относящиеся к мезозойской эре, в которых оказались кости скелетов ящеров — обитателей теплого климата, который был в Южной полярной области 200 млн. лет назад. Залежи ископаемого каменного угля, также обнаруженные в Антарктиде, подтверждают, что этот континент не всегда был закован в лед. Анализ кернов льда из скважин, пробуренных в районе станции Мирный, показывает, что и после оледенения Антарктиды в Южной полярной области бывали периоды потепления. На глубине 950 м в Мирном возраст льда составляет 46 тыс. лет. Последнее значительное потепление имело место 10—15 тыс. лет назад. На склонах гор, свободных от льда, можно видеть следы оледенения в прошлом, когда ледяной покров был толще нынешнего.

15.7. Что такое антарктические оазисы?

Это отнюдь не родники бьющей из-под земли воды в тени пальмовых деревьев, как мы представляем себе оазисы песчаных пустынь в тропической Африке или на Ближнем Востоке. Антарктические оазисы — это небольшие участки свободных от льда и снега скал вблизи побережья, выделяющиеся среди ледяной пустыни своей окраской — бурой, зеленоватой, красновато-коричневой, а летом — и синими чашами озер, между которыми бегут небольшие ручьи. Для антарктического пейзажа это так необычно, что норвежские моряки, впервые увидевшие такое чудо на берегу маленькой бухточки в заливе Маккензи, сравнили ее с живописной провинцией Вестфолль на своей родине. Спустя 20 лет советские географы, обследовавшие этот участок побережья, присвоили ему официальное название «оазис Вестфолль». Позже в Антарктиде было найдено еще несколько таких или подобных оазисов: известны оазисы Бангера, Терешковой-Николаевой, Грирсона, Ширмахера и др. В одном из таких оазисов построена научная станция Молодежная, а в другом — станция Новолазаревская. На обращенных к солнцу склонах темных скал летом создаются особые условия: температура поверхности таких склонов может достигать необычных для Антарктики значений — до 30° С выше нуля! Зимой в оазисах так же холодно, как и везде в Антарктиде.

Общая площадь участков суши, свободных от льда, составляет доли процента территории Антарктиды — всего около 40 тыс. км², при общей площади континента 14 млн. км².

15.8. Какова высота коренного рельефа в Антарктиде?

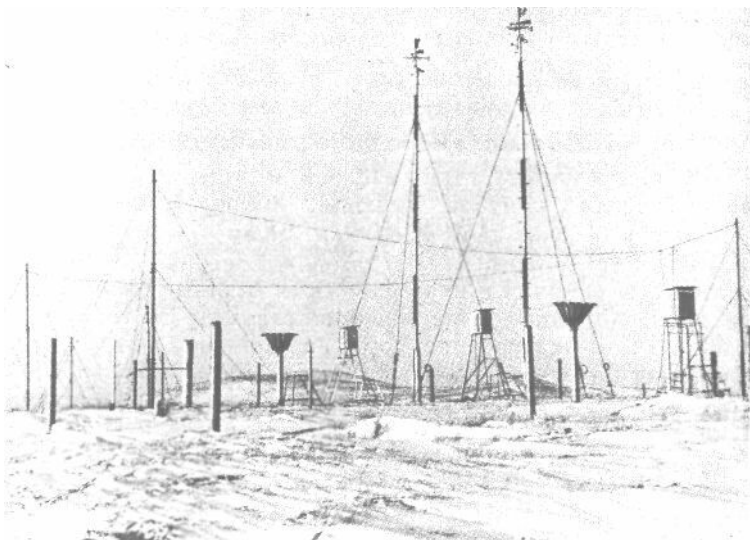
За исключением горных цепей и отдельных вершин вулканических конусов, имеющих высоту более 4000 м (г. Винсон — даже 5140 м, вулкан Сибли — 4130 м), Антарктический континент представляет собой невысокую холмистую равнину с низменностями местами ниже уровня моря. Коренное ложе в районе станции Восток имеет высоту 212 м над уровнем моря, в районе станции Амундсен-Скотт на Южном полюсе оно находится примерно на уровне моря, к югу от станции Пионерская есть впадина 1100 м ниже уровня моря. Но следует иметь в виду, что если бы Антарктический континент освободился от льда, объем которого $26 \cdot 10^6$ км³, то он бы «всплыл» и уровень коренных пород его стал бы выше нынешнего.

15.9. Правильно ли называть Арктику и Антарктику ледяными пустынями?

Несомненно, обе полярные области Земли отвечают всем признакам пустынь — и по условиям жизни, и по распространению фауны и флоры, а также по населенности. На Антарктическом континенте, как и в Центральной Арктике, нет постоянного населения, там крайне скудная растительность, а животные обитают в основном в воде; на поверхности, во льдах их можно видеть главным образом во время полярного дня, зимой же, полярной ночью, льды практически необитаемы. Однако это совсем не значит, что околполярные области лишены жизни: она там не прекращается никогда, но существует в форме, единственно возможной в суровых условиях крайних высоких широт: бурно развивается летом при не заходящем за горизонт солнце и замирает, прячется под лед, в относительно теплую воду океана, в период полярной ночи.

Температура воды в Северном Ледовитом океане зимой подо льдом около -1°C при солёности около 30‰, то есть близка к точке замерзания ($-1,6^{\circ}\text{C}$). На глубине нескольких сот метров вода имеет положительную температуру, примерно 1°C . Летом в полыньях и разводьях между ледяными полями температура воды около 0°C , а на глубине 100—150 м она такая же, как и зимой.

Аналогичная картина в антарктических водах Южного океана, отличающихся немного большей солёностью и на

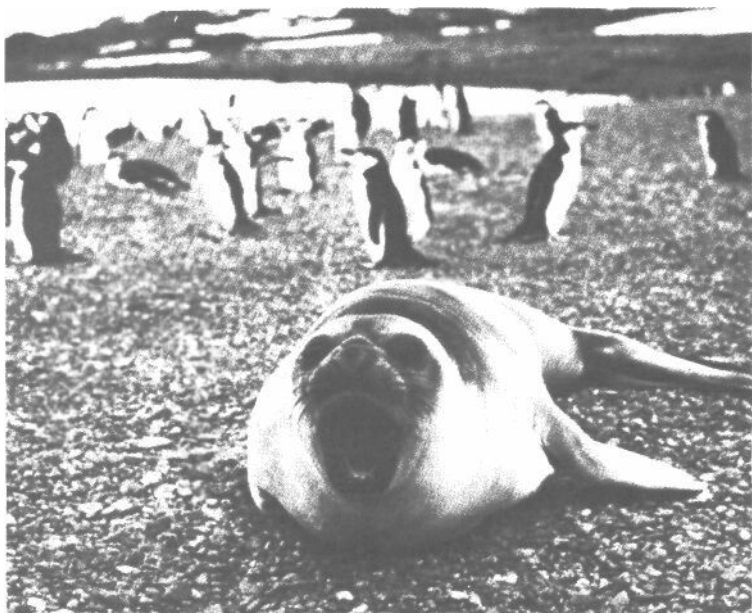


71. Метеорологическая площадка в Арктике

десятые доли градуса более низкой температурой. К такому режиму температуры приспособились десятки видов животных, большинство которых зимой впадает в спячку. Антарктические морские льды тоньше и меньше размером арктических, они весной и летом пропускают больше солнечного света, быстрее разрушаются. Поэтому донная фауна в антарктических водах богаче, чем в арктических, число видов живых организмов в Антарктике в два раза больше, чем в Арктике. Помимо китов, тюленей и дельфинов-хищников (косаток) в Южном океане водятся котики, морские слоны, морские львы и леопарды, огромное количество рачков — криль (основная пища китов), амфиподы, калянусы — гигантские губки, морские огурцы — голотурии, морские звезды, кальмары, каракатицы, различные виды рыб. Жителями вод Южного океана следует считать и пингвинов, которых нет в Арктике. Зато в Антарктике нет белых медведей и моржей — жителей арктических морей, как нет ни мух, ни комаров, ни мошек.

15. 10. Какая растительность способна существовать в условиях антарктического климата?

В Антарктике, к югу от линии антарктической конвергенции, лежащей между 55 и 60° ю. ш., там, где поверх-



72. Тюлень и пингвины Адели на антарктическом пляже. Фото И. Цигельницкого

ностные антарктические воды опускаются под более теплые и менее плотные субантарктические воды, растительность представлена относительно богатым (около 200 видов) фитопланктоном — одноклеточными водорослями, которые служат кормом для рачков — криля, нескольких видов амфипод и калянусов. Развитие водорослей, их «цветение», наблюдается в разгар летнего сезона, в январе и феврале. В это время вода в море мутнеет. Зимой, вмержая в лед, одноклеточные диатомовые водоросли (диатомеи) окрашивают его в красноватые и буро-коричневые тона.

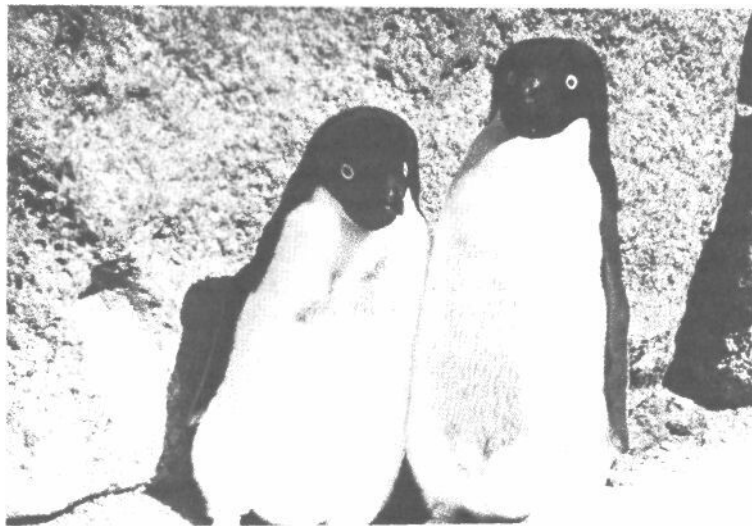
На континенте, в тех немногих местах, где есть выходы из-под льда материковых скальных пород, на крутых обращенных к солнцу склонах летом можно видеть пятна серых, черных и оранжевых лишайников или черных мхов. Во мхах можно обнаружить микроскопические плесневые грибы. Разложение органических веществ в условиях низких температур идет очень медленно — почвы практически нигде нет. В возникающих кое-где при таянии снега озерах также развиваются микроскопические водоросли —

желтого или красного цвета. В районах колоний пингвинов можно наблюдать пятна водорослей зеленого цвета... Вот и весь растительный мир Антарктики.

На субантарктических островах, севернее линии антарктической конвергенции, растительность богаче: там в изобилии встречаются не только мхи и лишайники (около 400 видов лишайников и 70 видов мхов), но и трава, и цветковые растения, а на крайнем севере, в пределах линии субтропической конвергенции, то есть до 40—45° ю. ш., растут уже и папоротники, кергеленская капуста. Однако вплоть до 50-й параллели на островах Южного океана не увидишь ни деревца, ни даже кустарника... В северном полушарии на этих широтах хвойные и широколиственные леса, богатая растительность.

15. 11. Какие птицы сумели приспособиться к антарктическому климату?

Как и все другие животные в Антарктике, птицы здесь — морские обитатели, они находят пропитание в море и лишь потомство выводят на суше. Основные птицы Антарктиды — пингвины и буревестники. В водах Южного океана водится 17 видов пингвинов, из которых два — наиболее распространенные в Антарктиде: пингвины



73. Пингвины Адели — полярные птицы южного полушария

Адели и императорские пингвины. Первые — небольшого размера, черной окраски, с большим белым «передником», живут в Антарктике с весны до поздней осени, откочевывая к зиме на льдах и вплавь в более северные широты; они встречаются в тропической зоне южного полушария вплоть до широты 7°. Императорские пингвины — крупные, высотой около метра, имеют серовато-золотистую окраску, они выводят птенцов зимой в антарктических льдах, выкармливая потомство запасенной в зобу с осени пищей. Пингвины не устраивают специальных гнезд, как другие птицы. Адели кладут яйца прямо на камни прибрежных пляжей, а императорские пингвины держат их в жировых складках лап.

Буревестников в Южном океане более ста видов. Есть среди них маленькие, весом до 40 г, — качурки и крупные, весом до 10 кг, — альбатросы. Странствующие альбатросы, имеющие размах крыла до 4 м, встречаются в субантарктических водах и севернее, вплоть до 30-й параллели; на юг они залетают до широты 50°.

Более мелкие дымчатые альбатросы встречаются и в более высоких широтах. Снежного буревестника даже зимой можно встретить у кромки полярных льдов.

Кроме этих двух видов птиц в Антарктике есть поморники из отряда чаек, капские голуби — «пеструшки», мелкие вильсоновы качурки, морские стрижи. На самых север-



74. Белый медведь — самый сильный хищник Арктики. Фото В. Кузнецовой



75. Тюлень Уэдделла встречается только в Антарктике. Фото Б. Шельякова

ных островах Субантарктики встречаются утки, бакланы, кулики.

15.12. Есть ли птицы, совершающие перелеты из Антарктики в Арктику?

Есть. Это полярные крачки из отряда чаек. Они выводят птенцов два раза в год в обеих полярных областях Земли. Перелеты совершают из Арктики в Антарктику и обратно вдоль западных берегов Европы и Африки. В значительном количестве их видели на о. Ватерлоо (Южные Шетландские острова), реже они попадают на островах в более высоких широтах Южного океана.

15.13. Что представляет собой жизнь в Арктике?

Суровые климатические условия определяют сравнительную бедность флоры и фауны в Арктике. На арктических островах преобладают мхи и лишайники, есть несколько видов цветковых растений, но на континенте произрастают и травы, и кустарники; растительность тундры местами образует сплошной сомкнутый покров, встречаются грибы и даже ягоды (например, морошка). Значительно богаче морская флора — известно около 150 видов водорослей. Животный мир Центральной Арктики представлен в основном обитателями морей: здесь водятся моржи, тюлени, киты, белухи, косатки. В континен-

тальных арктических областях есть песцы, мелкие грызуны-лемминги, а на севере Гренландии и на островах Канадского Арктического архипелага — даже мускусные быки. Повсеместно распространены белые медведи, а на континенте — северные олени, питающиеся ягелем (один из видов арктических лишайников). Арктика богата птицами, а устья рек изобилуют рыбой.

15.14. Где находится полюс ветров?

Прибрежные склоны восточной части Антарктического континента можно считать наиболее ветренными местами на Земле. Холодный воздух, стекая с Антарктического плато, создает здесь устойчивые и очень сильные ветры, особенно зимой, когда скорость ветра в порывах может превышать 50 м/с, то есть 180 км/ч. Это так называемые стоковые ветры. Особенно печальную славу снискали они себе в районе мыса Денисон на Земле Адели и научных станций Моусон и Мирный. Стоковые ветры отличаются очень большой скоростью и внезапностью появления. Они распространяются вверх до высоты 200—300 м и могут возникать так же внезапно, как и прекращаться, вне видимой связи с горизонтальным распределением атмосферного давления. В сочетании с низкой температурой воздуха эти ветры создают чрезвычайно тяжелые условия существования для людей, вынуждая их искать укрытия в домах, под защитным слоем снега.

На мысе Денисон в период работы там австралийской экспедиции Моусона в 1912/13 году отмечено за 12 месяцев 235 дней со скоростью ветра 18 м/с и более. Скорость ветра в этой точке антарктического побережья может достигать 70—80 м/с. Эти обстоятельства и побудили австралийских ученых назвать мыс Денисон полюсом ветра. Хотя название это не является официальным, оно широко известно и пользуется признанием среди полярников — исследователей Антарктиды.

15.15. Где находится Южный магнитный полюс?

Точка земного шара, над которой магнитная стрелка компаса направлена вертикально, в южном полушарии Земли была достигнута 16 января 1909 года небольшой группой из состава английской экспедиции Э. Шеклтона. Эта точка в то время находилась на высокогорном плато Земли Адели в Восточной Антарктике в 600 км от побережья на 72°25' ю. ш. и 155°16' в. д. Впоследствии Южный магнитный полюс смещался к северу и к 1977 году оказался не на суше, а на воде, неподалеку от берега в

море Д'Юрвиля. Причины перемещения магнитных полюсов Земли связаны с процессами, происходящими внутри земной коры.

15.16. Что такое геомагнитный полюс?

Это точка пересечения магнитной оси Земли с ее поверхностью. Местоположение геомагнитных полюсов устанавливается теоретическим путем — его вычисляют, исходя из допущения, что Земля представляет собой однородно намагниченную сферу, магнитная ось которой в настоящее время составляет с осью вращения Земли угол около $11^{\circ}30'$. К середине текущего столетия координаты геомагнитных полюсов Земли были: $78^{\circ}36'$ с. ш., $70^{\circ}6'$ з. д. и $78^{\circ}36'$ ю. ш., $109^{\circ}54'$ в. д.

На Южном геомагнитном полюсе, который впервые был достигнут санно-тракторным поездом Второй Советской антарктической экспедиции под руководством А. Ф. Трешникова 16 декабря 1957 года, была создана научная станция Восток. Южный геомагнитный полюс оказался на высоте 3500 м над уровнем моря, в точке, удаленной от расположенной на побережье станции Мирный на 1410 км. Это одно из самых суровых мест на Земле. Здесь температура воздуха более шести месяцев в году держится ниже -60°C ! В августе 1960 года на Южном геомагнитном полюсе зафиксирована температура воздуха $-88,3^{\circ}\text{C}$, а в июле 1984 года новая рекордно низкая температура $-89,2^{\circ}\text{C}$.

15.17. Что такое полюс относительной недоступности?

Название «полюс относительной недоступности» дано двум точкам в Арктике и Антарктике, максимально удаленным от обитаемых районов Земли и потому наименее доступным для людей. Местоположение этих точек не совпадает с географическими полюсами. В Антарктике это геометрический центр ледяного континента, находящийся в центральной части ледяного купола Антарктиды, в 2100 км от станции Мирный на высоте примерно 4000 м над уровнем моря. Впервые полюс недоступности в Антарктиде был достигнут 14 декабря 1958 года на санно-тракторном поезде Третьей Советской антарктической экспедиции под руководством Е. И. Толстикова и А. Ф. Николаева. Здесь летом 1958 года некоторое время функционировали научная станция Полюс Недоступности. В Арктике полюс недоступности находится примерно в 600 км от Северного географического полюса, на 170 -м меридиане в. д. Впервые он был достигнут в 1941 году советской воздушной экспедицией на самолете «СССР Н-169».

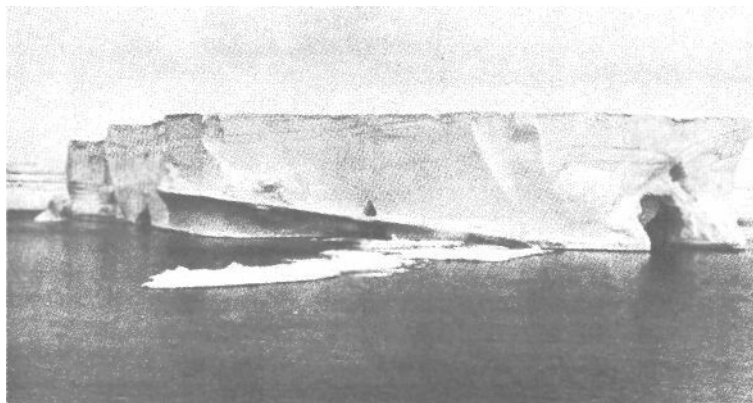
15.18. Как далеко от полюсов распространяются полярные льды и какова их площадь в обоих полушариях Земли?

В северном полушарии постоянный ледяной покров в морях, океанах и на суше в среднем достигает широты 72° , то есть его южная граница удалена от Северного полюса примерно на 2000 км. В зависимости от сезона, условий погоды, состояния морских течений граница морских льдов в Атлантическом и Тихом океанах может колебаться в пределах нескольких сот километров. Общая площадь морских льдов в Арктике летом около 8 млн. км², зимой — 11—12 млн. км². Кроме того, в Арктике есть ледники, общей площадью около 2 млн. км².

В южном полушарии сезонные колебания положения границы морских льдов более значительны. К весне, в сентябре, сплошные льды распространяются до 60-й параллели, а зимой они встречаются местами в Атлантическом и Индийском секторах Антарктики на широте 55° , то есть граница льдов отстоит от Южного полюса более чем на 3,5 тыс. км; летом же и в начале осени она отступает на 6—8°, то есть примерно на 800 км, к югу. Площадь морских льдов зимой составляет 20 млн. км², летом — всего 2,5 млн. км². Ледники Антарктиды покрывают площадь около 14 млн. км².

15.19. Что представляют собой айсберги?

Это отколовшиеся от материкового полярного льда огромные глыбы, плавающие в морях и океанах. Высота

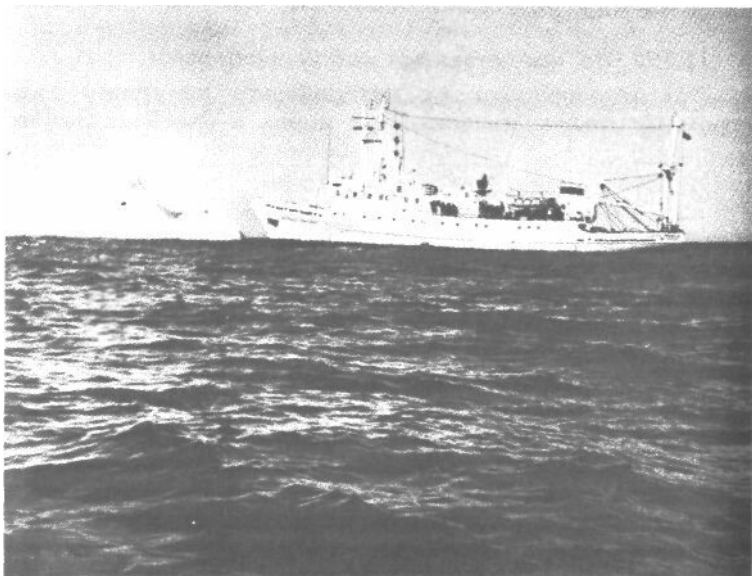


76. Айсберг у берегов Антарктиды

надводной части этих ледяных глыб составляет многие десятки и даже сотни метров, а мощность подводной — в пять-шесть раз больше. Горизонтальные размеры айсбергов также весьма внушительны — многие сотни метров и даже (в Антарктике) десятки километров. Площадь отдельных айсбергов достигает иногда многих сотен квадратных километров. Перемещаются айсберги вместе с морскими течениями. Различают три вида айсбергов: столовые, куполообразные и разрушенные. Откалывание их происходит главным образом летом, когда прочность льда уменьшается.

15.20. Как далеко от границы сплошных льдов встречаются айсберги в океанах?

В Северной Атлантике айсберги встречаются до широты 40° , но отдельные их обломки отмечались даже на широте 36° . В Южном океане айсберги встречаются в большем количестве, чем в северном полушарии, но проникают не так далеко в сторону экватора: в Атлантическом секторе — до широты 45° , а в Индийском и Тихоокеанском секторах — до широты 50° . На удалении 100—120 км от берегов Антарктиды они встречаются сплошь, то есть постоянно видны с борта судна; на удалении 400—500 км единичные айсберги видны с судна довольно часто, а на



77. Айсберг в арктических водах

удалении более 600 км они встречаются уже редко и в основном сильно разрушенные, утратившие форму.

15.21. Как много льда уносится с айсбергами из полярных широт?

Ежегодно в Южном океане плавает более 200 тысяч айсбергов; всего в них заключено около 18 тыс. км³ пресного льда. Следует иметь в виду, что продолжительность существования айсбергов, отколовшихся от шельфовых ледников Антарктиды, в среднем составляет 13 лет. Поэтому ежегодно убыль антарктических ледников за счет образования новых айсбергов — около 1375 км³ льда. Ледники Гренландии поставляют в Атлантический океан в семь-восемь раз меньше айсбергов, чем ледники Антарктиды в Южный океан.

15.22. Бывают ли в Арктике и Антарктике дожди и грозы?

Осадки в полярных странах выпадают в основном кристаллические — в виде снега, снежной крупы, ледяных игл. В Арктике летом чаще бывает мокрый снег, то есть снег с дождем, но иногда выпадает и дождь. Грозы в Арктике случаются, но не каждый год, а главным образом на азиатском побережье.

В Антарктиде дождя не бывает — выпадают только снег, снежная крупа и ледяные кристаллы. Лишь на крайнем севере Антарктического полуострова отмечен случай выпадения ледяного дождя. Гроз в Антарктиде за всю историю ее исследования экспедициями разных стран не отмечено. В Субантарктике на островах кроме снега выпадают летом и дожди. Грозы очень редки и отмечались только у ее северной границы. Низкая температура воды в Южном океане способствует устойчивости воздуха над его поверхностью, препятствующей развитию процессов конвекции.

15.23. Как велико количество осадков, выпадающих в Антарктиде?

На Антарктическом плато, во внутриконтинентальных районах Антарктиды, осадков выпадает мало: мощные, фронтального типа облака, способные дать обильные осадки, там редки. Чаще всего при сильном морозе, даже при отсутствии облаков, выпадают мелкие ледяные кристаллики. На склонах антарктического купола и на береговых станциях накопление осадков заметно возрастает за счет переноса снега ветром. На станциях в центральной части

континента годовое накопление снега составляет 10—20 см, или, в пересчете на жидкую воду, всего несколько миллиметров, а на прибрежной станции Мирный — соответственно 150—200 см и несколько сот миллиметров.

15.24. Что такое блиццард?

Блиццард, или близзард, — английский термин, эквивалентный русскому понятию «снежный буран». Так называются сильные снежные бури при низких температурах воздуха, наблюдающиеся в полярных странах. Возникают они обычно при прохождении циклонов, когда создаются большие разности атмосферного давления (горизонтальные градиенты) и поднимается ветер более 10 м/с, сопровождающийся выпадением снега из облаков. Одновременно с земной поверхности в воздух поднимается сухой снег, выпавший раньше. При сильных снежных бурях, когда температура воздуха бывает ниже -50°C , а скорость ветра достигает 50 м/с, сколь-либо длительное пребывание человека вне укрытия, даже если он очень тепло одет, становится невозможным из-за неизбежного быстрого переохлаждения тела и практически полного отсутствия видимости. Кроме того, при таком ветре человек



78. Станция Южный полюс — Амундсен-Скотт. Фото М. Гросвальда

не может устоять на ногах, он будет свален с ног и занесен снегом. Основная опасность снежных буранов в Арктике и Антарктике — их продолжительность, они могут длиться по нескольку дней. Участники экспедиции Скотта к Южному полюсу, возвращаясь в январе 1912 года с полюса, были застигнуты антарктическим блицшардом в 20 км от склада продовольствия. Буря длилась более пяти суток. Все они погибли от холода и голода.

15.25. Что такое снежная мгла?

Это разновидность морозной дымки, помутнение воздуха, вызванное мелкой снежной пылью, которая находится в воздухе во взвешенном состоянии. В Антарктике это явление возникает над внутренними континентальными районами после метелей, когда ветер ослабевает до 3—5 м/с. Дальность видимости при снежной мгле редко падает ниже 4 км, но остается значительно ниже обычной, характерной для антарктического воздуха, отличающегося большой прозрачностью и чистотой.

15.26. Что такое белая тьма, или белая мгла?

Это оптическое явление, связанное с избытком рассеянной радиации и отсутствием контрастности в освещении предметов, из-за чего они становятся неразличимыми, как в сумерки. В полярных странах белая мгла возникает иногда при полной облачности типа перистослоистой и высоко-слоистой, очень однородной, ровной, сильно рассеивающей солнечный свет. Явление это особенно опасно для самолетов и вертолетов, а также для наземного транспорта при движении во льдах, среди трещин и других неровностей рельефа.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ПОГОДУ И КЛИМАТ



На протяжении всей своей истории человечеству приходилось приспосабливаться к меняющимся условиям погоды и климата. Изменения климата на Земле заставляли людей перемещаться из мест, где климат стал суровее, в районы с более мягким климатом или же, наоборот, обживать новые места, где климатические условия становились более благоприятными для жизни. Но постепенно, с ростом умения людей приспосабливаться к малоблагоприятным условиям климата и с увеличением численности населения Земли, ареал обитания человека расширился, охватывая как жаркие и засушливые пустыни, так и влажные и холодные полярные области. Наконец, в нашем веке необходимость постоянной борьбы с природой, защиты от невзгод, с нею связанных, сменилась необходимостью щадить природу, которая в ряде случаев сама стала нуждаться в защите от человека.

В известной мере это относится к погоде и климату. Масштабы человеческой деятельности выросли настолько значительно, что она стала заметно влиять даже на погоду, особенно в крупных промышленных городах с многомиллионным населением. Врачи и ученые-климатологи заметили локальные изменения климата, и сам собою встал вопрос: может ли измениться климат нашей Земли в результате искусственного воздействия на него человека? Если может, то каким должно быть это воздействие, чтобы вызванные им изменения климата были для нас благоприятны? Кроме того, многие забеспокоились: а не грозит ли человечеству вообще изменение климата в худшую сторону? Можно ли его предотвратить? Насколько реальна эта угроза? Подобных вопросов задается много, особенно в периоды обычных капризов погоды, после чрезвычайно су-

ровых морозов или очень сильной жары, равно как и при засухах и наводнениях, вызванных обильными дождями, и т. д. Не на все вопросы есть готовые ответы. Рассмотрим их подробнее.

16.1. Что такое «тепловые острова», почему раньше о них ничего не было слышно, а теперь говорят все чаще и чаще?

Этот термин вошел в обиход еще в 30-х годах нашего столетия, когда климатологи обнаружили устойчивое превышение температуры воздуха на территории крупных городов мира над его температурой в прилегающих к городам местностях. На общем фоне климатических условий промышленно развитых стран города с населением свыше 1 млн. человек выделяются как своеобразные острова с более высокой средней годовой температурой. Это и побудило назвать их «тепловыми островами». В прошлом крупных городов было сравнительно немного, и факты повышенной температуры воздуха в них не привлекали большого внимания, хотя и были известны еще в минувшем столетии. В наше время на земном шаре число городов с миллионным населением приближается к 200, а к концу столетия превысит 300, и с этим климатологам уже приходится считаться.

16.2. Насколько в крупных городах теплее, чем в окрестностях?

Средние годовые температуры воздуха в больших городах, таких, как Москва или Ленинград, выше, чем в окружающей их сельской местности, на 1—2° С. Но это средние характеристики. В разное время года и суток, как и при различных условиях погоды, это различие может колебаться в широких пределах: в отдельных случаях в городах может быть даже на 8—10° С теплее, чем в окрестностях, в другие дни, например при плотной низкой облачности, разница иногда не ощущается совсем или даже приобретает противоположный знак, то есть в городе может быть на доли градуса холоднее, чем в окрестностях. В ясную, малооблачную погоду, как летом, так и зимой в городах обычно теплее, чем за городом, на несколько градусов. Это бывает особенно заметно в ночное время суток.

16.3. Чем объясняется повышение температуры воздуха в больших городах?

Крупные города нашей страны, в том числе Москва и Ленинград, «потеплели» за последние 100 лет примерно на 2° С. В чем же тут дело?

Хотя в городах больше, чем в сельской местности, сжигается топлива и, следовательно, больше тепла отдается окружающему воздуху, — главная причина повышения температуры воздуха в городах другая. Специальные исследования этого вопроса показали, что примерно на $\frac{9}{10}$ повышение температуры в городах связано с задымленностью воздуха городов и особенно с увеличением содержания в городском воздухе углекислого газа, водяного пара и других примесей, создающих так называемый парниковый эффект. Дело в том, что некоторые газы, в частности указанные выше, имеющие трехатомную молекулярную структуру, отличаются избирательной способностью поглощения лучистой энергии. Пропуская беспрепятственно большинство лучей коротковолновой части спектра, направленных «сверху вниз», то есть от Солнца к земной поверхности, они поглощают значительную часть излучаемой земной поверхностью длинноволновой лучистой энергии, то есть излучения, направленного «снизу вверх». Поэтому отдача тепла земной поверхностью в космическое пространство уменьшается, тепло остается в пределах нижнего приземного слоя воздуха, что особенно ощутимо в ясные ночи. Таким образом, главная причина повышения температуры воздуха в городах — в изменении условий радиационно-теплового баланса над территорией города по сравнению с территорией окрестностей. Теплоотдача городских отапливаемых построек также играет свою роль, но эта роль, вопреки сложившемуся и кажущемуся внешне вполне убедительным мнению, второстепенная: на нее приходится лишь около 10% общей разности температуры между городом и окрестностями.

16.4. Чем еще, кроме режима температуры, отличается климат больших городов от климата сельской местности?

Следует уточнить, что между городом и окрестностями существуют различия не климата вообще, а только микроклимата, так как в целом факторы, определяющие климат, для города и его окрестностей остаются одними и теми же. Помимо режима температуры воздуха в больших городах нарушается ветровой режим, затруднен воздухообмен; изменяется режим осадков, особенно слабых, — они наблюдаются в городах чаще, чем за городом; есть изменения в облачном покрове, прозрачности воздуха, пониженной за счет частых дымок, при которых дальность видимости из-за помутнения воздуха уменьшается (но сохраняется больше 1 км). Туманы с дальностью видимости менее

1 км в больших городах теперь бывают реже, чем в окрестностях, хотя еще недавно считалось, что туманы более присущи городам, чем сельской местности. Впервые привлек внимание к этому факту и дал ему научное объяснение Л. Т. Матвеев.

16.5. Как часто наблюдаются туманы в больших городах?

Для каждого большого города характерны свои цифры повторяемости туманов, и при этом в разные годы цифры эти могут сильно отличаться от средних многолетних. В Москве в среднем в году бывает 26 туманов, в Ленинграде — 29, в Минске — 67. В отдельные годы их бывает в два или даже в три раза больше. Но в окрестностях Москвы и Ленинграда за последние два десятилетия, как показали наблюдения, туманов ежегодно бывает значительно больше, чем в самих городах: повышение температуры городского воздуха по сравнению с окрестностями заметно уменьшает относительную влажность воздуха, а следовательно, и вероятность достижения воздухом состояния насыщения, необходимого для возникновения тумана. Так, повышение температуры на 1°C при том же содержании в воздухе водяного пара влечет за собой уменьшение относительной влажности почти на 10% (точнее, от 6 до 8% в диапазоне значений температуры воздуха $+20\dots-20^{\circ}\text{C}$).

Но если плотных туманов с видимостью менее 1 км в Ленинграде и Москве бывает в два-три раза меньше, чем за городом, то дымок с дальностью видимости от 1 до 9 км в этих городах бывает примерно во столько же раз больше, чем в окрестностях.

16.6. Почему в большом городе прием солнечных ванн малоэффективен?

Дело в том, что энергия солнечных лучей в многомиллионном городе ослабляется по сравнению с загородной местностью примерно на одну пятую. В утренние и вечерние часы при низком положении солнца над горизонтом (как, кстати, и в дневное время зимой) количество солнечной радиации уменьшается в городе вдвое. При этом, что очень важно, городской дым и пыль задерживают самую важную для живых организмов часть солнечного спектра — ультрафиолетовую, которая как раз и образует солнечный загар.

Облака дыма и мглы сокращают продолжительность солнечного сияния над городом на 100—200 ч в год; такое

сокращение наиболее заметно в зимние месяцы, но оно значительно и летом. Обилие в городском воздухе загрязняющих его мелких твердых частичек стимулирует образование облачных капелек и снежинок, так как эти частички легко аккумулируют влагу. В результате в городе больше облаков и чаще выпадают осадки (особенно небольшие — морось, слабый снег), чем за городом. Наиболее ощутимо это различие в городских районах, находящихся на подветренной стороне по отношению к преобладающим ветрам. Все это делает прием солнечных ванн в большом городе малоэффективным...

16.7. Почему за городом дышится легче, чем в городе?

Практически все городские жители, выезжая за город, чувствуют себя там лучше, чем в городе. Пассажиры самолетов, приближающихся к большим городам, имеют возможность наблюдать над городами облака дыма и копоти, из-за которых детали городской застройки практически неразличимы с борта самолета. Облака эти распространяются вверх до высоты 400—500 м. Даже с борта космического корабля облака городских загрязнений хорошо заметны. Летчик-космонавт Шаталов, трижды побывавший в космосе, делясь своими впечатлениями о наблюдениях земной поверхности с высоты полета космического корабля, отмечал, что, хотя со спутника отлично видны многие детали местности вне городов, даже след за кормой корабля в море, — различать улицы больших городов не удается из-за низкой прозрачности воздуха над городами...

Загрязнение воздуха в больших городах, особенно таких, в которых контроль за выбросом загрязнений в воздух промышленными предприятиями и транспортом поставлен плохо (например, Токио), ощущается населением этих городов непосредственно, через заметное увеличение заболеваний верхних дыхательных путей, слизистых оболочек носоглотки, глаз и т. п.

16.8. Какова природа знаменитых лондонских туманов?

Столица Великобритании — Лондон — расположена в устье р. Темзы, вблизи морского побережья, в местности с характерным влажным морским климатом. В воздухе над Лондоном всегда достаточно влаги, и условия, благоприятные для образования туманов здесь возникают часто. Загрязненность лондонского воздуха продуктами сго-

рания топлива на промышленных предприятиях и транспорте, дымом и газовыми отходами химических заводов способствует частой повторяемости туманов в городе, так как в воздухе всегда есть избыток мельчайших гигроскопических частиц — так называемых ядер конденсации, вокруг которых могут формироваться капельки воды, то есть тумана. Чаще всего туманы в Лондоне бывают в зимнее время — в декабре и январе; обычное время их появления — ранние предутренние часы. Температура воздуха при этом бывает близка к нулю (от -1 до 4° C). Туманы такого типа наблюдаются и в других городах, например в Копенгагене. Печальную известность лондонским туманам принес вред, причиняемый ими здоровью людей. Они получили еще название «влажный смог». В конце 70-х годов благодаря энергичным мерам городского муниципалитета воздух в Лондоне стал чище и соответственно несколько снизилась частота появления туманов.

16.9. Что представляет собой смог?

Смог — это ядовитая смесь дыма и газовых отходов химических предприятий с туманом или не менее ядовитая смесь продуктов сгорания топлива в двигателях транспорта и котельных промышленности с пылью и другими видами городских загрязнений воздуха без тумана. Смог с туманом называют еще влажным, или лондонским, смогом, а смог без тумана — сухим. От последнего страдают особенно сильно крупные города на западе США, в том числе город Лос-Анджелес, а также столица Японии Токио.

В отличие от влажного смога, образующегося обычно в сырую погоду зимой, сухой смог возникает чаще всего летом и в начале осени, в послеполуденные часы, при температуре $25-30^{\circ}$ C.

От смога в первую очередь страдают физически слабые люди, маленькие дети, старики, больные. Но смог вреден всем живым существам, включая домашних животных — собак и кошек. Особенно опасен смог, содержащий такие ядовитые химические отходы, как окислы азота, галоидные кислоты, соединения цинка, меди, кадмия, серы, окись углерода. В Токио страдает легочными заболеваниями от смога около 35% обследованных жителей промышленных районов города; в американском городе Доноре заболеваниями, связанными со смогом, страдают до 60% лиц старше 65 лет. В Токио полицейские, регулировщики уличного движения, по долгу службы вынужденные длительное время находиться на улицах при смоге, пользу-



79. Смог

ются противогАЗами или специальными кислородными установками.

Возникновению смога способствуют такие условия погоды, когда создается застойное состояние воздуха, при котором улицы и площади города практически не вентилируются. Это, в частности, бывает при антициклонах, при штилевой погоде вообще и при выхолаживании самого нижнего слоя воздуха, когда в верхних слоях на некоторой высоте воздух оказывается теплее, чем в нижних (то есть наблюдается температурная инверсия). Города, расположенные в понижениях местности, отличаются повышенной повторяемостью температурных инверсий, и, следовательно, при высоком уровне индустриального загрязнения воздуха они предрасположены к образованию смога.

При возникновении метеорологических ситуаций, угрожающих появлением интенсивного смога, в некоторых крупных городах США, Японии и Западной Европы население предлагается без острой необходимости не выходить на улицу.

16.10 Могут ли большие города влиять на погоду в окрестностях?

Когда большие города достаточно удалены друг от друга и число их в стране относительно невелико, изменение микроклимата ощущается только в пределах границ городов и в ближайших к ним окрестностях (на подветренной по отношению к преобладающим ветрам стороне городов это заметно больше всего).

Но есть маленькие промышленно развитые страны или отдельные индустриальные районы в больших странах,

в которых города так разрастаются, что местами уже сливаются друг с другом, образуя сплошные промышленные комплексы — мегаполисы, простирающиеся на многие десятки километров. Кроме того, наблюдается тенденция к созданию больших промышленных объектов, таких, как крупные тепловые электростанции, химические предприятия и т. п., за пределами городов, в сельской местности. Таким образом, процессы изменения погоды и микроклимата, выявленные в больших городах, могут проявить себя и за пределами их, то есть в значительно больших масштабах.

16.11. Может ли климат на Земле измениться под влиянием человеческой деятельности?

Это может произойти в том случае, если человечество окажет на естественные факторы формирования климата настолько серьезное влияние, что нарушится баланс прихода — расхода тепла и влагообмена такой большой и сложной системы, как наша Земля в целом и окружающая ее атмосфера. Какие это факторы? Приток солнечного тепла к земной поверхности и способность последней к его поглощению и отражению, а также способность атмосферного воздуха и содержащихся в нем примесей пропускать лучистую энергию и усваивать ее. Для упрощения задачи (иначе нам с нею не справиться) мы должны принять количество приходящей к Земле лучистой энергии Солнца неизменным в пределах того времени, для которого мы решаем задачу о возможности изменения климата (в противном случае, при изменении интенсивности солнечного излучения климат Земли изменится и без вмешательства человека).

Некоторым, хотя и не очень большим, утешением для нас могут служить расчеты ученых, показывающие, что человечество вскоре прекратит сжигать в таких, как сейчас, и все возрастающих количествах органическое топливо: его запасов на Земле едва ли хватит более чем на 100—150 лет. Волей-неволей людям придется найти другие виды энергии, использование которых, как, например, атомной энергии, не связано ни с расточительным расходом кислорода, ни с выделением больших количеств углекислого газа...

Что же касается озона — мощного заслона от губительной космической радиации, основная масса которого сосредоточена в нижней стратосфере, на высоте около 23 км, то до последнего времени считалось, что его существованию угрожает все увеличивающееся количество окислов

азота, заносимых на эти высоты самолетами (окислы азота возникают при сгорании в авиационных двигателях топлива). В последние годы установлено, что несравненно большую опасность для слоя озона представляет другой продукт человеческой деятельности — фреоны (фторхлоруглеродистые соединения, широко применяемые в холодильной промышленности), а окислы азота сравнительно быстро нейтрализуются, взаимодействуя с водяным паром, в изобилии образующимся при сгорании авиационного топлива...

Хотя количественных характеристик антропогенных изменений содержания в атмосфере кислорода, углекислого газа и озона еще недостаточно, тем не менее закрывать глаза на угрозу таких изменений нельзя: изменения налицо, вопрос только в том, чтобы по возможности точно их учесть, а также оценить возможное их влияние на условия жизни на Земле, в том числе и на климат нашей планеты.

16.12. Сумеет ли человечество приспособиться к новому климату?

Всякие скачкообразные колебания климата, как и других характеристик окружающей среды, губительны для всего живого, они приводят к радикальным изменениям биосферы. Академик АН Грузинской ССР Ф. Ф. Давитая утверждает, что «современная биосфера насчитывает менее 1% видов животных и растений, обитавших на Земле за время существования жизни, остальные вымерли». Вряд ли можно гарантировать человечеству возможность выжить при любых изменениях окружающей среды, в том числе и климата, как, впрочем, нельзя утверждать и того, что человек исчезнет с лица Земли как вид при любых изменениях климатических условий. Все дело в масштабах и темпах этих изменений.

16.13. В каком направлении может измениться климат на Земле вследствие человеческой деятельности?

Антропогенные изменения климата трудно предсказать. Но даже если изменения климата количественно окажутся очень скромными, масштабы их могут быть впечатляющими. В самом деле: если, как утверждают некоторые ученые, увеличение содержания в воздухе углекислого газа, зафиксированное к настоящему времени, будет продолжаться и приведет в будущем столетии к увеличению средней годовой температуры воздуха «всего» на 2° С, то тают льды Арктики и Антарктики, из-за чего уровень Мирового океана повысится на 70—75 м, а это значит, что

многие крупнейшие города мира, расположенные на берегах морей и океанов, окажутся затопленными; вместе с ними под водой окажутся огромные пространства прибрежных низменностей и равнин, ныне густонаселенных... Если же, как утверждают другие ученые, потепления не произойдет, а из-за уменьшения прозрачности воздуха в связи с наблюдающимся ростом его загрязненности, наоборот, начнется похолодание, то те же несколько градусов понижения средней годовой температуры способны вызвать новое оледенение — наступание полярных льдов на умеренные и низкие широты...

Единой точки зрения на этот вопрос не существует. Ряд ученых склоняется к мнению, что на Земле с учетом антропогенных воздействий возможны три варианта климата: 1) очень теплый и влажный, аналогичный климату предледникового периода — миоплицена; 2) менее теплый, соответствующий межледниковой эпохе; 3) очень сухой, суровый и холодный, соответствующий климату последнего оледенения.

Есть, однако, и противники этой точки зрения, высказывающиеся в пользу принципиальной возможности существования на Земле множества состояний ее климата, в том числе и таких, которые до сих пор на Земле не были известны.

В прошлом нашей планеты уже были значительные, длительные по времени, и менее существенные, относительно кратковременные похолодания, сопровождавшиеся оледенением многих географических районов в обоих полушариях Земли. Все они не были связаны с человеческой деятельностью, а вызывались (во всяком случае многие из них) вспышками вулканической деятельности на Земле, когда в воздух выбрасывалось большое количество вулканической пыли, длительно сохранявшейся в стратосфере и уменьшавшей прозрачность атмосферы, то есть ее способность пропускать солнечные лучи к земной поверхности.

16. 14. Насколько серьезна угроза изменения газового состояния земной атмосферы?

По мнению ряда ученых, наиболее серьезную проблему для человечества представляет изменение содержания в атмосферном воздухе кислорода и углекислого газа, а также возможность уменьшения содержания озона.

По данным, приводимым М. И. Будыко, за последние 100 лет содержание углекислого газа в атмосфере Земли увеличилось и в 1974 году составило 0,033% (по объему),

а температура воздуха за этот период повысилась на $0,5^{\circ}\text{C}$. По тем же данным, к 2000 году содержание углекислого газа в воздухе достигнет $0,038\text{--}0,41\%$ по объему, а повышение температуры воздуха — $1,0\text{--}1,5^{\circ}\text{C}$, к 2025 году — $0,052\text{--}0,064\%$ и $2,0\text{--}3,5^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Академик Ф. Ф. Давитая в 1975 году опубликовал результаты своих расчетов для двух неравных по продолжительности периодов: от начала деятельности человека до 1969 года и за последние 50 лет. Оказалось, что расход кислорода и выделение углекислого газа в результате сжигания населением Земли различных видов органического топлива за эти два очень неравных периода в абсолютных цифрах — величины одного и того же порядка, то есть в середине 20-го столетия резко возросло расходование людьми кислорода и поступление в атмосферу углекислого газа. При этом расходование кислорода продолжает возрастать каждый год приблизительно на 10%, и уже сейчас оно составляет огромную цифру — 10 млрд. т в год. Содержание углекислого газа в воздухе за последнюю четверть века увеличилось примерно на 15%. Если так будет продолжаться, то уже в следующем столетии на Земле начнет ощущаться недостаток кислорода, а избыток в воздухе углекислого газа может создать «парниковый эффект» и вызвать заметное потепление. Но все это при одном условии: что выполненные расчеты верны, а антропогенные изменения содержания кислорода и углекислого газа в земной атмосфере не будут скомпенсированы влиянием других факторов, в том числе, и прежде всего, — влиянием Мирового океана, поверхность которого, взаимодействуя с атмосферным воздухом, может в каких-то пределах регулировать содержание в воздухе и кислорода, и углекислого газа. К сожалению, пока точно неизвестно, в каких именно пределах...

В последние годы ряд исследователей склоняется к выводу, что содержанию в атмосфере кислорода деятельность человека не угрожает.

16. 15. Может ли деятельность человека быть причиной опустынивания земель?

На земном шаре есть немало районов, где заметно проявление процесса опустынивания земель — результат бесконтрольной, пагубной для природы деятельности человека. Чаще всего это массовые вырубki лесов, вытаптывание и чрезмерно интенсивное поедание скотом травяного покрова, уничтожение кустарников или другие работы,

способствующие эрозии почвы, уменьшению количества выпадающих осадков, увеличению испарения, катастрофическому для растительности изменению уровня грунтовых вод, иначе говоря, преднамеренным локальным изменениям климата.

Примером земель, подвергшихся опустыниванию, могут служить примыкающие к южной границе пустыни Сахары области в Африке, некоторые районы Пакистана и Бангладеш на субконтиненте Индостан. В долине р. Инд, в прошлом покрытой могучими лесами, теперь лес сохранился всего лишь на 3% территории; еще в прошлом веке на севере Бангладеш существовали непроходимые джунгли, ныне же лес покрывает только 16% площади страны.

Процесс превращения культурных земель и продуктивных естественных пастбищ в пустыни и полупустыни развивается на протяжении многих веков, но в текущем столетии он местами приобрел характер настоящего бедствия. Конечно, этот процесс связан не только с деятельностью человека, но последняя заметно усиливает влияние других факторов, таких, как естественное изменение режима влагооборота русла рек, поднятия или опускания суши и тому подобные причины обезвоживания или заболачивания местности, засоления почв, наступления песков и т. д.

16.16. Почему возможность воздействия человека на климат Земли часто связывают с состоянием полярных льдов?

Полярные льды играют огромную роль в формировании климата. Именно поэтому все рассуждения об изменениях климата, как и все расчеты, с ними связанные, следует вести с учетом состояния полярных шапок нашей планеты. Полярные льды называют еще маятником, раскачивающим климат Земли. С их появлением климат Земли потерял былую стабильность. Есть гипотеза, что появление на Земле полярных шапок льда связано с длительной вспышкой земного вулканизма, наблюдавшейся в четвертичном периоде, когда резко уменьшилась прозрачность атмосферы, наступило заметное похолодание, которое и привело к образованию круглогодичных льдов у полюсов нашей планеты.

Однажды возникнув, ледяной покров в полярных областях резко изменил тепловой режим земной атмосферы. Дело в том, что льды, в отличие от обычной поверхности суши и океанов, отражают в несколько раз больше сол-

нечной радиации, чем поглощают ее. Обладая высокой отражательной способностью (альбедо), льды не в состоянии эффективно использовать лучистую энергию Солнца.

Расчеты показывают, что при существующем сейчас в Арктике ледяном покрове (средняя граница которого проходит примерно вдоль 72° с. ш.) средняя температура всей земной поверхности (15° С) приблизительно на 2° С ниже той температуры, какую имела бы эта поверхность, будучи полностью свободной от льдов. А если бы, даже на короткий период, вся поверхность Земли покрылась льдом, то ее средняя температура стала бы понижаться и в конечном итоге достигла бы примерно -85° С, то есть упала бы на 100° С!

В эпоху рисского оледенения, наибольшего на Земле, ледяной покров в северном полушарии достигал в среднем широты 56° , в некоторых районах языки ледников опускались даже до широты 40° и планете нашей угрожало превращение в ледяную пустыню, подобную современной Антарктиде. Достаточно было льдам распространиться на 200—300 км ближе к экватору, чтобы процесс оледенения стал необратимым: поступающей от Солнца лучистой энергии при высокой отражательной способности льдов (около 80%) не хватало бы, чтобы растопить достигшие такого развития ледники!

Полярные шапки льдов не только понижают температуру земной поверхности, но и создают большие температурные контрасты между высокими и низкими широтами, делают атмосферу очень чувствительной к малейшим колебаниям притока солнечной энергии на земную поверхность, в том числе и к тем, которые вызываются изменениями прозрачности воздуха атмосферы. Отсюда повышенная неустойчивость климата Земли и внимание климатологов к полярным льдам, способным к многократному усилению эффекта влияния изменений прозрачности воздуха на земной климат.

16.17. Как быстро может сказаться на состоянии полярных льдов предсказываемое некоторыми учеными повышение температуры воздуха?

На состоянии сравнительно тонких морских льдов в полярных областях — относительно быстро, а ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии — значительно медленнее. Так, по некоторым расчетам, таяние многолетних морских арктических льдов будет значительным уже при повышении средней температуры в северном полушарии на 2° С, и, таким образом, к 2000 году площадь арктичес-

ких льдов сильно сократится, они быстро превратятся в тонкие однолетние, а затем к 2025 году, если указанное повышение температуры сохранится, — исчезнут совсем. Для таяния ледников Антарктиды и Гренландии нужны не десятилетия, а многие столетия. Однако в Западной Антарктике, где огромные ледники опускаются с континента непосредственно в морскую воду (как, например, ледник Росса, занявший половину поверхности моря того же наименования), разрушение части ледникового щита и его таяние может произойти быстрее, на протяжении одного столетия.

16.18. Что повлечет за собой исчезновение многолетних морских льдов в Арктике?

Прежде всего — сильное потепление в Арктике. Здесь температура воздуха вырастет значительно сильнее, чем в средних широтах: зимой она не будет опускаться ниже $-5...-10^{\circ}\text{C}$, а летом — будет подниматься до $7-10^{\circ}\text{C}$. Общее потепление приведет к увеличению испарения с поверхности Мирового океана и к увеличению количества выпадающих на земную поверхность осадков. Но при этом увеличение осадков не будет повсеместным — над океанами и в полярных районах оно будет существенным, а над континентами в средних широтах количество выпадающих осадков может даже уменьшиться. Степным и лесостепным областям северного полушария станут чаще угрожать засухи.

16.19. Как отразится на уровне Мирового океана таяние полярных льдов?

Считается, что на протяжении первого столетия с момента начала их таяния повышение уровня будет незначительным. Речь может идти лишь о частичном разрушении ледников, а если оно произойдет, то к исходу этого срока уровень воды в океане поднимется примерно на 5 м. Некоторые американские ученые полагают, что катастрофический подъем уровня Мирового океана на десятки метров вследствие таяния основной массы полярных льдов произойдет в XXII веке, другие — относят это гипотетическое событие на еще более дальние сроки...

16.20. Как проявит себя потепление в разных местах северного полушария?

Поскольку считается, что морские льды снижают температуру воздуха в Центральной Арктике примерно на 5°C летом и на 20°C зимой, то с их исчезновением именно

в Арктике потеплеет сильнее всего: влияние льдов на температуру воздуха в средних широтах значительно слабее, чем в высоких, а в приэкваториальной зоне оно вообще малоощутимо. Потепление в Арктике уменьшит контраст между температурами высоких и низких широт, что приведет к ослаблению интенсивности атмосферной циркуляции, то есть уменьшится интенсивность переноса водяного пара с океана на сушу. Это неизбежно скажется на количестве облаков над континентами, частоте и интенсивности выпадения осадков. Кроме того, возможны и другие последствия: ослабление атмосферной циркуляции ослабит и океанические течения, уменьшится приток тепла в высокие широты и т. д.

16.21. Может ли потепление земного климата не коснуться ледяного щита Антарктиды?

Может. Все дело в интенсивности возможного потепления и его продолжительности. В плиоцене, примерно между 1 и 10 млн. лет назад, при сравнительно мягком климате на нашей планете антарктическое оледенение существовало и в то же время в Арктике льдов не было. Расположение и форма земных континентов и океанов были близки к современным. Именно такой климат и такое состояние льдов, какие были при плиоцене, по расчетам М. И. Будыко, должны установиться на Земле в первый, начальный период потепления, продолжительность которого может быть примерно 100 лет. Развитие процессов в последующие столетия сейчас не поддается количественной оценке. В любом случае ясно, что нарушение стабильности земного климата может повлечь за собой необратимые нежелательные изменения условий обитания, поэтому человечество, коль скоро его деятельность в состоянии вызвать изменения климата, должно проявлять величайшую осторожность.

16.22. Имеется ли реальная возможность целенаправленно воздействовать на погоду и климат?

Этим вопросом ученые занимаются давно, ему посвящено немало специальных исследований и у нас, и за рубежом. Людей всерьез интересует возможность улучшить климат безводных пустынь или холодной тундры, научиться искусственно вызывать осадки, рассеивать мешающую полетам самолетов низкую облачность и туманы, предотвращать или ослаблять стихийные атмосферные явления, такие, как грозы, град, шквалы, смерчи, торнадо, ураганы...

Первоначальное изучение показало, что природные и искусственные источники энергии, участвующие в формировании земного климата и погоды, несоизмеримы: с одной стороны — Солнце с его энергией излучения, достигающей $3,86 \cdot 10^{23}$ кВт, а с другой — человечество, все энергетические ресурсы которого едва достигают 10^9 кВт. Однако последующие исследования погодообразующих процессов показали, что бывают ситуации, когда в пределах какого-либо района естественный ход погоды может быть изменен без особых затрат энергии. Это такие ситуации, когда нужен лишь небольшой толчок, дополнительный стимул, чтобы, скажем, из облаков пошел дождь, которого так не хватало земледельцам, или чтобы наконец рассеялся туман над аэродромом, который не давал экипажам самолетов выполнять рейсы по расписанию и задерживал сотни пассажиров. Таким образом, местные воздействия человека на погоду вполне возможны, но только при определенных условиях, создаваемых самой природой. «Делать» погоду по заказу можно далеко не всегда, но в ряде случаев все-таки можно. С одной оговоркой — их выполнение должно контролироваться специалистами и не может носить бессистемный, хаотический характер — оно должно быть строго регламентированным, управляемым и научно обоснованным в каждом конкретном случае.

Наконец, в ограниченных масштабах человек своей деятельностью может в желаемом направлении изменять и микроклимат какого-то небольшого района, что можно наблюдать при создании искусственных водохранилищ, насаждении лесов в безлесных местностях, осушении болот и т. п.

Однако целенаправленное искусственное воздействие на климат планеты находится пока еще вне реальных возможностей человека.

16.23. Как практически осуществляется искусственное воздействие на погоду?

Основной путь искусственного изменения погоды — воздействие на облака. Именно облака лучше всего характеризуют состояние погоды, и по ним можно судить, является ли оно неустойчивым или находится на грани неустойчивости. Достаточно малого толчка, расходования ничтожного количества энергии, чтобы изменить это состояние, пустить развитие процессов в атмосфере в желаемом направлении. Так, засевая облака некоторыми веществами, можно искусственно усилить выпадение из

них осадков, если таковые уже выпадали; можно вызвать некоторое количество осадков из ряда форм облаков, не дающих осадков в естественных условиях. Увеличение количества осадков из облаков по сравнению с естественными условиями при активном воздействии на облака разными веществами, так называемыми реагентами, может достигнуть 10—15%. Можно при желании, вызвав выпадение осадков из облаков определенных форм, достигнуть одновременно на некоторое время рассеивания, то есть исчезновения, облаков (или тумана).

16.24. Почему искусственное воздействие на облака дает лишь незначительный «прирост» осадков?

При естественном развитии атмосферных процессов облака в состоянии дать примерно в 10 раз больше осадков, чем в случае, когда их «принуждает» к этому человек. Объясняется это тем, что, воздействуя на облака, мы не можем получить из них влаги больше, чем ее содержится в них в тот момент, когда осуществляется искусственное воздействие. Мы пока не можем искусственно «запустить», привести в действие весь механизм образования облаков и осадков в том виде, в каком он существует в природе. Ведь в облаке одновременно с выпадением осадков происходит регенерация влаги, многократное восстановление его влагосодержания, и это делает возможным длительное выпадение дождя и снега. Искусственным путем мы провоцируем лишь одноразовое освобождение облака от накопившихся запасов влаги.

16.25. Можно ли эффективно воздействовать на циклоны?

Возможности воздействовать на погоду в масштабах, выходящих за пределы локальных, скажем, в масштабах целой области, занимаемой циклоном с его системой фронтов и облачностью, еще не очень ясны. Во-первых, нельзя точно сказать, каким будет характер изменений погоды в самом районе воздействия, а во-вторых, и это самое главное, трудно представить себе, как это воздействие скажется на погоде других областей, поскольку через циклон и его фронты будет затронут механизм общей циркуляции атмосферы, все элементы которого взаимосвязаны. Известны попытки ослабить тропический циклон путем засева реагентами его системы кучево-дождевых облаков. Объективных данных о результатах таких экспериментов пока нет.

16.26. Какими еще способами можно воздействовать на погоду и климат?

Теоретически помимо воздействия на облака погоду можно изменять, воздействуя на прозрачность воздуха, то есть регулируя поступление солнечного тепла на земную поверхность путем искусственного задымления отдельных устойчивых слоев атмосферы. Можно изменять отражательную способность поверхности океана или суши. Осуществление таких воздействий в больших масштабах — технически трудная, но в принципе посильная человеку задача.

Современная техника, уровень энерговооруженности, масштабы химического производства, развитие ракетного дела и других транспортных средств — все это в совокупности позволяет активно воздействовать на атмосферные процессы, например через облачность или через подстилающую поверхность (путем изменения ее отражательной способности). Нельзя отвергать и принципиальную возможность воздействия на отдельные элементы механизма атмосферной циркуляции — циклонические вихри. Однако возможные результаты такого воздействия пока недостаточно ясны. Последствия могут быть нежелательными и даже необратимыми.

ПОГОДА В ГОРАХ



Своеобразие климата и условий погоды, встречающихся в горах, общеизвестно. Высота местности над уровнем моря, ориентировка склонов по отношению к господствующим в атмосфере воздушным потокам и к солнцу — настолько существенные факторы климата, что подчас их влияние бывает заметнее влияния широты или близости моря. Горные вершины и в тропиках покрыты вечным снегом, а на подветренных склонах гор и в центре Азии осадков, случается, выпадает больше, чем на побережьях океанов... Поразительна контрастность метеорологических условий, какие можно встретить в горных районах в пределах считанных километров. В горах можно наблюдать все разнообразие погоды, присущее равнинной местности, но там бывают и явления, не наблюдающиеся нигде, кроме гор. Ветер, облака, осадки, температура воздуха, явления атмосферного электричества — все в горах имеет свои особенности, причем в разных горных районах они проявляются по-разному... Но есть особенности погоды, общие для всех гор. Рассмотрим некоторые из них, наиболее типичные.

17.1. В чем особенность климата горных областей Земли?

Основная общая для всех горных областей особенность — вертикальная зональность климата, то есть последовательная смена климатических зон по мере поднятия вверх. Это связано с общей закономерностью убывания с высотой температуры воздуха и уменьшения его влагосодержания. На любой географической широте с высотой возрастает суровость климата и соответственно изменяется растительный мир. На самом верху, вблизи вы-

сокогорных вершин, — царство холода, снега и льда. Нижней границей этой климатической зоны является снеговая линия. Конечно, ее высота в разных географических зонах очень различна: на гористых островах полярных районов она составляет всего несколько сот метров, а в тропиках — более 5000 м. На южных склонах гор она лежит выше, чем на северных. Например, на Алтае эта разница составляет около 800 м (4800 и 4000 м). Там, где больше осадков, снеговая линия ниже, чем там, где осадков мало: на склонах Эльбруса на Кавказе разница составляет около 350 м (3850 и 3500 м), при этом она ниже на южном склоне, который богаче осадками, чем северный склон.

Ниже снеговой линии начинается зона бедной растительности, соответствующей растительности тундры, а затем — зона альпийских лугов с растительностью из трав и стелящихся кустарников. Ниже этой зоны, на высоте со средней июльской температурой 10—12° С, проходит верхняя граница леса.

С границей леса практически совпадает и верхняя граница земледелия в горах, которая в умеренных широтах проходит на высоте примерно 1500 м, а в тропиках — око-



80. Ледник в горах

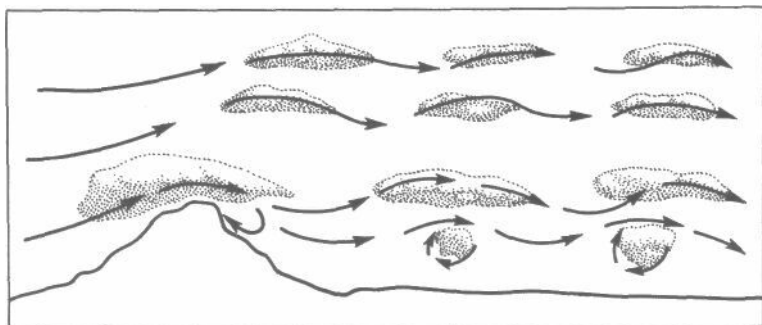
ло 4000 м, на Тибетском нагорье — даже 4600 м. Леса у верхней границы — хвойные, ниже становятся лиственными; в тропических областях нижняя граница леса представлена вечнозеленой растительностью.

17.2. Какие явления свойственны только горным районам?

Только горным районам присущи снежные лавины, ледники, дающие начало горным рекам, сели — бич многих горных долин, горно-долинные ветры и ветры горных склонов, имеющие в каждой горной местности локальные особенности и свои названия, а также фён — ветер, переваливающий горные хребты и очень своеобразно влияющий на режим температуры, облачности и осадков горных склонов. Кроме того, в горах наблюдаются так называемые подветренные волны и связанные с ними особые формы облаков, а также некоторые оптические явления. Наконец, горы отличаются разнообразием микроклиматов, определяемым особенностями экспозиции, наличием ветровой тени, близостью ледников, затененностью и другими чисто местными характерными чертами.

17.3. Что такое подветренные волны?

В тех случаях, когда длинный горный хребт расположен под углом, близким к прямому, относительно направления воздушного потока на подветренной стороне хребта могут возникнуть регулярные возмущения потока. Эти возмущения принимают характер стоячих волн, прослеживающихся на значительном расстоянии за хребтом (примерно равном двадцатикратной высоте хребта) и до



81. Подветренные волны, орографические облака

высоты, в несколько раз превосходящей высоту самого хребта. Это явление чаще всего имеет место при устойчивом и достаточно сильном ветре скоростью не менее 10 м/с, оно бывает особенно четко выраженным при наличии плоской равнины на подветренной стороне хребта. Часто подветренные волны порождают характерные облака линзообразной (чечевицеобразной) формы, располагающиеся ярусами, — слоисто-кучевые, высоко-кучевые и перисто-кучевые. В нижнем, приземном, слое воздуха на подветренной стороне хребта, кроме того, могут наблюдаться замкнутые, так называемые роторные, вихри и связанные с ними облака. Общая картина подветренных волн и облачности показана на рис. 81.

17.4. Какие оптические явления можно наблюдать в горах?

Альпинисты и жители горных селений нередко наблюдают в горах удивительные явления. При тумане или облачности, покрывающей склоны гор в стороне, противоположной солнцу, стоящему невысоко над горизонтом, часто можно увидеть расплывчатые очертания диковинных существ, напоминающих человека, но в несколько раз больше его размерами. Эти существа темно-серой окраски непрерывно меняют форму, то приближаясь, то удаляясь. Иногда над их «головами» виден яркий круг сияния, придающий им еще более загадочный вид, что дало суеверным людям повод принимать их за призраки. Это явление получило название «брокенский призрак», по вершине Брокен (горы Гарц в Средней Германии), где это можно видеть довольно часто. Явление это имеет простое объяснение: стоящие на вершине люди попадают в лучи низко стоящего солнца и их тени проецируются на фоне колышущегося тумана или облачности. Капли тумана или облаков разлагают солнечный свет на отдельные лучи спектра, образуя яркое цветное свечение вокруг неясных очертаний верхней части тени, а объемный характер отражающей поверхности тумана или облаков делает изображение тени тоже объемным.

Рисунок 82 поясняет, как возникают в горах подобные оптические явления. Иногда эти явления можно наблюдать и с борта самолета, летящего невысоко над облаками. Вокруг движущейся и колышущейся тени самолета виден ореол свечения — радужные кольца венцов, или глории.

В старину в Западном Китае брокенский призрак был известен под названием «Великолепие Будды» — набож-



82. «Брокенский призрак»

ные буддисты совершали паломничество на гору Золотой пик, чтобы удостоиться чести созерцать это «чудо».

17.5. Как возникают снежные лавины?

Лавины, или снежные обвалы, возникают при соскальзывании с поверхности горных склонов накоплений снега. Скорость движения снежной массы лавин — 20–30 м/с. Лавиноопасными считаются склоны крутизной более 15°. Для образования лавины необходима толщина снега на склоне более 40 см. В зависимости от высоты склона и его горизонтальной протяженности объем низвергающегося при лавинах снега может быть очень большим. Иногда он превышает 1 млн. м³, что при средней плотности лавинного снега 0,5 составляет колоссальную массу. Сила удара снежной лавины может достигать 100 т/м². Непосредственной причиной схода лавин могут быть:

— перегрузка склона после метели или сильного снегопада, когда силы сцепления свежеснеговывпавшего снега с подстилающей поверхностью еще незначительны;

— появление водной смазки между снегом и подстилающей поверхностью во время сильных оттепелей;

— разрыхление нижнего слоя снега из-за повышения температуры в его толще и испарения снега в теплом горизонте.

Таким образом, лавины могут быть сухие и мокрые. В зависимости от характера горного склона лавины могут соскальзывать по всей поверхности склона вне русел (осовы), вдоль русел, по ложбинам (лотковые) и по уступам склонов (прыгающие). Все они представляют боль-

шую опасность, но особенно разрушительны прыгающие лавины. Вместе с массой снега лавины нередко несут с собой обломки горных пород. На дне долин они могут формировать насыпи снега; нередко последние служат источниками дополнительного питания ледников.

Как опасные явления лавины прогнозируются, об их предстоящем сходе даются предупреждения. Строительство дорог в горах, сооружение ЛЭП и возведение зданий осуществляются с учетом лавиноопасности местности. Населенные пункты, как правило, располагаются на участках гор, не доступных лавинам. Лавиноопасные участки дорог защищаются противолавинными инженерными сооружениями. Одной из мер предотвращения лавин является также облесение склонов.

Кроме того, существуют активные методы борьбы с лавинами: опасные скопления снега расстреливают из артиллерийских орудий или минометов.

17.6. Что такое фён?

Это теплый сухой ветер. Существует несколько разновидностей фёна: ветер, возникающий при переваливании воздушным потоком горного хребта, ветер, дующий с гор по склону в долину вне связи с переваливанием хребта, и нисходящий поток воздуха в свободной атмосфере в центральной части антициклона. При всех разновидностях фёна решающую роль в развитии процесса играет нагревание опускающегося воздуха в соответствии с известными физическими законами (при сжатии некоторого объема воздуха в связи с ростом давления его температура повышается, а при расширении и понижении давления — падает). По классической схеме фёна воздух, переваливающий горное препятствие, сперва охлаждается, поднимаясь по наветренному склону, а затем нагревается, опускаясь по подветренному склону. Если при подъеме достигается температура конденсации — возникает облачность и могут выпадать осадки, что часто и наблюдается в горах на наветренных склонах. В опускающемся воздухе относительная влажность быстро уменьшается, облака исчезают. Так как изменение температуры воздуха при подъеме и опускании происходит с разной скоростью, то опустившийся вниз воздух может оказаться теплее, чем он был до начала его подъема. В этом и состоит тепловой эффект фёна. Кроме того, фён на подветренных склонах хребтов может размывать облачность атмосферных фронтов, способствовать прекращению или

ослаблению осадков и т. п. В разных горных районах фёновые ветры имеют свои местные названия.

Для возникновения фёна должны складываться благоприятные синоптические условия, способствующие направлению воздушного потока через горное препятствие под углом, близким к прямому, по отношению к направлению хребта.

17.7. Чем характерен ветер чинук в Скалистых горах Северной Америки?

Чинук — это ветер типа фёна, наблюдающийся на восточных склонах Скалистых гор. Он может вызывать очень сильные колебания температуры, особенно зимой: в это время они могут достигать нескольких десятков градусов за несколько часов. При высоте перевалов более 2000 м нагревание воздуха может быть очень значительным — более 20,0° С. В котловинах и на равнинах в предгорьях в условиях ясной штилевой погоды зимой температура воздуха бывает очень низкая: около —30° С; когда возникает чинук, пленка приземного холодного воздуха разрушается и на смену ему приходит опускающийся сверху сухой прогревающийся воздух. Зарегистрирован случай, когда температура воздуха в январе менее чем за сутки повысилась при таком процессе на 50° С: от —31 до 19°С!

17.8. Что такое фёновая стена облаков?

Облака, возникающие на наветренной стороне горного препятствия, у вершины его, с подветренной стороны при фёне резко обрываются, образуя длительно существующую неподвижную облачную стену. В действительности с наветренной стороны хребта облака непрерывно продолжают развиваться, но наблюдателю с подветренной стороны они кажутся неподвижными, стоящими стеной, отчего и возник этот термин.

17.9. Что такое бора?

Это холодный резкий ветер, наблюдающийся зимой, как правило, очень сильный. Стремительно спускаясь вниз по невысокому горному склону, он вытесняет располагающийся ниже более теплый воздух. При таком распределении температуры по высоте возникает очень сильная турбулентность, порождающая множество вихрей, ветер у поверхности земли носит шквалистый характер, с резким изменением направления и скорости. Поскольку высота склона, по которому холодный воздух обрушивается

ся вниз, невелика, воздух практически не нагревается. Если горный склон обращен к морю, озеру или другому водоему, то на поверхности последнего образуется сильное волнение, воздух над водой наполняется водяной пылью, пеной и брызгами; при отрицательной температуре воздуха происходит быстрое намерзание льда на всех окружающих предметах, и они обледеневают, как при интенсивном гололеде.

Возникает бора обычно при приближении сформированного в холодной воздушной массе антициклона или его гребня к невысокому горному кряжу или хребту с севера. Классический пример боры — переваливание холодного арктического воздуха через западную оконечность Кавказского хребта на Мархотском перевале под Новороссийском. Скорость ветра при новороссийской боре может достигать 60 м/с, продолжительность ее — несколько суток, иногда до недели. Наблюдается бора также на Далматинском побережье Адриатического моря, на Байкале, на Новой Земле и во многих других районах земного шара. Там, где это явление выражено сильно и наблюдается регулярно, оно известно под различными местными названиями.

17.10. Что представляют собой горно-долинные ветры?

Это ветры с хорошо выраженной суточной периодичностью смены направления: днем они дуют снизу вверх, вдоль горного склона или по дну ущелья, а ночью, наоборот, — сверху вниз. Они подобны бризам на морских побережьях и наблюдаются обычно в теплое время года. Кроме того, горно-долинные ветры бывают заметны и хорошо выражены при отсутствии других сильных ветров, связанных уже не с местной, а с более общей циркуляцией воздуха, перекрывающей относительно слабую местную циркуляцию; таким образом, они характерны для антициклонических условий или для другой барической системы со слабыми ветрами (барической седловины).

17.11. Какие особенности орографии и климата способствуют возникновению селей?

Сели на горных реках возникают при сочетании трех условий: значительного уклона дна ущелья, наличия легко смываемого, рыхлого обломочного материала и резкого увеличения количества стекающей воды в результате интенсивных ливней или сильного снеготаяния. В районах засушливых, с бедной растительностью, выветривание

создает запасы рыхлого обломочного материала, не скрепленного корневой системой растительности. Редкие, но сильные ливни легко смывают верхний слой почвы и обломочных пород.

17. 12. Связаны ли с погодой оползни в горах?

Оползни образуются при смещении масс горных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести. Возникают они обычно на крутых склонах гор при нарушении равновесия пород в результате ослабления их прочности из-за землетрясения, выветривания или переувлажнения атмосферными осадками. Так что метеорологические условия могут быть непосредственной причиной оползней. В апреле 1979 года на юге Киргизии, в Ошской области, больше четырех суток шли непрерывные дожди и в некоторых местах выпало около 200 мм осадков — почти полугодовая норма. С разбухших склонов на поля, пастбища, шоссе, селенные дороги, горные тропы и жилые поселки двинулись многие десятки оползней и грязевых потоков. Помимо того, что был нанесен ущерб сельскохозяйственным угодьям, линиям связи и электропередачи, многочисленным жилым и общественным зданиям, оказались повреждены жизненно важные артерии, отрезаны общественные стада, находившиеся на дальних пастбищах. Выпавший в горах снег местами лег полуметровым слоем, создав угрозу массовой гибели животных. Так как в горы более недели нельзя было пробиться никакими видами транспорта, пришлось призвать на помощь авиацию: с вертолетов сбрасывали тюки сена и мешки с комбикормом. Ценой героических усилий тысяч людей, вышедших на борьбу со стихией, удалось избежать человеческих жертв и предотвратить потери скота...

Прошло немногим больше месяца, и угрожающее положение возникло в Таджикской республике. В ночь с 18 на 19 мая 1979 года прошли небывалой интенсивности ливни с градом, вызвавшие многочисленные оползни, селевые потоки и камнепады. В Гиссарской долине оползни повредили посевы хлопчатника, сады и виноградники. Правительством республики были приняты чрезвычайные меры для ликвидации последствий стихийных бедствий, созданы десятки специальных восстановительных отрядов...

Так время от времени погода в горах преподносит людям сюрпризы, чреватые неприятными последствиями, одним из которых, и притом весьма опасным, могут стать оползни.

17.13. Почему в горах встречаются безводные пустыни?

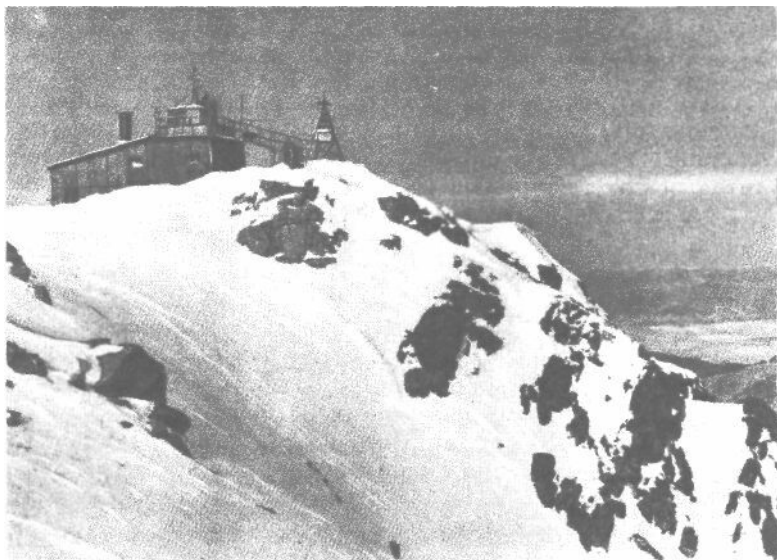
Засушливые и пустынные местности встречаются в горных субтропических областях во внутренних районах континентов, где горы препятствуют свободному доступу влажного воздуха с океана. Особенно страдают от недостатка осадков закрытые со всех сторон горами котловины, невысокие плато или замкнутые долины. Примером таких пустынь могут служить плоскогорье южной Невады и межгорная впадина Долина Смерти в Калифорнии, в США. На дне Долины Смерти, находящейся на 85 м ниже уровня моря, между хребтами Амаргоса и Панаминт, летом совсем не выпадают осадки, а температура воздуха достигает значений, близких к абсолютному максимуму, зарегистрированному на поверхности Земли: 56,7° С (июль 1913 года). Свое название эта долина получила в годы освоения американского Запада, когда многие переселенцы и золотоискатели поплатились жизнью, пытаясь пересечь долину на конных повозках.

17.14. Подвержены ли высокогорные области капризам погоды в той же мере, что и равнины?

Да, подвержены, и ничуть не в меньшей степени. Примером может служить высокогорная страна Непал в Гималаях, в самом сердце Азии. Для земледельцев Непала 1979 год оказался вдвойне неблагоприятным: весной была длительная засуха, сменившаяся затем не прекращавшимися в течение месяца дождями. В результате урожай зерновых составил менее 20% обычного. Осенью, в октябре, снова прошли проливные дожди, на сей раз с сильным градом, уничтожившие половину посевов риса, проса и бобовых культур на западе страны.

17.15. В чем особенность климата горных плато в средних широтах?

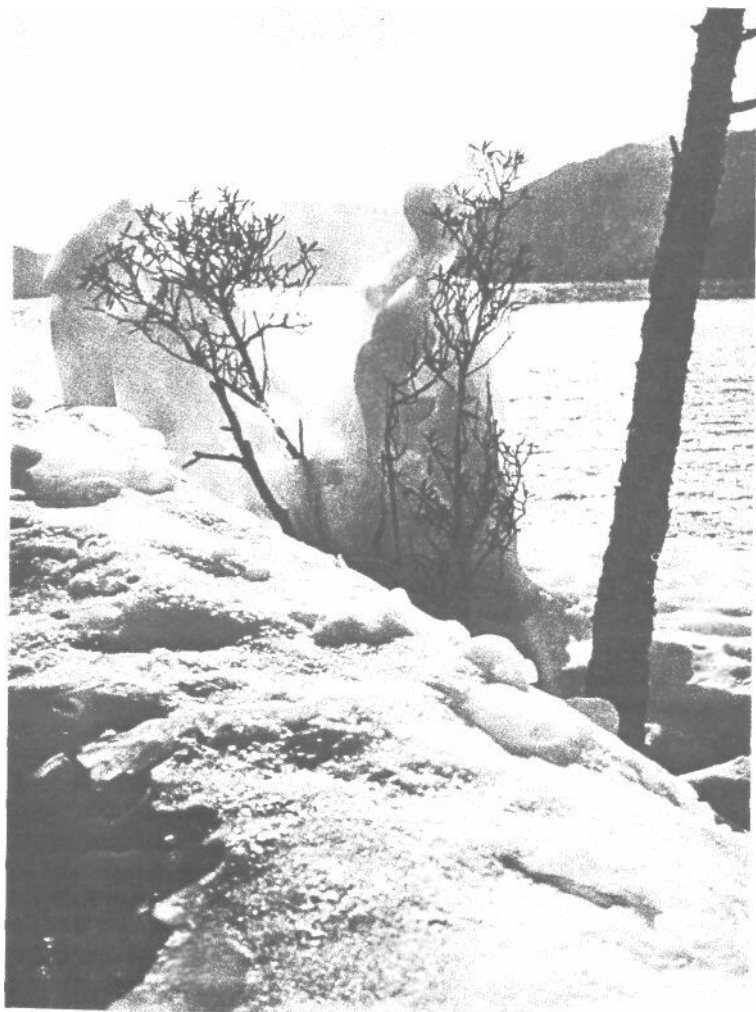
Типичным для горных плато умеренных широт можно считать климат степей Монголии, расположенных на высоте несколько более 1000 м. Лето здесь теплое, а зима холодная и малоснежная. Осадков немного, и выпадают они преимущественно летом. Например, в Улан-Баторе (47,9° с. ш., 106,8° в. д., высота 1300–1500 м над уровнем моря) средняя температура июля 17° С, января —24° С, осадков 240 мм, выпадают они почти все в период с мая по сентябрь.



СЗ. Пик Муссам (2925 м). Самая высокая метеостанция на Балканах

17. 16. Каковы особенности погоды и климата высокогорных областей Азии?

Высокогорные области Азии (выше 3000 м над уровнем моря) в субтропических широтах имеют одну общую характерную климатическую особенность: исключительное сильное влияние процессов, развивающихся в средней тропосфере, в связи с чем здесь не наблюдается трансформация воздуха умеренных широт в тропический воздух, тогда как над прилегающими равнинами пришедший с умеренных широт воздух интенсивно прогревается, приобретая свойства тропической воздушной массы. Отсюда невысокие летние температуры воздуха — вдвое более низкие, чем на тех же широтах на низменностях (в июле в среднем ниже 15°C). Второй особенностью является большая сухость воздуха, свойственная средней тропосфере: влагосодержание воздушных масс здесь примерно в четыре раза меньше, чем в нижней тропосфере. Резкий недостаток водяного пара в воздухе служит причиной больших суточных колебаний температуры, являющихся третьей особенностью климата высокогорных областей Азии. Что касается количества выпадающих осадков, то здесь решающую роль играет ориентация склонов



84. После зимнего шторма в горах на озере Телецком. Фото С. Селегея

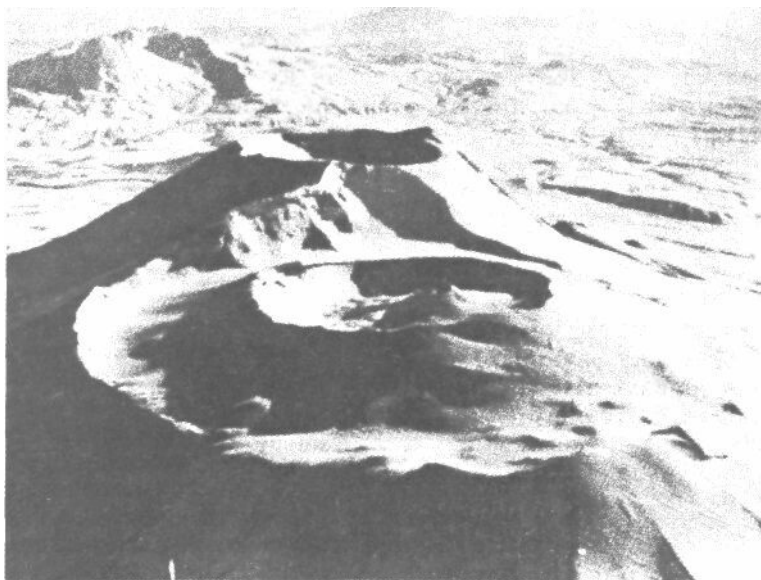
горных хребтов относительно ветров, несущих влагу с океанов. Так, в горах Гиндукуша, Памира и Западного Тибета ощущается влияние Атлантики; основные осадки выпадают зимой, хотя и летом местами их выпадает достаточно (например, на Памирском плато). В горах Восточного Тибета под влиянием муссонов Тихого и Индийского океанов осадки выпадают летом, и их достаточно много, чтобы питать крупнейшие реки Юго-Восточной Азии — Меконг, Янцзыцзян и Хуанхэ. В Лхасе на высоте 3700 м над уровнем моря (30° с. ш., 91° в. д.) за год выпадает 1600 мм осадков, из которых на зимние месяцы приходится менее 20 мм.

17. 17. Каков климат невысоких субтропических нагорий Азии?

Вне досягаемости летних муссонов на нагорьях высотой 1000—2000 м над уровнем моря климат засушливый, с жарким летом и холодной зимой. Типичный пример — Синцзян (КНР), где в Кашгаре на высоте 1230 м средняя температура июля 28° С, января —6° С, годовое количество осадков менее 100 мм; в Урумчи на высоте 880 м в июле средняя температура 24° С, в январе —19° С, осад-



85. Горная метеорологическая станция. Фото А. Яблокова



86. Вулканический ландшафт. Фото В. Подтабачного

ков выпадает за год около 100 мм. Это условия, характерные для пустынь, где земледелие возможно лишь при искусственном орошении, но в местах с источниками воды существуют цветущие оазисы с богатой растительностью.

17. 18. В чем своеобразие климата горного плато Абиссинии?

Абиссинское нагорье имеет высоту более 2000 м над уровнем моря, находится в тропиках северного полушария и в зоне муссонной циркуляции. Такое сочетание географической широты места, высоты его над уровнем моря и близости к океану способствовало формированию своеобразного климата, сочетающего некоторые черты климата тропиков и умеренных широт. Годовая амплитуда колебаний температуры очень мала, осадков выпадает достаточно, но почти исключительно летом, лето — умеренно теплое, но не жаркое, зима — мягкая, теплая, с редкими небольшими морозами и отдельными случаями выпадения незначительного количества снега. Например, в Аддис-Абебе в самом теплом месяце — апреле — средняя температура 17°C (это соответствует температуре

в Ленинграде в июле), в самом холодном месяце — декабре — она составляет 13°C . Минимальные зимние температуры воздуха могут достигать -3°C . Годовая сумма осадков 1260 мм, месячная норма июля 300 мм, декабря 5 мм. Однако к востоку от горных цепей Абиссинии климат меняется, здесь на пути влажных масс воздуха с запада, с Атлантического океана, встают горы; в восточных районах Абиссинии и на побережье Красного моря в Сомали климат жаркий, засушливый.

17.19. Везде ли в горах велики годовые амплитуды температуры воздуха?

Годовые амплитуды температуры воздуха в горах больше, чем на равнинах, на всех широтах за исключением экваториальных. Например, в г. Кито в Эквадоре, находящемся у самого экватора, на высоте 2850 м над уровнем моря, годовая амплитуда температуры практически равна нулю! В самом теплом месяце средняя температура составляет $12,7^{\circ}\text{C}$, а в самом холодном $12,5^{\circ}\text{C}$. Однако суточные амплитуды температуры воздуха в высокогорных районах экваториальной области значительно выше, чем на равнинах или на морских побережьях: они составляют около 15°C . Так, в Кито они могут превышать 20°C (максимальная около 20°C , минимальная около 3°C). Интересно, что в отличие от субтропических широт в горах у экватора выпадает значительное количество осадков: в Кито, например, годовая сумма осадков составляет 1120 мм.

АТМОСФЕРА СОЛНЦА И ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ



Солнце, климат и погода планет солнечной системы — все эти вопросы кажутся весьма далекими от нашей жизни на Земле и даже от погоды, с которой мы сталкиваемся повседневно: к тому, что светит Солнце, мы привыкли, а как оно светит и как греет — это нам представляется зависящим от погоды, а не наоборот; что же касается других планет, то мы с детских лет усвоили непреложную истину, что все они могут светить нам лишь отраженным светом, слишком слабым, чтобы принимать его всерьез, а обогревать Землю они и подавно не могут... А между тем, не все так просто. Многие из того, что происходит на Солнце, имеет прямое отношение к нашим земным делам и потому заслуживает внимания, а изучение атмосфер планет солнечной системы в комплексе с изучением солнечной деятельности может помочь нам лучше познать нашу земную атмосферу, поскольку известно, что основные физические законы, постигнутые наукой, применимы и за пределами нашей планеты.

С известным непостоянством солнечной активности, проявляющимся в существовании множества циклов в деятельности Солнца (5—6-летнего, 11-летнего, 22-летнего, полувекового, векового и других), многие ученые связывают периодические колебания режимов температуры, осадков, состояния ледников и других гидрометеорологических показателей на Земле. Хотя наличие подобной связи нельзя считать доказанным, но игнорировать такую возможность нет оснований — Солнце как единственный для Земли источник энергии, получаемой ею извне, может в принципе при колебаниях своей активности влиять на состоя-

ние земной атмосферы и на условия погоды. Вопрос в том, каков механизм этого влияния...

Наблюдая за состоянием атмосфер Солнца и планет не только с поверхности Земли, но и с помощью посылаемых к другим планетам измерительных приборов, устанавливаемых на автоматических станциях, мы обнаруживаем там много интересного.

Нет ничего удивительного в том, что объем информации о жизни планет солнечной системы с каждым годом все возрастает, а по мере его роста возникают все новые и новые вопросы, интересующие нас, землян. Далеко не на все эти вопросы мы сегодня в состоянии дать ответы, и не все ответы, которые сейчас могут быть даны, следует считать окончательными — в процессе расширения наших знаний многие представления уточняются. Таким образом, условимся рассматривать сообщаемые в этой главе сведения как предварительные.

18.1. Что такое солнечная постоянная?

Полный поток лучистой энергии Солнца на верхней границе атмосферы при среднем расстоянии Земли от Солнца называют солнечной постоянной. По многократным измерениям на протяжении более 40 лет эта величина равна 136 мВт/см^2 . За всю историю измерений потока лучистой энергии Солнца не отмечено случаев отклонений ее величины, которые не укладывались бы в пределы ошибок измерений и имели бы какую-либо регулярность. Поэтому эту величину и назвали солнечной постоянной. Современной науке неизвестны какие-либо доказательства изменения притока солнечной радиации — светимость Солнца сохраняется постоянной на протяжении всего периода существования жизни на Земле, она равна $3,83 \cdot 10^{23} \text{ кВт}$.

18.2. Насколько значительна светимость Солнца по сравнению со светимостью остальных звезд?

Согласно звездной статистике, Солнце относится к спектральному классу G2 — так называемых желтых карликов. Всего различают семь спектральных классов — от звезд большой светимости сине-фиолетового цвета, имеющих температуру излучения 40 000—50 000 К до звезд низкой светимости оранжево-красного цвета, имеющих температуру излучения около 3000 К: O, B, A, F, G, K, M. Наше Солнце занимает среди других звезд по светимости промежуточное положение между звездами средней и низкой светимости, а именно 53-е место из 70 (в каждом звездном классе 10 подклассов).

18.3. Насколько постоянна светимость Солнца и звезд?

Согласно теории звездного равновесия, светимость Солнца, как и всех звезд, определяется его массой и поэтому она со временем должна мало меняться, так как убыль массы Солнца в масштабах времени существования человечества ничтожна.

18.4. С какой скоростью вращается Солнце?

Солнце вращается вокруг оси, имеющей угол наклона к эклиптике $82^{\circ}45'$; угловая скорость вращения во много раз меньшая, чем у Земли, — один оборот Солнце совершает за 25—30 земных суток. Диаметр Солнца 1 392 000 км.

18.5. Насколько масса Солнца больше массы планет солнечной системы?

Масса Солнца несоизмеримо больше массы любой планеты солнечной системы. Масса всех планет вместе взятых примерно в 740 раз меньше массы Солнца.

18.6. Есть ли атмосфера на Солнце?

Внешние, доступные наблюдениям слои Солнца можно считать его атмосферой. Самый нижний слой солнечной атмосферы — фотосфера — является источником почти всего солнечного излучения. Толщина фотосферы около 300 км, средняя плотность $3 \cdot 10^{-4}$ кг/м³, температура от 6000 до 4200 К. Выше фотосферы находится второй слой солнечной атмосферы — хромосфера, мощность которого около 10 000 км, а еще выше — солнечная корона, являющаяся наиболее разреженной частью солнечной атмосферы. Хромосфера и солнечная корона дают все наблюдаемое радиоизлучение Солнца.

18.7. Почему мы выделяем Солнце среди других звезд?

Для этого есть все основания: хотя Солнце — действительно самая обычная звезда, имеющая такие же размеры, плотность и яркость свечения, как и тысячи других звезд, но в силу ряда обстоятельств оно оказалось для нас единственным источником энергии, а следовательно, и жизни на Земле. Обстоятельства эти исключительные: Земля наряду с несколькими другими планетами принадлежит к солнечной системе, то есть обращается вокруг Солнца и перемещается вместе с Солнцем; она находится, по космическим масштабам, относительно близко от Солнца, «все-го» на удалении в среднем около 149 млн. км, или немногим больше 8 световых минут, тогда как остальные ближайшие звезды удалены в тысячи раз больше (Альфа Цен-

тавра — на 4,33 светового года, Сириус — на 8,75, Вега — на 26,5 светового года). Получая от Солнца всего одну двухмиллиардную долю его энергии излучения, наша планета обеспечена необходимым для жизни теплом и миллионы лет пребывает в состоянии теплового равновесия, столь важного для сохранения относительной стабильности ее климата и других условий жизни.

18.8. Для чего существует Служба Солнца?

Служба Солнца создана для изучения Солнца и обмена информацией об изменениях солнечной активности. Колебания солнечной активности создают магнитные бури, полярные сияния, изменяют радиационную обстановку в околоземном пространстве и условия прохождения радиоволн. Они оказывают влияние и на метеорологические процессы, хотя их роль в изменениях состояния земной атмосферы пока еще не выяснена. Службой Солнца разрабатываются программы изучения солнечной активности, например программа Международного года спокойного Солнца (1964/65) и Международного года солнечного максимума (с 1 августа 1979 года по 30 апреля 1981 года).

18.9. Имеется ли атмосфера на других планетах солнечной системы?

Да, все планеты солнечной системы имеют атмосферу, однако состав газов земной атмосферы совсем иной, чем на остальных планетах. У каждой планеты солнечной системы своя атмосфера, отличная от атмосферы любой другой планеты.

Наибольшая плотность атмосферы и наибольшее атмосферное давление — на Венере, наименьшая — на Меркурии.

18.10. Какими средствами изучают атмосферы планет солнечной системы?

В прошлом о планетах и их атмосферах люди могли судить только по данным наблюдений с помощью оптических приборов. Открытие спектрального анализа позволило уже во второй половине прошлого века исследовать состав атмосферы планет по спектрам их излучения. Создание ракет и автоматических межпланетных станций в 50—60-х годах нашего столетия решающим образом расширило возможности исследования атмосферы планет солнечной системы путем направления измерительной аппаратуры не-

посредственно в толщу атмосферы ближайших планет. Советская автоматическая станция «Венера-4», достигшая этой планеты в 1967 году, «Венера-7», впервые плавно опустившаяся на поверхность Венеры в 1970 году, «Венера-9», впервые обеспечившая получение снимков поверхности планеты (1975 год), и, наконец, «Венера-13» и «Венера-14» (1981 год), передававшие с поверхности планеты около двух часов сведения о состоянии ее атмосферы, условиях освещенности облаков и самой поверхности, дали богатую информацию о составе, строении и режиме венерианской атмосферы. Американские межпланетные станции «Марс», «Маринер», «Пионер» и «Вояджер» принесли новые важные сведения об атмосферах Марса, Меркурия и Сатурна.

18.11. Каковы значения солнечной постоянной на планетах солнечной системы?

В настоящее время значения солнечной постоянной установлены для пяти планет: Меркурия — 935 мВт/см^2 , Венеры — 265 мВт/см^2 , Земли — 136 мВт/см^2 , Марса — 60 мВт/см^2 , Юпитера — 5 мВт/см^2 .

Для планет, расположенных ближе к Солнцу, солнечная постоянная во много раз превосходит ее значение для Земли, а для планет, расположенных на большом удалении от Солнца, она очень мала.

18.12. Насколько велики различия в отражательной способности поверхности планет солнечной системы?

Средние значения отражательной способности (альбедо) поверхности планет с учетом существования на планетах атмосферы и облаков приблизительно такие:

Меркурий	0,09	Марс	0,20	Уран	0,5
Венера	0,77	Юпитер	0,5	Нептун	0,5
Земля	0,30	Сатурн	0,5		

Как видим, различия эти очень существенны. Они определяются как особенностями условий на поверхности планет, так и особенностями состава их атмосфер и наличием облаков. Так, например, поверхность Венеры покрыта жидкостью, поверхность Марса — пылью; на Венере, как и на Земле, есть капельно-жидкие облака, на Марсе — в основном только пылевые.

18.13. Что известно сейчас об атмосфере Марса?

Атмосфера Марса значительно менее плотная, чем атмосфера Земли, и величина атмосферного давления на поверхности планеты составляет всего 0,6% атмосферного

давления на земной поверхности. Основные газы атмосферы Марса — углекислый газ (около 95%), азот и аргон (около 5% вместе); остальные газы содержатся в незначительном количестве — кислород, водяной пар, окись углерода (все вместе всего десятые доли процента). Средняя температура на поверхности составляет 230 К, при этом на освещенной стороне планеты днем она может быть около 280 К, а на неосвещенной стороне 200 К. Продолжительность суток на Марсе примерно такая же, как и на Земле, но продолжительность года почти в два раза бóльшая, — год там длится 687 земных суток. Температура в марсианской атмосфере убывает с высотой приблизительно в два раза медленнее, чем в нашей земной. На планете есть полярные шапки льдов из замерзшей углекислоты, граница которых опускается до 60-й параллели. Атмосферная циркуляция имеет сходство с земной, но интенсивность циркуляции превосходит земную, так как контрасты температуры между экватором и полюсами на Марсе в 2,5—3 раза больше, чем на Земле.

18.14. Каковы условия погоды на Марсе?

Условия марсианской погоды можно охарактеризовать только весьма приближенно. Более или менее достоверно мы знаем, что на этой планете очень велик суточный ход температуры. Преобладающими зимой должны быть ветры западного, а летом — восточного направления, так как господствующей там является зональная форма циркуляции, меридиональные процессы проявляются слабее, чем на Земле. Анализ телевизионных изображений облачного покрова (там, помимо низких пылевых облаков желтого цвета, изредка наблюдаются высокие тонкие кристаллические облака синего и белого цвета) показывает наличие структур облачности фронтального типа. Характерным явлением погоды на Марсе следует считать пыльные бури, которые могут носить там глобальный характер. Одна из таких пыльных бурь наблюдалась в период полетов автоматических межпланетных станций «Марс» и «Маринер» в конце 1971 и начале 1972 года. Особенностью таких бурь является «антипарниковый эффект» — охлаждение поверхности планеты и увеличение температуры атмосферы под влиянием поглощения солнечной радиации пылью.

18.15. Всегда ли климат Марса был таким, как сегодня?

Сейчас Марс представляет собой пустынную, безводную и по сравнению с Землей очень холодную планету.

Многие исследователи склонны считать, что в очень далеком прошлом условия там были совсем иные, в частности атмосфера была более плотной и, что особенно существенно, была и вода. Об этом говорят обнаруженные на Марсе осадочные отложения и рельеф поверхности, изобилующий узкими долинами, напоминающими естественные каналы, по которым, как по земным рекам, возможно, текла вода или какая-либо другая жидкость.

О существовании на Марсе другого, значительно более мягкого климата в далеком прошлом (возможно, около миллиарда лет тому назад), по мнению некоторых ученых, говорят и расчеты, основанные на предположении о том, что, прежде чем стать современной, «докислородной», марсианская атмосфера была первоначально водородной, затем аммиачной, и лишь в будущем ей предстоит стать подобной нашей земной. Однако наши знания и о современной марсианской атмосфере еще далеки от полноты, а представление о ее эволюции в прошлом вообще носит чисто гипотетический характер.

18.16. Что представляет собой атмосфера Меркурия?

Меркурий, как и спутник Земли Луна, практически лишен атмосферы. Однако в ничтожных количествах на Меркурии обнаружено присутствие углекислого газа. Атмосферное давление, создаваемое им, равно примерно одной тысячной доле давления земной атмосферы. Согласно предположению, разделяемому рядом авторитетных ученых, из атмосферы Меркурия ушли составлявшие ее некогда легкие газы, поскольку из-за своей небольшой массы планета оказалась неспособной удержать возле себя первоначально возникшую атмосферу, состоявшую из продуктов дегазации ее твердой оболочки. (Масса Меркурия в 18 раз меньше массы Земли и почти в два раза меньше массы Марса.) По той же причине Луна, имеющая еще меньшую массу (в 81 раз меньше земной), оказалась полностью лишенной атмосферы.

18.17. Из чего состоит атмосфера Венеры?

Венера, самая для нас яркая и красивая планета солнечной системы, всегда привлекала внимание людей. Данные о ней, полученные во второй половине нашего столетия, оказались для многих неожиданными и даже разочаровывающими — поверхность Венеры окутана плотным слоем облачности, состоящей из капель, по мнению одних ученых, серной, а по мнению других — соляной кислоты. В обоих случаях — это не лучшее место для про-

гулки туристов-землян, с древнейших времен питающих чувства симпатии к соседке нашей Земли...

Спектральный анализ излучения Венеры показал, что ее атмосфера примерно на 95% состоит из углекислого газа. Оставшиеся 5% составляют нейтральные газы азот и аргон и кислород, водяной пар, соляная и фтористая кислота, угарный газ. Атмосфера на Венере очень плотная, давление на поверхности планеты в 90 раз больше земного. По последним данным, облака, всегда закрывающие поверхность этой планеты, состоят из капель не серной, а соляной кислоты.

18.18. Каков температурный режим на Венере?

Венера во всех отношениях своеобразная планета, во многом не похожая на остальные. Вращается она очень медленно, так что сутки там в 117 раз продолжительнее земных (кстати, и направление вращения у нее противоположно направлению вращения остальных планет). Вследствие незначительной скорости вращения и небольшого наклона плоскости ее орбиты к плоскости экватора (менее 3°) на Венере практически нет сезонов и температура воздуха на экваторе и полюсах почти одна и та же (различия не превышают 2%). Волна солнечного нагрева перемещается вдоль солнечного экватора со скоростью 3 м/с.

Температура на освещаемой Солнцем стороне около 748 К. С высотой она убывает, достигая в тропопauзе, на высоте 58 км, примерно 281 К, то есть уже вполне земных значений. Во всей 58-километровой толще венерианской тропосферы происходит интенсивное перемешивание воздуха, связанное с бурными процессами конвекции.

18.19. Что представляет собой атмосферная циркуляция на Венере?

По современным представлениям, важнейшим фактором теплообмена и перераспределения тепла между дневными и ночными участками поверхности Венеры является ветер: над подсолнечной (дневной) областью происходит вертикальный подъем воздуха и в нижнем слое атмосферы, вероятно, имеет место подток холодного воздуха из противосолнечной (ночной) области. На верхних уровнях наблюдается противотечение — отток теплого воздуха в противосолнечной области, где он опускается вниз к поверхности планеты, чтобы начать новый цикл движения к подсолнечной области. Ввиду малой скорости вращения Венеры мала и отклоняющая сила вращения, и потому она

не оказывает заметного влияния на циркуляцию, которая при этом должна быть симметричной относительно экватора. Ветры на Венере в среднем должны быть примерно в два раза слабее, чем на Земле, то есть всего 5—6 м/с, или 20 км/ч; разность давления между дневной и ночной сторонами планеты составляет в среднем около 28 гПа. Однако благодаря большой плотности венерианской атмосферы ветровое давление там в 10—15 раз превышает земное. Как мы уже говорили, для атмосферы Венеры характерно интенсивное вертикальное движение воздуха. С высотой скорости ветра возрастают, достигая на верхней границе облачного слоя 200 км/ч.

18.20. Какие на Венере облака?

Нам трудно представить себе внешний вид облаков на Венере. Есть основания полагать, что облачный покров имеет мощность несколько десятков километров, начинаясь на высоте около 50 км над поверхностью планеты. Состоят облака из капель соляной кислоты. Они могут, покрывая планету сплошным слоем, иметь отдельные участки хорошо выраженной конвекции, наподобие известных на Земле районов развития кучево-дождевых облаков в массе слоистообразной облачности фронтальной природы.

Вертикальные токи конвективных движений внутри облачного покрова, по расчетам, должны иметь скорость около 1—2 м/с, а предельные значения скорости турбулентного потока могут достигать 10 м/с.

18.21. Чем можно объяснить отсутствие кислорода в атмосфере Венеры?

Можно предположить, что атмосфера Венеры, как и ряда других планет, в том числе Меркурия, Земли и Марса, образовалась в результате дегазации твердой оболочки этой планеты. Однако, поскольку условия на этой планете оказались неблагоприятными для развития растительности и существования фотосинтезирующих микроорганизмов, процессы фотосинтеза не получили на Венере развития, что и обусловило отсутствие кислорода, хотя там достаточно исходного материала (в частности, углекислого газа) для его образования.

18.22. Каков состав атмосферы на Юпитере?

Атмосфера Юпитера состоит из легких газов — водорода и гелия. В незначительном количестве там обнаружены метан и аммиак. Последний, возможно, как предполагают

некоторые исследователи, существует на этой планете еще в кристаллическом и в жидком виде (из аммиачных кристаллов и капель могут формироваться облака).

Все перечисленные газы содержатся в верхнем слое атмосферы Юпитера, то есть выше облаков, которые окутывают планету очень мощным слоем, толщиной примерно 1000 км. В нижнем слое атмосферы, вероятно, содержатся более тяжелые газы и вода, а также и аммиак. В целом плотность атмосферы Юпитера не очень велика, атмосферное давление на поверхности составляет 1,3 земного.

18.23. Что представляют собой облака на Юпитере?

Как предполагают ученые, это капельно-жидкая облачность, состоящая из водного раствора аммиака, а возможно, и соляной кислоты. Нижняя граница ее предположительно находится на высоте нескольких десятков километров над поверхностью планеты, верхняя — на высоте около 1000 км. Некоторые ученые допускают возможность существования нескольких слоев облачности на Юпитере, в том числе слоя из кристаллического аммиака. Облачные поля на этой планете неустойчивы, наблюдаются они в виде нескольких полос вдоль кругов широты, их конфигурация изменяется иногда очень быстро.

18.24. Каков режим температуры в атмосфере Юпитера?

Более или менее определенно можно судить лишь о температуре на поверхности облачного слоя планеты, которая оценивается в 130—150 К. Значительно труднее оценить температурный режим в нижнем слое атмосферы, под облаками. По некоторым расчетам, температура в подоблачном слое на Юпитере составляет около 400 К.

18.25. Что известно о циркуляции атмосферы Юпитера?

Юпитер — планета с высокой скоростью вращения, и ввиду большой мощности облачного покрова циркуляция его атмосферы определяется не солнечным нагревом поверхности планеты, а действием внутренних сил гравитации. Судя по направленности облачных полос параллельно экватору, циркуляция носит четко выраженный зональный характер. Одной из особенностей циркуляции являются резкие скачкообразные изменения ее скорости вдоль меридиана, достигающие 1 км/с на 3° широты.

18.26. Каковы особенности атмосферных условий на других планетах-гигантах?

Об атмосферных условиях на планетах-гигантах, к которым, кроме Юпитера, относятся Сатурн, Уран и Нептун, известно немного. Обладая большой массой и большой скоростью вращения, они сохраняют в своих атмосферах легкие газы. На всех указанных планетах есть водород и метан. Атмосфера есть даже на некоторых из их спутников. Будучи сильно удаленными от Солнца, эти планеты получают ничтожное количество солнечного тепла. Сатурн, Уран и Нептун известны как планеты с низкотемпературным излучением.

18.27. Что такое солнечный ветер?

Солнечный ветер — не метеорологическое понятие, а астрофизическое. Это постоянное радиальное истечение плазмы солнечной короны в межпланетное пространство. Солнечный ветер уносит избыточную энергию солнечной короны, остающуюся после потери энергии на излучение. Температура плазмы у «истоков» солнечного ветра, на солнечной короне, около $2 \cdot 10^6$ К, по мере удаления от Солнца она сперва возрастает, составляя 10^7 К, а затем уменьшается, достигая у земной орбиты 10^4 К, а при вспышках солнечной активности становится на порядок выше, то есть 10^5 К. Радиальная скорость частиц солнечного ветра на удалении в несколько радиусов Солнца составляет 100—150 км/с, а у орбиты Земли она может быть от 300 до 750 км/с. Плотность потока частиц соответственно убывает, она обратно пропорциональна квадрату расстояния от Солнца. На удалении примерно десяти земных радиусов от нашей планеты под влиянием магнитного поля Земли солнечный ветер как бы обтекает земную магнитосферу, оказывая влияние на ее состояние при колебаниях интенсивности потока частиц, составляющих солнечный ветер. Вариации интенсивности солнечного ветра являются причиной магнитных бурь, полярных сияний и других проявлений возмущения магнитного поля Земли.

18.28. Что такое космический ветер?

Это потоки частиц, излучаемые звездами. Американский космический аппарат «Вояджер-2» в июле 1979 года зафиксировал в пределах солнечной системы, на расстоянии 20 млн. км от планеты Юпитер, излучение потока частиц со скоростью, превышающей 5 млн. км/ч (более 1388 км/с), которое американскими учеными универси-

тета Джона Гопкинса было названо космическим ветром. О достижении планеты Юпитер потоками частиц космического ветра было известно и ранее по результатам исследований советских и зарубежных астрофизиков.

18. 29. Что представляет собой «парад планет» и может ли он повлиять на условия жизни на Земле?

«Парадом планет» называют сравнительно редкие случаи, когда планеты солнечной системы выстраиваются в одну линию и создают, таким образом, увеличение приливных сил, вызываемое суммарным притяжением всех планет. Все предшествующие случаи «парада планет» не внесли никаких заметных изменений в условия жизни на Земле. Влияние таких ситуаций в положении планет солнечной системы на состояние земной коры и атмосферы не доказано — увеличение приливных сил слишком мало, чтобы его можно было принимать в расчет. Так, во всяком случае, утверждают специалисты — астрономы и астрофизики.

ИСКУССТВЕННЫЙ КЛИМАТ



Собственно понятие «искусственный климат» не существует. Есть климат географической области или зоны, есть местный климат внутри какой-то ограниченной территории, обусловленный особенностями данной местности, и, наконец, есть еще микроклимат в приземном слое воздуха в пределах совсем малого по размерам пространства — под листвой растений или кроной дерева, на лесной поляне или на дне оврага... Все это климат, сложившийся естественно, как элемент природной среды. Однако микроклимат может быть создан и искусственно — посадкой деревьев или кустарников, орошением поля и дренажными работами на болоте. Еще в большей мере преднамеренно он создается человеком в оранжереях, теплицах, зимних садах, зимних стадионах, овоще- и фруктохранилищах, рефрижераторах, закрытых плавательных бассейнах и, само собой разумеется, во всех помещениях вообще, в которых живут и работают люди или в которых они укрывают от непогоды домашних животных. Режим температуры, влажности, воздухообмена в наших домах — вещь обыденная, привычная. В обиходе у нас нет специального термина для его обозначения. А это ведь, по существу, не что иное, как искусственный климат. Пожалуй, лишь для помещений, оборудованных воздушными кондиционерами, в странах с жарким климатом и у нас на юге страны, термин «искусственный климат» применяется часто и практически прижился, хотя он в равной мере может быть применен и ко всем другим помещениям, отапливаемым и неотапливаемым, поскольку состояние воздуха в них регулируется человеком, то есть создается искусственно.

Именно об условиях, создаваемых людьми в закрытых помещениях, то есть о разных вариантах искусственного климата, мы и поведем речь ниже.

19.1. Можно ли создать искусственный климат под защитой снежного покрова?

Можно: снег является отличным естественным строительным материалом, вполне пригодным для создания искусственного климата в его толще. Это было известно и людям древности, известно и многим животным. И те, и другие с большим успехом использовали зимой снег как укрытие не только от ветра и осадков, но и от мороза. Благодаря пористой структуре снег — неплохой теплоизоляционный материал. Им и сейчас пользуются на севере и в горах охотники, туристы, альпинисты. Полярники в Антарктиде нередко укрывают под снегом свои жилища и рабочие помещения научных станций.

19.2. Какие требования предъявляются к помещениям с искусственным климатом?

Для рабочих помещений, не имеющих прямого сообщения с наружным воздухом и лишенных естественного освещения, обязательно создание искусственного климата, показатели которого не выходили бы за пределы зоны комфорта. Это касается режима температуры и влажности воздуха, а также вентиляции, то есть воздухообмена. Указанные характеристики рабочих помещений должны быть стабильными и обеспечиваются искусственно. Современные нормы предусматривают объем помещений из расчета не менее 10 м³ на человека и скорость вентиляции 250 л/мин, то есть полный обмен воздуха в течение часа. Кроме того, помещение должно иметь искусственное освещение в соответствии с нормами для обычных рабочих помещений.

19.3. В чем особенности искусственного климата кухонь?

Кухни с газовыми плитами нуждаются в усиленной вентиляции, так как концентрация загрязняющих воздух веществ в них в 10—20 раз больше, чем в обычных жилых помещениях. Особенностью искусственно создаваемого микроклимата кухонь является изменение состава воздуха за счет интенсивного поступления углекислого и угарного газов. Кроме того, в воздухе кухонь много аэрозольных тел и скоплений тяжелых ионов, вредных для человеческого организма. Лучше всего вентилируются кухни, оборудо-

ванные дровяными печами с сильной тягой. В настоящее время микроклимат кухонь улучшается внедрением электроплит, инфракрасного подогрева пищи. Однако в любом случае помещение кухни нуждается в усиленной вентиляции для удаления загрязнений воздуха и поддержания требуемого режима температуры; в плохо вентилируемых кухнях температура обычно намного превышает норму, соответствующую зоне комфорта.

19.4. Существует ли связь между микроклиматом рабочих помещений и производительностью труда?

Такая связь определенно существует: экспериментальным путем установлено, что наивысшая производительность труда достигается при прочих равных условиях там, где устойчивый оптимальный влажностно-температурный режим и постоянное равномерное поступление чистого свежего воздуха без ощутимой его подвижности (сквозняков). Особенно велико значение отклонений температуры от комфортных условий. В одном из специально поставленных опытов у людей, выполняющих несложную работу, зафиксировано снижение производительности труда на 12% при понижении температуры в рабочем помещении с 17 до 10° С. При одновременном, даже значительном, изменении температуры, влажности и режима воздухообмена, производившемся, однако, в пределах зоны комфорта, сколь-либо существенных колебаний в производительности труда не наблюдалось.

19.5. Какая роль в формировании условий комфорта принадлежит солнечной радиации?

Большинство исследователей считает нежелательным, чтобы прямые солнечные лучи проникали в рабочие помещения. Исключения составляют лишь зимние месяцы в средних широтах, когда ощущается общий недостаток естественного света даже в околополуденное время. Солнечная радиация, поступающая через окна в дневное время, в холодную часть года, в состоянии нагреть помещение на 2—3° С. В низких широтах радиационные притоки тепла признаются недопустимыми; для защиты от них необходимо пользоваться различными средствами затенения (занавеси, жалюзи, навесы, тенты, лоджии и т. п.).

19.6. Как лучше учесть особенности климата при строительстве дома?

Чтобы грамотно учесть все особенности местного климата при гражданском строительстве, нужны консуль-

тации специалистов-климатологов о влиянии таких факторов, как солнечная радиация, господствующие ветры, влагосодержание воздуха, водопоглотительная способность почвы, наклон местности, близость открытых водных пространств. Располагая такими характеристиками, архитектор и инженер-строитель смогут спланировать здание, наилучшим образом приспособленное к местному климату и располагающее максимальной комфортабельностью, возможной в данных конкретных условиях, то есть лишенное недостатков, связанных с неблагоприятными влияниями климатических особенностей.

19.7. Как создается искусственный микроклимат на борту космических кораблей и орбитальных станций?

На борту искусственных спутников Земли и космических кораблей должны создаваться благоприятные условия для длительного пребывания и активной деятельности экипажей. Это прежде всего — постоянство режима температуры и влажности и чистота воздуха, его неизменная пригодность для дыхания.

В условиях невесомости не существует естественного воздухообмена, которым снимаются излишки тепла с тела человека. Поэтому на космических кораблях устанавливается система принудительной циркуляции воздуха и автоматически работающая система контроля за температурным режимом в различных частях кабины.

В зависимости от состава смеси газов, которыми заполняются кабины кораблей, устанавливается постоянный оптимальный режим температуры: на советских кораблях он близок к обычному режиму, привычному на Земле, а на американских, в которых вместо азота разбавителем кислорода служит гелий, — режим температуры поддерживается на 6—8° С выше, так как ощущение комфорта в гелиевой атмосфере наступает при температуре около 30° С.

19.8. Насколько различны условия радиационного облучения на Земле и в космосе, на орбитах полетов ИСЗ?

Поскольку орбиты ИСЗ находятся на высоте нескольких сотен километров над поверхностью Земли, то есть в разреженных слоях верхней атмосферы, то уровень радиационного облучения на высоте полета космических кораблей выше, чем на Земле. В нормальных условиях, при спокойном состоянии Солнца, на орбите советской станции «Салют-6» (высота 260—310 км) доза облуче-

ния примерно в полтора раза больше, а на орбите американской станции «Скайлэб», летающей на 100 км выше, она больше уже в несколько раз. Дело в том, что по мере удаления от земной поверхности уменьшается защитная способность толщи атмосферы, очень разреженной на такой высоте, и магнитосферы, отклоняющей часть потока солнечного излучения в сторону от Земли. При вспышках солнечной активности, приблизительно соответствующих по времени появлению на поверхности Солнца новых пятен, уровень радиации, вредной для человеческого организма, на орбитах ИСЗ возрастает в десятки и сотни раз; космонавты в этих случаях должны искать защиту под тепловой обшивкой своих кораблей, пристыкованных к орбитальным станциям.

19.9. Как обеспечивается радиационная защита космических кораблей?

При спокойном состоянии Солнца, то есть при обычном уровне солнечной активности, дозы облучения, получаемые космонавтами на борту космических кораблей или орбитальных станций, хотя и превышают дозы, получаемые людьми на земной поверхности, абсолютно неопасны для здоровья. Опасность представляют случаи вспышек солнечной активности, происходящие время от времени, от одного до трех-четырёх раз в год, в зависимости от цикла солнечной деятельности.

Предупреждения-прогнозы таких вспышек даются особой Службой Солнца, специалисты которой ведут непрерывные наблюдения за состоянием солнечной активности. Кроме того, с момента возникновения вспышки на Солнце до опасного повышения уровня радиации на орбите ИСЗ проходит некоторое время (около 20 мин), достаточное, чтобы принять необходимые меры радиационной защиты космонавтов. Для этой цели применяются как пассивные средства защиты — экранирование отсеков станций материалами, способными поглощать опасные для организма заряженные частицы, так и активная, основанная на использовании электромагнитных полей, способных отклонять корпускулярные частицы от космического корабля.

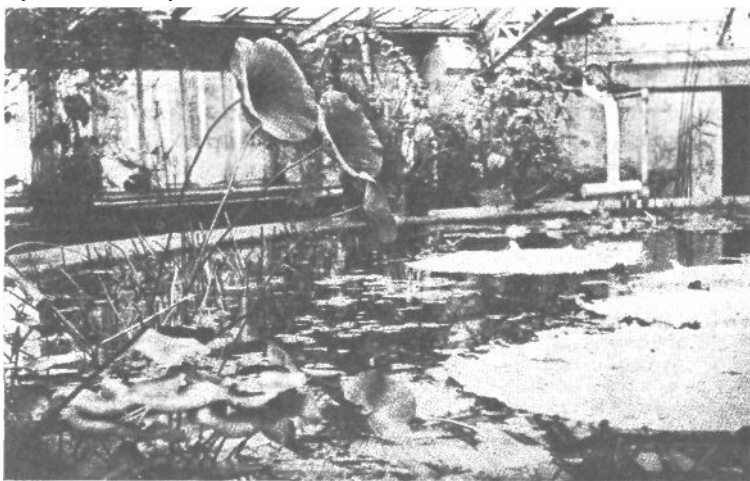
19.10. Существует ли опасность радиационного облучения людей на борту самолета?

На самолетах обычного типа, летающих в нижнем слое атмосферы, опасности радиационного облучения не

существует вообще. Для сверхзвуковых транспортных самолетов, летающих в нижней стратосфере, такая опасность, хотя и меньшая, чем для ИСЗ, может возникнуть только в периоды интенсивных солнечных вспышек. Международная система оповещения о таких случаях и постоянный контроль Службы Солнца за состоянием солнечной активности обеспечивают радиационную безопасность полетов самолетов в нижней стратосфере, как и ИСЗ в околоземном пространстве.

19.11. Обязательна ли герметичность теплиц для выращивания в них овощей?

Теплицы нуждаются в хорошей термоизоляции, но для достижения последней совсем не обязательна герметичность. Даже наоборот, полная герметичность теплиц, если бы она была достигнута, оказалась бы губительной для растений, которые нуждаются в обмене воздуха теплиц с наружным воздухом. Дело в том, что поглощая в процессе фотосинтеза углекислый газ из воздуха теплицы, растения за 2—3 ч полностью израсходуют весь запас газа в замкнутом пространстве теплицы и, лишившись питания, окажутся без строительного материала, необходимого им для формирования урожая. Подсчитано, что для выращивания 7—8 кг томатов или огурцов требуется 1 кг углекислого газа.



*87. В оранжерее ботанического сада.
Фото В. Быкова*

19.12. В чем различия климата, искусственно создаваемого в оранжереях и в теплицах?

Принципиально искусственный климат оранжерей и теплиц один и тот же. Создается он на основе использования оптических свойств стекла или полиэтиленовой пленки, обладающих способностью сохранять тепло у поверхности земли, предотвращая выхолаживание приземного слоя воздуха холодным ветром, а также пропускать солнечное излучение лучше, чем обратное тепловое излучение поверхности почвы (парниковый эффект). Однако для поддержания оптимальной для развития растений температуры, кроме естественного солнечного обогрева, необходим и искусственный обогрев (воздушный, электрический, водяной, паровой или боровой — обогрев за счет выделения тепла в процессе гниения внесенной под почву смеси навоза с ботвой или листьями). Помимо обогрева, искусственный климат формируется дополнительным искусственным освещением, увлажнением воздуха и поливом почвы. В зависимости от выращиваемых культур оранжереи имеют различный температурный режим и делятся на холодные (с температурой от 1 до 8° С), умеренные (от 8 до 15° С) и теплые (от 15 до 26° С). Умеренные и теплые оранжереи называют теплицами, в отличие от холодных, которые называются только оранжереями.

19.13. Можно ли земной климат рассматривать как «оранжерейный», формируемый под защитой атмосферы, играющей роль стеклянного или пленочного покрытия?

Да, вполне можно. Аналогия здесь полная, различия только в масштабах. Лучистый перенос тепла в атмосфере осуществляется видимым и инфракрасным излучением, которое практически не поглощается молекулами основных газов атмосферы — азота, кислорода, аргона. Непостоянные составляющие воздуха — водяной пар, углекислый газ, озон, капельки воды и кристаллики льда, — наоборот, способны активно поглощать длинноволновое излучение Земли и сравнительно свободно пропускать коротковолновое солнечное излучение. Атмосферные газы, поглощающие длинноволновое излучение, создают противоизлучение атмосферы, направленное вниз, к земле. Этим уменьшаются теплотери земной поверхности. Эффективное излучение земной поверхности — излучение, не идущее на нагревание атмосферы, то есть не поглощенное газами, входящими в состав атмосферного воздуха, а уходящее в мировое пространство, — в среднем состав-

ляет всего около 20% излучения Земли. Оранжерейный эффект атмосферы в целом для Земли весьма значителен: он повышает температуру земной поверхности примерно на 33° С. Если бы на Земле не было атмосферы, как, например, на Луне, то средняя температура ее поверхности была бы не 15° С, а всего —18° С! (Раньше, когда не было спутниковых измерений, энергетический бюджет Земли определялся с некоторым занижением и расчетная температура земной поверхности при отсутствии атмосферы получалась еще более низкой: всего —23° С.)

19.14. Способна ли человеческая деятельность повлиять на механизм оранжерейного эффекта атмосферы?

Естественная оранжерея, создаваемая атмосферой на поверхности Земли, теоретически подвержена влиянию многих факторов, способных регулировать эффективность всей системы обмена теплом между Землей и ее атмосферой. В частности, велико значение содержания углекислого газа в атмосферном воздухе, которое имеет тенденцию постоянно увеличиваться, создавая тем самым угрозу потепления. Рост концентрации других газов, поглощающих инфракрасную или ультрафиолетовую радиацию, также способен изменять температурный режим на Земле: аммиак, фреоны, окислы азота, так же как различные аэрозоли, в последние годы поступают в атмосферу во все возрастающих количествах и требуют к себе внимания. Воздействие некоторых загрязняющих воздух веществ на озон также создает проблемы. Оценить точно возможные последствия влияния всех этих факторов пока нельзя. Поэтому реализация теоретической возможности воздействия на механизм оранжерейного эффекта в настоящее время практически неосуществима.

19.15. Каков климат жилых помещений полярников в Арктике и Антарктике?

У зимовщиков в помещениях условия далеко не стандартные. Сейчас в Арктике много поселков с домами, отапливаемыми обычными печами. Внутри домов режим температуры такой же, как внутри домов зимой в средней полосе. На научных станциях, расположенных на дрейфующих льдинах или в Антарктике, — условия иные. Можно назвать три основных вида жилья в полярных экспедициях: временные выносные «точки» летнего сезона — утепленные палатки с двойными стенками и водонепроницаемым днищем, фанерно-деревянные передвижные домики на санях, так называемые балки, с печью на жид-

ком топливе и, наконец, стационарные домики, обогреваемые теплым воздухом от жидко-топливных печей или же электричеством.

Искусственный климат внутри палаток не обеспечивает сохранение зоны комфорта. В палатке, пока горит печка, наверху тепло, а у пола — холодно. В балках хотя и тепло, но трудно обеспечить нормальный воздухообмен и потому внутри них повышенное содержание углекислого газа. В стационарных домиках условия наиболее благоприятные, в них вполне достижим режим комфорта, но в таких домах постоянно ощущается излишняя сухость воздуха, поскольку наружный воздух в силу низких температур отличается очень незначительной абсолютной влажностью. Это становится заметным уже в первые часы пребывания внутри такого стационарного домика: отпадает необходимость пользоваться полотенцем — после умывания лицо и руки мгновенно становятся сухими. Это наиболее характерная черта искусственного климата в помещениях полярников. Вторая черта — недостаток дневного света даже летом, во время полярного дня, и его полное отсутствие зимой, во время полярной ночи.

19.16. Как в Антарктиде зимовщики строят свои жилища, оберегая их от снежных заносов?

В зависимости от места расположения станции ее жилые домики строят под снегом или, наоборот, поднимают над ним на своего рода сваях из труб, с тем чтобы снег, переносимый ветром, не заносил дома.

Если научную станцию сразу строят из расчета укрытия ее жилых помещений под снегом, то все строения размещают на дне вырытого в снегу тоннеля глубиной 5—6 м; над крышами домиков вровень с местностью тоннель закрывают гладким перекрытием, по поверхности которого свободно переносится снег, не отлагаясь и не накапливаясь. Если домики поставить просто на снегу, их за два-три зимних сезона занесет снегом так, что они окажутся погребенными под многометровой снежной толщей. Под тяжестью снега крыши домиков могут обрушиться.

19.17. Что собой представляют и для чего используются микроклиматические камеры?

Помещения, в которых можно искусственно создавать требуемые климатические условия, называют микрокли-

матическими камерами. В них можно задавать любой режим температуры, влажности и ветра. Существуют и такие камеры, в которых можно задавать режим радиации.

Используются микроклиматические камеры для исследований теплового состояния людей и животных при различных режимах температуры и ветра, а также для определения теплозащитных свойств различных образцов одежды и оценки способности человеческого организма к адаптации в экстремальных условиях, к восстановлению теплопотерь.

Такого рода исследования в микроклиматических камерах широко практикуются в Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте в Ленинграде при подготовке полярных экспедиций. Камеры позволяют создать и сохранять в течение нескольких часов режим холода и сильного ветра, сильного холода и слабого ветра и т. д. Например, $-28 \pm 0,9^\circ \text{C}$ и ветер $6,1 \pm 0,4 \text{ м/с}$ или $-36 \pm 0,9^\circ \text{C}$ и ветер $2,5 \pm 0,2 \text{ м/с}$.

По результатам испытаний людей и одежды в микроклиматической камере можно определять доступную продолжительность пребывания на морозе человека в различной одежде.

19. 18. Какой микроклимат поддерживается в кабине самолета при полетах на различных высотах?

Микроклимат в кабине самолета искусственно поддерживается на уровне условий, соответствующих зоне комфорта. Для этого работает система кондиционирования воздуха, автоматически регулирующая режим температуры и влажности, а также атмосферного давления внутри кабины самолета. Герметичность кабины позволяет поддерживать атмосферное давление, равное примерно $\frac{3}{4}$ нормального давления на уровне моря даже при полетах на самых высоких эшелонах в нижней стратосфере, где давление вне кабины в три-четыре раза меньше, чем на уровне моря. Заборный воздух, прежде чем поступить в кабину самолета, нагревается до обычной комнатной температуры и сжимается в турбокомпрессоре. Одновременно в нем происходит разрушение значительной части избыточного озона, что также очень важно, так как озон оказывает освежающее действие только при небольшой его концентрации, обычной в приземных слоях атмосферы. Если же концентрация озона в воздухе достигает более одной десятиллионной части по объему, то озон начинает оказывать токсичное влияние на человеческий организм.

19. 19. Почему необходимость снижения концентрации озона внутри кабины самолета возникает лишь на больших высотах?

Воздух у земной поверхности содержит незначительное количество озона, составляющее стомиллионные доли по объему. К такой его концентрации или несколько большей человеческий организм привык, в этом случае озон не является для него токсичным. С высотой в атмосфере содержание озона возрастает, но его концентрация в тропосфере остается в пределах допустимой. Однако уже в стратосфере, выше тропопаузы, концентрация озона резко возрастает и несколько превышает допустимую уже на эшелонах полетов обычных дозвуковых самолетов в нижней стратосфере, а на эшелонах полетов сверхзвуковых самолетов, приближающихся по высоте к уровню максимальной концентрации озона (21—26 км), превышает ее уже в несколько раз. Воздух, подаваемый в кабины сверхзвуковых самолетов, должен пропускаться не только через турбокомпрессоры, но и через специальные фильтры, освобождающие его от избыточной концентрации озона, поскольку в турбокомпрессорах разрушается только 75—90% количества озона, превышающего допустимый уровень.



КАВЕРЗНЫЕ ВОПРОСЫ МАЛЕНЬКИХ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ

Наряду с бесчисленными «почему» об окружающем их мире, дети имеют обыкновенные задавать старшим вопросы и о погоде, и при этом чаще всего самые неожиданные. Не всегда на эти вопросы легко ответить, и не только потому, что не все очевидные вещи доступны пониманию ребенка, но еще и потому, что дети, с их наблюдательностью, способны останавливать внимание на деталях, ускользающих от внимания взрослых. Ниже приводятся вопросы и ответы на них из числа тех, с которыми пришлось столкнуться автору в беседах с внуком и его сверстниками, а также с их родителями, просившими помощи для удовлетворения любознательности своих маленьких «почемучек».

Следует признаться, что не на все поставленные ребятами вопросы автор сумел дать исчерпывающий ответ, но он стремился избегать упрощений, способных породить ошибочное понимание сути сложного природного явления, и в каждом случае — дать хотя бы основы верных представлений, которые со временем могут быть расширены и углублены, но не будут нуждаться в исправлениях.

Интересно отметить, что дети о погоде, как и вообще о всех природных явлениях, значительно чаще спрашивают, находясь за городом, в деревне или на даче. Расширение круга наблюдений, возможность видеть весь небосвод до самого горизонта, воду в речках или озерах с естественными берегами, а животных — не в клетках, а на свободе, стимулирует процесс познания окружающего мира, порождает потребность спрашивать о вещах, далеких от сиюминутных нужд. К примеру, в городе ни один из всех знакомых мне ребят не спросил, глядя на небо: «Какие это облака, почему они все в завитушках?» или: «Где

кончается небо? У него есть дно?»... Такие вопросы задают, гуляя в поле, на берегу моря или на лесной поляне. Конечно, о погоде дети спрашивают и в городе, но это совсем другие вопросы. Во всяком случае, у тех, с кем мне приходилось общаться. Итак, обратимся к вопросам о погоде, интересующим наблюдательных ребят.

20.1. Почему так бывает: зимой с крыш вода капает, а на улице мороз, по радио сообщают, что температура воздуха несколько градусов ниже нуля?

Дело в том, что по радио сообщают температуру воздуха, измеренную на площадке метеорологической станции, в специальной будке, на высоте 2 м над земной поверхностью. Место для площадки выбирается свободное от застроек, хорошо продуваемое ветрами и освещаемое солнцем. На показания приборов на метеорологической площадке не должны оказывать влияния никакие искусственные сооружения, там должны сохраняться естественные условия данной местности. Крыши же городских домов, как и стены, — в иных условиях. Зимой дома отапливаются, внутри городских зданий искусственно поддерживается более высокая температура воздуха, чем снаружи. Тепло внутренних помещений дома передается его стенам и крыше. При небольших морозах, о которых сообщается по радио, температура крыш зданий может быть на несколько градусов выше, то есть может оказаться положительной, достаточной для таяния лежащего на крышах снега. Поэтому-то при отрицательной температуре воздуха с крыш городских домов может капать вода.

20.2. Почему при морозе из выхлопных труб автомобилей вылетают клубы пара, похожие на облака, а при другой погоде — только дым?

В морозную погоду за автомобилями действительно возникают небольшие облака, но не пара, а мелких капелек воды и ледяных кристалликов. Водяной пар — это невидимый человеческому глазу газ, он прозрачен, как и другие газы, входящие в состав воздуха. Называются эти облака конденсационными, они возникают из водяного пара, который образуется при сгорании в двигателе автомобиля жидкого топлива. При морозе вылетающий из выхлопной трубы автомобиля пар мгновенно охлаждается, переходит в капельки воды или в ледяные кристаллики — образуется конденсационный след или облако. При более теплой погоде охлаждение пара оказывается недостаточным и он остается невидимым. Дым за автомобилем явля-

ется результатом неполного сгорания топлива, он может быть при любой погоде, его возникновение зависит не от погоды, а от качества регулировки зажигания двигателя.

20.3. Почему иногда на море, когда Солнце скрывается за горизонтом, над местом, где оно только что скрылось, вдруг вспыхивает и тут же гаснет яркий изумрудно-зеленый свет?

Это так называемый зеленый луч. Его можно иной раз наблюдать в тихую ясную погоду при большой прозрачности воздуха не только в момент захода, но и при восходе солнца. Чаще всего это удается при ровном открытом горизонте, на берегу моря или озера.

Возникновение зеленого луча объясняется рефракцией и дисперсией солнечного света, то есть искривлением его лучей и их разложением на цвета спектра от красного до фиолетового. Угол преломления солнечных лучей наибольший у горизонта, и при низком положении солнца его свет мог бы представляться радужно-многоцветным, если бы не рассеивающее и ослабляющее влияние толщи атмосферного воздуха (максимальной для солнечного луча при восходе и заходе солнца). Но так как рассеяние световых лучей тем сильнее, чем короче длина волны, то меньше других ослабляются красные тона, в какие обычно и окрашивается небосклон при восходе и закате солнца. В тех же случаях, когда воздух особенно прозрачный при спокойном состоянии атмосферы, сохраняются не полностью рассеянными и лучи синей части спектра: бывает виден (хотя и очень редко) даже голубой цвет, а несколько чаще — зеленый, давший название всему явлению.

Длится это явление всего 1—2 секунды, но на первые увидевшего его производит очень сильное впечатление, особенно если выпадает случай увидеть в момент его возникновения не только небо на горизонте, но и стеклянные шары фонарей уличного освещения или обращенные к источнику этого необычного света окна зданий, на мгновение меняющие свою окраску и приобретающие яркий, очень чистый изумрудно-зеленый цвет.

20.4. Куда дует ветер?

Ветер — это движение воздуха. Как и вода, всегда текущая с более высокого места в более низкое, воздух тоже движется из места с более высоким атмосферным давлением в место, где давление меньше. На движущуюся воду и на воздух влияет еще и вращение Земли, которое откло-

няет все частицы вправо от их первоначального направления движения. Но движение воды ограничено берегами ручьев и рек или стенками труб, а движение воздуха таких ограничений не имеет. Поэтому воздух движется не прямо от высокого давления к низкому, а в сторону, вправо от такого направления, оставляя центр низкого давления левее направления своего движения, как бы обегая этот центр. Вот и получается, что ветер дует не вдоль прямой, а вдоль изогнутой, приближенно круговой линии. Вокруг центров низкого давления — в циклонах — ветер дует против часовой стрелки, а вокруг центров высокого давления — в антициклонах — по часовой стрелке. Такое направление ветра бывает в северном полушарии, а в южном — оно противоположное. Но так как размеры циклонов и антициклонов очень большие — сотни и тысячи километров, то кривизна движения воздуха нами не ощущается.

20.5. Почему в сырую погоду при тумане шум электрички слышен в лесу дальше, чем в сухой погоду?

Скорость звука в воде в несколько раз больше, чем в воздухе. При тумане в воздухе находится бесчисленное множество мелких капелек воды, улучшающих звукопроницаемость туманного воздуха, отчего шум электропоезда, как и любой другой звук, слышен лучше, чем когда воздух чист, не содержит водяных капелек. Этот эффект можно наблюдать не только в лесу, но и в поле, над озером или над другими поверхностями. Скорость звука зависит от того, в какой среде распространяются звуковые волны: в воздухе она равна 330 м/с, в воде 1500 м/с, а в твердых телах от 2000 до 6000 м/с. Таким образом, при дожде и тумане или при снегопаде, то есть в смеси воздуха с каплями воды или кристалликами льда, она будет несколько больше, чем при сухой погоде (следует учитывать еще и то, что капли и снежинки рассеивают звук). Будет ошибочным упрощать дело, связывая скорость звука с плотностью воздуха. Тем более, что плотность влажного воздуха меньше плотности сухого. Скорость прохождения звуковых волн в воздухе определяется не количеством содержащегося в нем водяного пара, а количеством и размерами капелек воды и кристалликов льда.

20.6. Правда ли, что дождь, при котором на поверхности луж образуются пузырьки, скоро кончается?

Пузырьки на воде во время дождя образуются при ударе падающих дождевых капель о воду, когда под пленку воды,

выплескиваемой наверх, попадает воздух. Чтобы пузыри были достаточно крупными и хорошо заметными и к тому же были способны сохраняться на поверхности воды достаточно долго, чтобы их можно было увидеть, — капли дождя сами должны быть крупными. Крупные капли бывают при ливнях, а ливни, как правило, непродолжительны: ливневой дождь очень сильный, но короткий — он выпадает из отдельных, сравнительно небольших, хотя и сильно развитых по высоте кучево-дождевых облаков. Поэтому замеченная особенность дождя, образующего пузыри на лужах, быстро заканчиваться имеет над собой вполне понятную логическую основу.

20.7. Правда ли, что при грозе скисает молоко?

Да, правда. Это связано, скорее всего, с тем, что тепловым грозам предшествует влажная теплая погода, благоприятствующая развитию молочнокислых бактерий. Само атмосферное электричество, разряды которого происходят при грозе, прямого отношения к скисанию молока, по-видимому, не имеет — ведь молоко не скисает при грозе, когда оно стоит в погребе или в холодильнике, где сохраняется низкая температура, не способствующая развитию молочнокислых бактерий.

20.8. Почему ранней весной в лесу деревья иногда «стреляют»?

Это лопается кора на стволах деревьев, нагреваемых с одной стороны солнечными лучами и остающихся холодными с другой — теневой — стороны. Разность температур в коре дерева создает большие напряжения, в результате чего кора местами разрывается с сильным и резким звуком, напоминающим выстрел.

20.9. Правда ли, что некоторые растения способны выделять вредные вещества?

В местностях, где почва сильно загрязнена промышленными отходами, некоторые растения действительно могут выделять в воздух пары ядовитых веществ. В частности, тростник способен через поры (устьица) выделять пары ртути, в большом количестве содержащиеся в почве, загрязненной промышленными отходами (как это имело место в штате Нью-Йорк в пойме ручья у оз. Онондага, что было установлено исследованиями ученых местного университета Кожуховским и Джонсоном).

20.10. Почему море бывает разного цвета — то веселое, голубое, то грустное, серое?

Цвет поверхности моря, как и воды в озере или реке, зависит главным образом от состояния неба, цвет которого отражается в воде. При ясной солнечной погоде небо — голубое, и такого же «веселого» цвета бывает вода в море; при пасмурном, хмуром небе, которое заволокли облака, и море кажется темным, «грустным».

Но зависимость цвета моря от состояния неба не только в этом. Состояние неба определяет еще и освещенность самой воды, а следовательно, и состав спектра лучей, отражаемых и испускаемых водной поверхностью. Определенную, хотя и не основную, роль играет также то, насколько спокойна водная поверхность и, кроме того, насколько чиста вода, сколько содержится в ней примесей, какие растворены соли и т. п.

20.11. Как снег может согревать землю и растения, ведь он холодный?

Снег, покрывающий землю, подобен одеялу: сам по себе он тепла не дает, но препятствует потере тепла земной поверхностью, уменьшает промерзание почвы и способствует лучшему сохранению корневой системы растений. Благодаря пористости, то есть наличию между снежинками свободного пространства, в котором находится воздух, снег обладает теплоизоляционными свойствами, особенно когда он рыхлый и сухой, или, как говорят, пушистый. В ясные морозные ночи поверхность снега выхолаживается лучеиспусканием в атмосферу и в космическое пространство, но на некоторой глубине в снегу и под снегом температура сохраняется значительно более высокая, чем на его поверхности, и, кроме того, снежный покров препятствует лучеиспусканию прикрываемой им поверхности.

20.12. Почему на берегу моря летом всегда бывает тихо только рано утром и под вечер, а днем, при солнышке, поднимается ветер и волны?

Так бывает довольно часто, хотя и не всегда, потому что вода и суша нагреваются неодинаково быстро и остывают тоже с разной скоростью — вода обладает большей теплоемкостью, медленнее нагревается и медленнее остывает. В ранние утренние часы, когда солнце слегка прогревает землю, температура поверхности моря и температура земли выравниваются; днем суша оказывается теплее воды, а к вечеру, остывая, она снова становится некоторое время нагретой так же, как и вода. Когда нет различия

в температуре воды и суши — не возникает и движение воздуха, стихает ветер, море успокаивается. Днем же быстро прогревающийся над сушей воздух поднимается вверх, а с моря ему на смену приходит более холодный воздух — дует морской бриз; ночью картина меняется: дует ветер с суши на море — береговой бриз. Утром и вечером наблюдаются паузы — непродолжительные затишья в периоды смены направления бризовых ветров.

Такое чередование дневного и ночного ветра, или так называемая бризовая циркуляция, в теплое время года имеет место при устойчивой солнечной погоде, при высоком атмосферном давлении. Когда приходит циклон, он приносит с собой штормовую погоду и бризовые ветры прекращаются.

20.13. Может ли дождь быть соленым на вкус?

Обычно дождевая вода пресная, не имеет никакого специфического вкуса — она свободна от солей, всегда присутствующих в небольшом количестве в колодезной, речной или озерной воде. Но если дождь выпадает в местности, где воздух сильно загрязнен промышленными выбросами, то дождевые капли могут поглощать и растворять различные химические вещества, содержащиеся в загрязненном подоблачном воздухе. В этом случае дождевая вода может оказаться слегка «подкисленной». Еще более «кислыми» могут быть дожди, выпадающие из облаков, сформировавшихся над индустриальными районами, когда мельчайшие капли облачной влаги превращаются в носители окислов серы и других загрязнителей атмосферы, а дожди из таких облаков становятся тоже загрязнителями местности, где они выпадают. Кислые, или, как их еще называют ученые, кислотные, дожди, выпадая в изобилии над Скандинавией, куда они приходят с облаками из Англии и Западной Германии, стали причиной заметного уменьшения количества пресноводной рыбы в реках и озерах Швеции и Норвегии.

В приморских районах и на островах в океане иногда выпадают по-настоящему соленые дожди. Это случается при всасывании в облака морской воды, когда над морем возникает смерч.

20.14. Какая сила поднимает морскую воду в облака при смерче?

Смерч всасывает воду (а с нею иногда и рыбок или лягушек из прудов на суше) потому, что в центральной части вихря, образующего смерч, давление сильно пони-

жается, а кроме того, большая скорость кругового вращения воздуха в смерче создает эффект восходящего движения, увлекающего вверх капли воды и различные предметы на поверхности земли или воды, над которой проходит смерч.

20.15. Правда ли, что из облаков могут вместе с дождем выпадать и монетки?

Такие случаи действительно бывают, хотя и чрезвычайно редко: это может произойти, когда смерч пройдет над местом, где рассыпаны деньги или находится неглубоко зарытый клад... Много ли таких мест на Земле? Чаше, чем деньги, из облаков могут выпадать пыльца сосны, споры растений, мучнистые лишайники, внешне напоминающие манную крупу... Таким образом, с неба могут сыпаться не только монеты, но и «манна небесная», то есть все, что облачный вихрь смерча или торнадо удосужился поднять с земной поверхности в воздух.

20.16. Почему море замерзает по-разному: иногда оно покрыто сплошным ровным льдом, а иногда пятнами — ледяными блинами?

Замерзание морской воды, содержащей более 3% растворенной в ней соли, — сложный процесс, требующий охлаждения не только верхнего слоя воды, но и воды на глубинах.

При спокойном состоянии моря этот процесс развивается одинаково на большой площади, и море покрывается ровной тонкой ледяной коркой на большом пространстве, где вода выхолодилась, достигнув температуры замерзания. Образуется ледяной покров серого цвета — нилас. Это эластичный лед, он способен даже изгибаться при не очень большом волнении, которое приходит из открытой части моря. Со временем он окрепнет, станет толще, превратится в так называемый молодой, покроется снегом и станет обычным морским льдом.

При беспокойном море толща воды охлаждается не на большой площади сразу, а лишь пятнами, в отдельных точках, удаленных одна от другой. Там, где нужное охлаждение достигнуто, возникает ледяное пятно — блин, — окруженное не замерзшей еще водой; поодаль будет другой подобный блин, за ним еще и еще... Образуется поле блинчатого льда. Через какое-то время блины смерзнутся и лед все-таки станет сплошным, но не сразу,

не раньше, чем охлаждение воды в море станет повсеместным.

20.17. Какой лед на море называют склянкой и почему?

В устьях больших северных рек, где на поверхности моря бывает слой пресной речной воды, при наступлении холодов возникает тонкий прозрачный лед, который при продвижении судна легко ломается с характерным звуком бьющегося стекла. За это моряки и прозвали такой лед склянкой.

20.18. Может ли затонувший в море предмет всплыть, когда замерзнет море, и потом плавать вместе со льдинами?

Сами по себе затонувшие в море предметы не всплывают, но бывают случаи, когда при сильном перемешивании толщи морской воды течениями или волнением образование льда происходит не у поверхности воды, а на дне, и донный лед, всплыв, иногда поднимает с собой вмержшие в него предметы, лежавшие на дне. Иногда с донным льдом поднимаются куски морского грунта.

20.19. Как перелетные птицы узнают дорогу?

Специальные исследования показали, что разные птицы по-разному ориентируются в пути. Некоторые птицы используют для ориентировки хорошо различимые с воздуха крупные постоянные ориентиры: побережья морей, горные цепи, речные долины, вдоль которых лежит маршрут их перелетов. Есть птицы, которые ориентируются по солнцу, есть птицы, совершающие перелеты в ночное время и ориентирующиеся по звездам (например, журавли). Отдельные виды птиц способны ориентироваться и при облачной погоде, когда скрыты и солнце, и звезды. Они находят направление полета по магнитным силовым линиям магнитного поля Земли; для этого у них в организме есть своеобразный чувствительный компас. Ученые считают, что птицы обладают несколько иными по сравнению с человеком органами чувств — они видят, слышат и ощущают окружающий их мир иначе, чем мы. Есть птицы, чувствительные к звуковым волнам большой длины, излучаемым морскими волнами прибоем, другие — к ультрафиолетовому излучению и т. д. Это позволяет им ориентироваться на местности в условиях, кажущихся нам неприемлемыми.

20.20. Как перелетные птицы избегают встречи с непогодой?

Установлено, что птицы чутко реагируют на изменения погоды над местностью, где они пролетают. Так, спасаясь от жары над Сахарой, они увеличивают высоту полета до 2000 м, а облачность в горных районах обходят верхом, на высоте более 5000 м. (Гуси, пролетая над Гималаями, поднимаются до высоты около 9000 м!)

Некоторые птицы, улетающие осенью из Европы в Африку, чтобы не быть застигнутыми непогодой в море, где нет возможности переждать ее на земле, избегают пересекать Средиземное море на его широких участках и летят через Гибралтар, Апеннинский полуостров в Сицилию, Балканский полуостров.

Однако изучение перелетов птиц показало, что далеко не всегда они способны избежать встречи с непогодой. Не раз находили погибших птиц, застигнутых пыльной бурей над пустынями, штормами над морем и т. д. Гибнут птицы и при попытках обойти зону плохой погоды.

20.21. Почему на земле при первых морозах иногда образуются ледяные цветы?

Узоры из кристалликов льда в форме листьев растений или цветов образуются на теплой, слегка влажной почве при резком похолодании. Это чаще всего случается на рыхлой обнаженной почве, в местах выхода теплого почвенного воздуха. Содержащаяся в воздухе влага быстро охлаждается и замерзает, кристаллы льда при этом располагаются группами, образуя причудливые узоры, называемые инеевыми цветами.

20.22. Как возникают пушистые иголки на деревьях зимой и как их правильно называть: инеем или изморозью?

Иней и изморозь — две разновидности твердых кристаллических осадков из морозного воздуха. В отличие от обычного снега их выпадение не связано с облаками и может происходить при ясной погоде. Иней возникает на поверхности почвы, травы, снежного покрова, различных предметов, обладающих малой теплопроводностью, в ясную, тихую погоду, когда происходит сильное выхолаживание земной поверхности и ее температура становится ниже температуры воздуха. Водяной пар, содержащийся в воздухе, на поверхности многих тел из газообразного состояния переходит прямо в твердое, минуя жидкую стадию, — происходит его сублимация; при этом обра-

зуются кристаллики льда в форме шестиугольных призм, пластинок и тупоконечных игл. Иней может отлагаться и на ветвях деревьев, но они не выглядят такими пушистыми и нарядными, как это бывает при другой форме кристаллических осадков — изморози. Изморозь — также продукт сублимации водяного пара в морозном воздухе. Но она образуется при оседании уже имеющихся в воздухе ледяных кристаллов на тонких и длинных предметах — веточках деревьев, проводах линий электропередачи и т. п. Это бывает чаще всего при тумане и слабом ветре и температуре воздуха ниже -15°C . Кристаллы льда длиной обычно около 1 см, а нередко и в несколько сантиметров, оседают на наветренной стороне ветвей деревьев, проводов или прутьев металлических оград, образуя пышную красивую бахрому, придающую нарядный вид деревьям, лишенным листвы в зимнюю пору. При сильном ветре и густом тумане зимой, что чаще бывает в горах, изморозь может отлагаться и в виде снежных зерен, образующих прочный, довольно плотный покров с наветренной стороны тонких предметов. Снеговидный, рыхлой структуры лед при такой форме отложения изморози может представлять серьезную опасность для проводных линий связи — они нередко обрываются под тяжестью льда.

20.23. Правда ли, что спасти от заморозка цветущую яблоню можно, поливая ее водой?

Опытные садоводы считают опрыскивание цветущих деревьев при заморозках эффективным средством спасения урожая: обладая большой теплоемкостью, вода, охлаждаясь, замедляет охлаждение воздуха и поверхности растений, кроме того, и это главное, когда начинается замерзание воды, происходит выделение скрытой теплоты льдообразования (каждый грамм замерзающей воды выделяет 320 Дж тепла). Выделяющегося тепла оказывается достаточно, чтобы сохранить до утреннего солнца яблоневый цвет живым. Но полив деревьев водой должен быть обильным и будет тем успешнее, чем слабее и короче по времени заморозок.

20.24. Как мороз сушит висящее на улице белье?

Чем сильнее мороз, тем меньше в воздухе водяного пара, то есть тем суше воздух, из которого весь избыток влаги удаляется сублимацией, процессом перехода пара в ледяные кристаллики. В сухом морозном воздухе мокрое белье сперва «замерзает», вся вода превращается в лед,

который затем постепенно испаряется из ткани благодаря все той же сухости воздуха. Однако некоторое количество замерзшей воды все же сохраняется, что становится заметным, когда белье снова попадет в теплое помещение, где оттаивает и становится слегка влажным, но отнюдь не мокрым. При температуре воздуха несколько выше нуля, когда нет сублимации, то есть «вымораживания», процесс сушки будет очень длительным и малоэффективным.

20.25. Почему температуру воздуха измеряют в специальной будке?

Температура воздуха — это степень его нагретости, определяемая по тому, как воздух нагревает ртуть или спирт в термометре. Для этого термометр должен свободно обдуваться воздухом и быть защищенным от прямого нагревания солнечными лучами. Если же на термометр будут попадать лучи солнца, то он покажет не температуру воздуха, а температуру нагреваемой солнцем ртути или спирта. Нельзя термометр держать и на поверхности почвы, так как он будет показывать температуру последней. Поэтому для измерения температуры воздуха условились держать термометр на высоте 2 м от поверхности земли, на стандартной подставке в деревянной жалюзийной будке, то есть в условиях тени и свободного воздухообмена.

20.26. Как научиться «читать небо»?

Умение разбираться в погоде по состоянию неба может прийти в результате длительных и систематических наблюдений за погодой, которые доступны тем, кто по роду своей деятельности проводит большую часть времени на открытом воздухе, или же — что доступно всем — в результате вдумчивого изучения основ метеорологии, и в частности ее разделов об облачности, оптических явлениях и местных признаках погоды. И в том, и в другом случае необходим некий минимум наблюдательности, навыков в анализе и сопоставлении фактов, критического и объективного отношения к результатам своих наблюдений и их обобщения.

Облака изучать не так трудно, если удастся раздобыть Атлас облаков, которым пользуются метеорологи, и потренироваться некоторое время в определении основных форм облачности, наблюдающихся на небе в разное время дня и в разные сезоны. Можно научиться распознавать облака и в кружках при Домах пионеров или в школьных метеорологических кружках, руководимых метеоспециалистами. Отсутствие популярных учебных пособий по метеороло-

гии затрудняет самостоятельное изучение основ этой науки, поэтому для получения первоначальной метеорологической подготовки лучше всего обратиться в те же кружки или к знакомым метеорологам, людям, имеющим специальное метеорологическое образование. Следует избегать пользоваться помощью или советами неспециалистов во избежание разочарований.

20.27. Могут ли старые и больные люди предсказывать погоду по изменениям своего самочувствия?

В ряде случаев могут, но этой способностью обладают далеко не все старые и не все больные, а кроме того, это умение распространяется не на все изменения погоды, а лишь на некоторые, главным образом связанные с резким ухудшением ее. Предшествующее таким изменениям погоды сильное падение давления, перемена направления ветра, колебания температуры, влажности воздуха, концентрации ионов болезненно ощущается ослабленным организмом и дает о себе знать различными симптомами вроде ломоты в костях у одних, болей в пояснице — у других, головных болей или учащенного сердцебиения — у третьих и т. д. Некоторые болезненно реагируют на быстрое повышение атмосферного давления, предшествующее приходу антициклонической, обычно холодной, погоды. Есть люди, чувствительные к атмосферному электричеству, повышенной влажности воздуха, высокой температуре. Изменения самочувствия сугубо индивидуальны и с изменениями погоды могут быть связаны по-разному.

20.28. Почему облака на небе иногда движутся в разные стороны?

Движение облаков в разных направлениях можно наблюдать в тех случаях, когда они не сплошные, располагаются на разных уровнях, а ветер на разной высоте имеет различное направление. Облака в воздухе перемещаются по воздушному потоку, а он с высотой изменяется иногда не очень заметно, а иной раз — на очень значительный

88. Схема (вверху) и пример (внизу) нанесения информации в дневнике погоды

В примере половина небосвода закрыта облаками (облачность 5 баллов), ветер северный 12 м/с, в срок наблюдения дымка, между сроками наблюдения был туман, температура воздуха 15°С, точка росы 10°С, атмосферное давление 760 мм рт. ст.

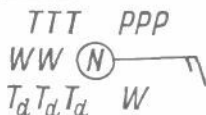
угол, легко фиксируемый зрительно, без всяких приборов.

Причин изменения направления и скорости ветра с высотой несколько: в нижнем полуторакилометровом слое — это уменьшение трения воздушного потока о земную поверхность (ветер с высотой по мере ослабления трения усиливается и постепенно поворачивает вправо на несколько десятков градусов, обычно не более чем на 30—40°); на более высоких уровнях он под влиянием горизон-

Число _____ месяц _____ год _____

часы _____ минуты _____

пункт наблюдения _____



- ⊙ общее количество облаков на небосводе,
- полная облачность,
- ◐ 3/4 небосвода покрыто облаками,
- ◑ 1/4 небосвода покрыта облаками,
- облаков нет,

направление и скорость ветра (стрелка указывает, откуда дует ветер; одно большое перо соответствует 5 м/с; малое — 2,5 м/с, треугольник — 25 м/с),

TTT температура воздуха, °С,

$T_d T_d T_d$ точка росы, °С,

PPP атмосферное давление (мм рт. ст.),

W погода между сроками наблюдения, WW погода в срок наблюдения

≡ туман,

= дымка,

∞ мгла,

⊞ гроза,

⬆ град,

∞ гололед,

∞ видимость ухудшена из-за дыма,

Δ ледяной дождь, осадки ливневые:

∇ дождь,

∇ снег;

осадки обложные:

•• слабый дождь,

•• умеренный дождь,

•• сильный дождь,

∩∩ слабая морось,

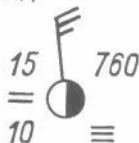
∩∩ умеренная морось,

∩∩ сильная морось,

*• слабый снег,

*• умеренный снег,

*• сильный снег .



тального распределения температуры испытывает левое или правое вращение, усиливается или ослабевает, может даже изменить направление на противоположное.

Метеорологи знают, что с высотой при переносе тепла ветер постепенно поворачивает вправо, при переносе холода — влево. В целом же он всегда подчиняется простому закону: дует вдоль линий равного давления — изобар, оставляя область низкого давления слева. Положение изобар с высотой изменяется в соответствии с горизонтальным распределением температуры воздуха.

Там, где есть высокие трубы ТЭЦ или других промышленных предприятий, в ясные дни иногда удается увидеть, как дым из труб различной высоты движется не в одном, а в разных направлениях. Объяснение этого явления то же самое.

20.29. Как удобнее всего вести дневник погоды?

Наиболее рациональный в смысле затрат времени и бумаги способ ведения дневника погоды (как по собственным наблюдениям, так и по данным, сообщаемым по радио) заключается в использовании символов и системы обозначений характеристик погоды, принятых при составлении синоптических карт. Чтобы овладеть таким удобным способом ведения дневника погоды, достаточно изучить несколько значков для разных метеорологических явлений и усвоить схему их расположения вокруг кружка, обозначающего пункт наблюдений.

Схема показана на рис. 88. Приводимый на том же рисунке пример дает представление об информации о погоде, даваемой таким способом (для упрощения данные о температуре воздуха и атмосферном давлении на рисунке даны целыми числами, без десятых долей, сообщаемых на современных картах погоды).

20.30. Почему из одних облаков выпадает дождь, а из других нет?

Дождь, как и другие осадки (снег, морось, крупа, град), выпадает из тех облаков, которые перестали быть устойчивыми, то есть не могут удерживать во взвешенном состоянии водяные капли или ледяные кристаллы, из которых состоят. Неустойчивым облако становится, когда перестает быть однородным по своей структуре и размерам формирующих его облачных элементов — тех же капелек воды и ледяных кристалликов.

Облака целиком кристаллические, например перистые, которые находятся на значительной высоте, где темпе-

ратура постоянно ниже -40°C , или же состоящие только из капелек воды одинакового размера, например плоские кучевые (так называемые облака хорошей погоды) однородны и по структуре, и по размерам облачных элементов. Из них осадки не выпадают вообще.

Облака однородные только по своей структуре, состоящие либо из одних ледяных кристаллов, либо из одних водяных капель, но неоднородные по размерам облачных элементов, могут давать осадки, но незначительные: в виде отдельных небольших капель дождя или снежинок, слабой мороси.

Сильные осадки, как ливневые, так и обложные, выпадают из облаков смешанной микрофизической структуры, неоднородных и по размерам облачных элементов. Такими являются кучево-дождевые и слоисто-дождевые облака, состоящие из водяных капель всех размеров (от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров в диаметре) и из ледяных кристаллов. Из-за разной упругости насыщения водяного пара над водой и над льдом, а также над поверхностью крупных и мелких водяных капель, в таких облаках происходит рост одних облачных элементов за счет испарения других и складываются благоприятные условия для слияния капелек воды, слипания кристалликов льда, сталкивающихся друг с другом и становящихся более крупными и тяжелыми. Увеличение массы облачных элементов способствует ускорению их выпадения из облака, преодолению силы вертикальных токов в облаке, удерживавшей их во взвешенном состоянии в облачном воздухе.

Выпадая из облака, капли и кристаллы устремляются к земной поверхности и достигают ее в виде осадков — дождя, снега, мороси и т. п.

О ПОГОДЕ ДЛЯ САМЫХ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ



В метеорологии есть много вопросов, представляющих интерес почти исключительно для метеорологов-профессионалов. Однако некоторые из этих вопросов оказались близкими к проблемам других наук; их нередко задают люди, хотя и далекие от метеорологии, но вникающие в те или иные разделы ее настолько глубоко, что возникает необходимость освещения деталей, лежащих за пределами обычной любознательности неспециалистов.

Попробуем выделить из круга вопросов, касающихся отдельных деталей науки о погоде, те, которые можно объединить под условным названием «для самых любознательных». Самыми любознательными некоторые мои коллеги-метеорологи склонны считать тех, кто хотел бы знать о погоде больше того, что сегодня известно о ней науке... Такое желание нельзя осуждать, его скорее можно приветствовать, сколь бы ни было трудно его удовлетворить.

Итак, кое-что о погоде, может быть, не представляющее интереса для всех, но способное привлечь внимание самых любознательных

21.1. Кто заложил первый камень в здание науки о погоде?

Установить достаточно достоверно, кто первым пришел к мысли, что погоду следует рассматривать как предмет науки, а не порождение божьей воли, — сейчас не представляется возможным. Известно, что уже у Аристотеля, жившего в IV веке до нашей эры, автора первой книги под названием «Метеорологика», были не оставившие нам своих имен предшественники, давшие название этой нау-

ке. Однако великий грек был, пожалуй, первым, кто придал метеорологии значение самостоятельной науки, и первым, кто сформулировал идею о зависимости погоды от направления ветра и дал обоснование этому основополагающему камню фундамента науки о погоде.

21.2. Кто был первым ученым, заложившим фундамент научного предсказания погоды?

Им следует считать директора Парижской астрономической обсерватории Урбана Леверье, который, выполняя поручение французского правительства после катастрофической бури 14 ноября 1854 года в Балаклаве, составил 19 февраля 1855 года первую карту погоды. На заложенном Леверье фундаменте трудами многих сотен ученых на протяжении 125 лет возводилось здание современных методов научного прогнозирования погоды. Возведение здания заключалось в поисках все более точного решения физической задачи, называемой прогнозом погоды.

21.3. Какие идеи лежат в основе современной теории прогноза погоды?

Через 50 лет после реализации идеи Леверье о составлении карт погоды, дающих возможность одновременно рассматривать погоду на большом пространстве, норвежские метеорологи отец и сын Вильгельм и Якоб Бьеркнес стали рассматривать задачу предсказания погоды с точки зрения математики и механики, то есть решая уравнения гидромеханики, которые описывают состояние атмосферы. Ими и их последователями из так называемой Бергенской школы были разработаны важнейшие вопросы синоптических методов прогноза погоды, опирающиеся на теорию развития циклонов на атмосферных фронтах как поверхностях раздела между различными воздушными массами. В начале 20-х годов нашего столетия был сделан очередной важный шаг для решения проблемы предсказания погоды на основе численного решения уравнений гидромеханики, то есть путем прямого предвычисления будущего состояния погоды. Сделал этот шаг английский ученый Льюис Ричардсон, и хотя его постигла неудача — первая попытка предвычисления не увенчалась успехом, сама идея оказалась жизненной. Она нашла продолжателей в лице советского гидродинамика А. И. Кибеля, предложившего в 1940 году принципиальные упрощения для решения системы уравнений и обосновавшего возможность введения этих упрощений без ущерба для точности решений задачи на срок до 72 ч, то есть в пре-

делах трех суток. Последующие решающие шаги в разработке гидродинамической теории прогнозов погоды были сделаны в конце 40-х годов советским ученым академиком А. М. Обуховым и американским ученым Дж. Чарни, которые довели решение задачи предвычисления погоды до практической реализации, ставшей возможной с появлением ЭВМ. Сегодня во всем мире метод предвычисления давления ветра и температуры с помощью ЭВМ используется очень широко, он лежит в основе всех методов составления краткосрочных прогнозов погоды.

Предвычисление погоды на длительные сроки, превышающие неделю, остается пока задачей, ожидающей своего решения. Последнее нуждается в разработке отдельной теории, которая бы учитывала развитие принципиально иных процессов в атмосфере, которые определяют состояние погоды на более длительные промежутки времени.

21.4. Какова предсказуемость погоды и чем она определяется?

Пределы возможности предвидеть будущее состояние погоды различны как для отдельных метеорологических величин и явлений, так и для атмосферных процессов, определяющих изменения погоды. Поэтому дать общую оценку предсказуемости погоды практически невозможно. К тому же следует различать возможности прогнозирования в качественной форме и возможности предвычисления, когда дается количественный прогноз. В самом общем виде предсказуемость зависит от заблаговременности составления прогноза, уменьшаясь с увеличением последней. Она также зависит от точности и полноты исходных данных, по которым составляется прогноз или которые используются для предвычисления погоды. Наконец, предсказуемость зависит и от масштабов процессов, развитие которых должно быть определено при составлении конкретного прогноза.

Таким образом, можно сделать вывод, что предсказуемость погоды в принципе ограничена: во-первых, заблаговременностью составления и продолжительностью действия прогнозов, во-вторых, полнотой и точностью информации об исходном состоянии погоды и, в-третьих, размерами пространства, для которого составляется прогноз, то есть масштабами процессов, какие определяют изменения погоды в интересующем нас пространстве. Во всех трех случаях можно определить предсказуемость с помощью ЭВМ: задавая последовательно сроки действия

прогноза, полноту исходной информации и масштабов процессов, можно получить искомые показатели предсказуемости. Очевидно, это будут какие-то осредненные показатели с пределами возможных отклонений для процессов различной интенсивности и характера.

21.5. Можно ли оценить экономический эффект работы службы погоды?

В 70-х годах экономический эффект работы оперативных подразделений Государственного комитета по гидрометеорологии и контролю природной среды по предупреждению только стихийных бедствий оценивался суммой, в четыре раза превышающей все расходы, связанные с содержанием всех учреждений Комитета. Таким образом, каждый рубль расходов на бюджет Госкомгидромета окупается по крайней мере четырьмя рублями. А к сегодняшнему дню эффективность гидрометеорологического обеспечения различных отраслей народного хозяйства возросла еще больше.

21.6. Какова высота циклонов и антициклонов?

Крупномасштабные вихри в атмосфере, какими являются циклоны и антициклоны, могут иметь самую различную высоту распространения от земной поверхности: от 1 до 100 км. В зависимости от вертикального развития их принято делить на приземные (до 1 км), низкие (от 1 до 3 км), средние (от 3 до 5 км) и высокие (развитые выше 5 км, то есть прослеживающиеся в верхней тропосфере).

Циклоны и антициклоны, прослеживающиеся выше тропопаузы, то есть в стратосфере, называют стратосферными, в отличие от образований под тропопаузой, имеющих общее название тропосферных. Последних в природе большинство.

Но бывают атмосферные вихри, развитые от поверхности земли до очень больших высот, их циркуляция сохраняется не только в нижней, но и в верхней стратосфере. Таковыми часто бывают зимние полярные циклоны, иногда значительно выше тропопаузы простираются и мощные антициклоны.

Летом, во время полярного дня, над высокими широтами в стратосфере обычно формируются обширные антициклоны, не прослеживающиеся в нижней тропосфере. Такого типа атмосферные вихри называют высотными. Высотными бывают и циклоны. Высотные циклоны и ан-

тициклоны могут формироваться даже за пределами стратосферы — в мезосфере. Высотные циклоны и антициклоны не следует путать с высокими — развитыми и у поверхности земли, и на высотах.

21.7. Можно ли считать современный климат единственно возможным на Земле?

Современная теория климата Земли рассматривает климатическую систему нашей планеты состоящей из цепи сложных звеньев — атмосферы, океана, льдов, суши, биосферы. В этой системе множество переплетающихся прямых и обратных связей, она, как говорят, имеет большое число степеней свободы и при данных внешних условиях может иметь множество состояний с равной вероятностью их возникновения. Это значит, что современный климат — не единственно возможный на Земле. Он в далеком прошлом был иной и может стать иным и в будущем, и для этого необязательно изменение внешних условий. Однако следует помнить важное практическое обстоятельство: изменения климата не происходят мгновенно, они требуют для своего утверждения многих тысячелетий...

При этом гипотеза неединственности земного климата не снимает проблемы возможного антропогенного изменения климата, сохраняя полностью ее актуальность и чрезвычайную практическую важность.

21.8. Что такое климатический мониторинг?

Советская национальная программа исследований климата Земли, утвержденная в 1978 году, в числе пяти основных направлений предусматривает обоснование климатического мониторинга, то есть системы непрерывного сбора, анализа и оценки данных, определяющих состояние климата и его изменений во времени и в пространстве. Эта программа является составной частью Международного климатического мониторинга, который осуществляется ВМО в рамках Всемирной климатической программы. Одной из задач мониторинга является оценка возможности антропогенных изменений климата в связи с тепловым и химическим загрязнением атмосферного воздуха, с влиянием различных факторов на химический состав атмосферного воздуха, на распределение компонентов радиационного баланса системы Земля — атмосфера. Климатический мониторинг должен способствовать решению проблемы прогноза климата, то есть определения возможных глобальных изменений климата в будущем, как ко-

роткопериодных, вызывающих экстремальные климатические явления, так и длительных, в масштабах многих столетий.

21.9. Что такое моделирование атмосферных процессов и что достигается с его помощью?

Моделирование атмосферных процессов — сравнительно новое и перспективное направление метеорологических исследований, основанное на применении математических моделей атмосферы и климата Земли. Модель атмосферы, правдоподобно воспроизводящая ее среднее состояние, позволяет рассматривать и возможные изменения этого состояния в результате тех или иных изменений отдельных факторов, влияющих на развитие атмосферных процессов и состояние земного климата. Модели атмосферных процессов могут быть различной сложности. Одна из первых и простейших математических моделей была предложена в 1956 году американским ученым Н. Филлипсом. Она относительно близко к действительности воспроизводила ряд основных особенностей реальной атмосферы. В настоящее время известно несколько значительно более сложных и лучше отражающих реальные условия моделей, разработанных как советскими, так и зарубежными учеными. Среди них можно упомянуть трехмерную, или многоуровневую, модель, используемую в практике предвычисления погоды и в теоретических исследованиях изменений климата.

21.10. Что такое аэрономия?

Аэрономия — наука о верхней атмосфере, о ее строении и происходящих в ней микропроцессах. Она занимается изучением распределения с высотой плотности и температуры, а также давления газов на высотах 100 км и более. Кроме того, аэрономия изучает концентрацию заряженных частиц — ионов, образующих ионосферу (как обычно называют радиопизики верхнюю атмосферу, известную в метеорологии под названием гетеросферы). При изучении микропроцессов в верхней атмосфере аэрономия уделяет основное внимание ионизации и диссоциации частиц атмосферного газа, химическим превращениям одних частиц в другие. Таким образом, аэрономия — родственная метеорологии научная дисциплина, но занимается она несколько иными проблемами. Если метеорологов в верхней атмосфере интересуют прежде всего крупномасштабные процессы — формирование воздушных течений, возникновение волновых возмущений, коле-

бания состояния основных физических характеристик главным образом нижних слоев атмосферы (тропосферы и стратосферы), то для аэронавигации интерес представляют более высокие слои начиная с мезосферы, а в еще большей степени — термосфера и экзосфера.

21.11. Насколько устойчиво состояние верхней атмосферы?

Состояние атмосферы на больших высотах подвержено очень значительным колебаниям в зависимости от времени суток, солнечной активности, сезона и широты места. Практически приходится говорить не столько об устойчивости, сколько о неустойчивости верхней атмосферы: так, на высоте 300 км плотность воздуха ото дня к ночи может изменяться в три-четыре раза, а на высоте 600 км — даже в 10 раз! На высотах более 150 км, в термосфере, температура воздуха днем может достигать 1500—2000 К, а ночью она может быть в два раза ниже, «всего» 700—1000 К.

21.12. Что такое турбопауза?

Турбопаузой называют область перехода от гомосферы к гетеросфере, то есть из слоя активной турбулентной диффузии и неизменного состава воздуха в слой молекулярной диффузии, в котором с высотой относительное содержание легких газов увеличивается, а тяжелых — уменьшается, и, таким образом исчезает однородность состава воздуха. Высота турбопаузы — около 100 км, она может колебаться от 95 до 110 км.

21.13. Что такое суточная инсоляция?

Это суточная сумма тепла, получаемая на земной поверхности с учетом угла наклона ее к солнечным лучам и в условиях отсутствия воздуха, то есть атмосферы. Поскольку любая точка земной поверхности за сутки описывает полную окружность, то величина суточной инсоляции не зависит от долготы места, а только от широты. На экваторе она от сезона к сезону изменяется сравнительно мало — от 3729 до 3311 Дж/сут, а на полосах — очень сильно: от 4502 Дж/сут в момент летнего солнцестояния до 0 в период полярной ночи.

21.14. Есть ли разница в величинах инсоляции северного и южного полушарий Земли?

Годовые суммы инсоляции обоих полушарий приблизительно одинаковые, но сезонные различия существен-

ны: летом северного полушария Земля находится у афелия своей орбиты, на наибольшем расстоянии от Солнца, и северное полушарие летом получает меньше солнечного тепла, чем южное, находящееся в свой летний сезон в лучших условиях облучения, так как Земля в это время находится у перигелия орбиты, то есть на наименьшем расстоянии от Солнца. Зато зимой инсоляция северного полушария больше, чем инсоляция южного полушария.

21.15. Что такое энтальпия воздуха?

Это количество тепла, заключенное во влажном воздухе, то есть суммарное теплосодержание сухой части воздуха и смешанного с ним водяного пара. В биометеорологии в отличие от физики, где энтальпия — тепловая функция воздуха, или просто теплосодержание, это понятие служит для оценки физиологического комфорта живых существ. Она выражается в калориях в секунду, то есть в тех же физических единицах, что и скорость обмена веществ теплокровных животных.

21.16. Насколько устойчивы полярные льды?

Полярные льды называют маятником земного климата — его раскачивание дестабилизирует климат Земли, делает его неустойчивым в силу большой отражательной способности льдов и сильной зависимости теплового баланса земной поверхности от размеров площади, занятой льдами... Поэтому вопрос об устойчивости полярных льдов — решающий при оценке устойчивости земного климата. Однако мнения ученых об устойчивости полярных льдов расходятся. Определить масштабы потепления атмосферы, необходимого для исчезновения полярных льдов, очень трудно, особенно когда речь идет о льдах Арктики. По одним оценкам, для того чтобы растаяли полярные льды, достаточно устойчивого повышения температуры воздуха на несколько градусов. По другим оценкам, для этого понадобится повышение температуры воздуха не менее чем на 5°C , а для арктических льдов — и того больше (в районе Северного полюса даже на 20°C).

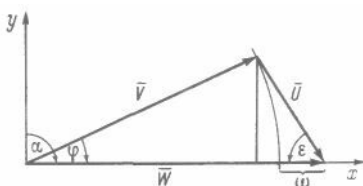
Хотя благодаря постоянному притоку пресной речной воды в арктические воды поверхность последних способна быстро охлаждаться и формирование морских льдов в Арктике происходит иначе, чем в Антарктике, все же трудно себе представить возможность сохранения арктических льдов при летних температурах воздуха, близких к 20°C , а зимних — около -10°C !

21.17. Что такое расчетные метеорологические характеристики?

В метеорологии помимо измеренных значений состояния воздуха широко используются и так называемые расчетные характеристики, которые вычисляются, а не измеряются. Некоторые из них являются чисто теоретическими величинами. Например, помимо обычного ветра существует понятие эквивалентного ветра (рис. 89), который непосредственно не может быть измерен, его можно только вычислить. Это расчетный ветер, всегда направленный вдоль маршрута полета и оказывающий такое же влияние на путевую скорость самолета, как и фактический ветер. Известно несколько расчетных температур воздуха: эквивалентная, потенциальная, виртуальная, молярная и др. Эквивалентная температура соответствует той температуре воздуха, которую он имел бы после конденсации всего содержащегося в нем водяного пара при неизменном атмосферном давлении. Потенциальная температура — это температура, приведенная по сухоадиабатическому закону (без притока тепла извне) к давлению, равному 1000 гПа. Виртуальная температура — это температура сухого воздуха при данном давлении, если бы его плотность была такая же, как и плотность данного влажного воздуха, и т. д. Есть расчетные значения влажности (абсолютной, удельной, относительной), температуры туманообразования, упругости водяного пара, точки росы и т. п. Известны также расчетные средние климатологические характеристики (суточные, декадные, месячные, сезонные, годовые, экстремальные и др.)

21.18. Что такое точка росы и где она используется?

Температура, при которой воздух достигает состояния насыщения при данном содержании в нем водяного пара и при неизменном давлении, называется точкой росы. Это важная характеристика состояния воздуха, позволяющая оценить его влажность, возможность возникновения тумана или облаков, а также вероятность облед-



89. Эквивалентный ветер

w — путевая скорость, v — воздушная скорость, \bar{u} — скорость ветра, w — скорость эквивалентного ветра, ϵ — угол ветра, ϕ — угол сноса, α — путевой угол

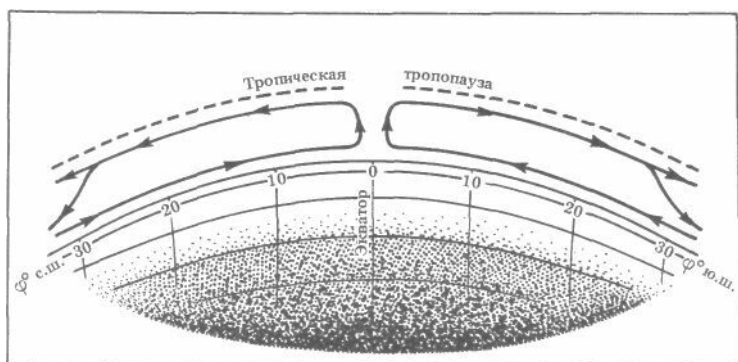
нения самолетов при полетах в облаках и ряд других показателей, необходимых в практике метеорологического обеспечения нужд народного хозяйства.

21.19. Что такое термический экватор?

Линию, соединяющую точки с максимальной температурой воздуха на ежедневных картах погоды низкоширотной зоны Земли, в метеорологии принято называть термическим экватором. На средних годовых картах температуры земного шара термический экватор оказывается приблизительно совпадающим с положением параллели 5° с. ш. Несовпадение его положения с настоящим экватором (географической широтой 0°) объясняется тем, что в северном полушарии больше материков, чем в южном, и очень высокая температура воздуха субтропических пустынь северного полушария делает северные тропики на 2° С теплее южных тропиков. Летом северного полушария термический экватор оказывается примерно у 20° с. ш., а летом южного полушария — у 5° ю. ш. Это положение термического экватора примерно соответствует положению оси экваториальной депрессии — области относительно низкого атмосферного давления приэкваториальных широт.

21.20. Что такое ячейка Гадлея?

Английский ученый Гадлей в 1735 году дал объяснение пассатной циркуляции, механизм которой получил название ячейки Гадлея (рис. 90). Это упрощенная модель циркуляции воздуха в тропической зоне, согласно



90. Ячейка Гадлея

которой избыток тепла вблизи экватора превращается в кинетическую энергию: значительная часть тепла расходуется на испарение и переносится вместе с движущимся воздухом в виде скрытой теплоты, реализуемой при конденсации водяного пара. Над экватором происходит подъем воздуха: на высотах — его отток к субтропикам, а у земной поверхности — возвращение в виде пассатных ветров снова к экватору.

21.21. Что такое ведущий поток в атмосфере?

Синоптики называют ведущим потоком ветер в средней или верхней тропосфере, направление которого определяет перемещение циклонов и антициклонов и других синоптических объектов. Его высота зависит от распространения вверх этих крупномасштабных вихрей, которые смещаются со скоростью, пропорциональной скорости ведущего потока и равной 0,5—0,9 этой скорости в зависимости от уровня, на котором она определяется. Низкие барические системы подчиняются ведущему потоку средней тропосферы на высоте 3—5 км, развитые выше 5 км — потоку на более высоких уровнях. Циклоны и антициклоны, развитые до стратосферы, обычно малоподвижны, для них понятия ведущего потока не существует.

21.22. Почему циклоны приносят с собой плохую погоду?

Атмосферные вихри большого масштаба с низким давлением в центре, называемые циклонами, как правило, приносят с собой сложные условия погоды — облачность, осадки, усиление ветра, нередко характерные сезонные явления, такие, как грозы, метели, туманы, гололед и пр. Это связано с особенностями распределения давления и характером циркуляции воздуха. Под влиянием трения в нижних слоях атмосферы в циклоне наблюдается движение воздуха, помимо кругового, еще и от периферии к центру, и поэтому возникает постоянное вертикальное, восходящее, движение воздуха и его охлаждение по мере подъема. Воздух, охлаждаясь, становится влагонасыщенным, в нем образуются облака, дающие осадки и многие другие явления погоды, называемой ненастной. В циклонах умеренных широт, кроме того, благоприятные условия для возникновения атмосферных фронтов, на которых условия погоды всегда очень сложные. Добавим к сказанному, что в циклонах, особенно вблизи их центров, всегда велика разность давления между центром и периферией (то есть велики так называемые горизонтальные

градиенты давления), а следовательно, постоянно наблюдаются сильные порывистые ветры.

21.23. Однородна ли погода в циклоне?

Нет, погода в циклоне внетропических широт далеко не однородна: различают переднюю и тыловую части циклона и левую и правую по отношению к направлению его движения. В передней части циклона преобладают сплошная слоистообразная облачность теплого фронта, обложные осадки с ветрами южной четверти горизонта. В тылу циклона, за холодным фронтом, погода отличается неустойчивостью, с выпадением осадков ливневого типа, порывистым ветром северо-западной и северной четвертей; облачность может быть с разрывами и даже с кратковременными прояснениями, летом она будет конвективного типа. Левая (чаще всего северная) часть циклона характеризуется условиями погоды, которые можно назвать промежуточными между передней и тыловой частями циклона; преобладают ветры восточной и северо-восточной четверти, причем дуют они у земли, облака сплошные, осадки обложные, выпадающие с перерывами и постепенно переходящие в кратковременные ливневого типа. Правая южная часть циклона некоторый период его жизни является «теплым сектором» — она заполнена теплой воздушной массой, со временем вытесняемой наверх; здесь, в зависимости от сезона и типа воздушной массы, погода может быть очень неодинаковой, но преимущественно она бывает без существенных осадков, в холодное время года — с туманами или низкой тонкой слоистой облачностью, в летнюю пору — нередко безоблачная и всегда теплая, со слабыми или умеренными ветрами юго-западной четверти.

СПОРТ И ПОГОДА



Для многих видов спортивных занятий, и в первую очередь для проводимых на открытом воздухе, условия погоды — важнейший фактор, иногда даже решающий. Так, занятия парусным спортом и виндсерфингом в равной степени невозможны ни при штормовой, ни при штилевой безветренной погоде, а для планеристов и парашютистов нужны метеорологические условия, как минимум не препятствующие полетам самолетов, а также отвечающие ряду других требований. На закрытых спортивных манежах, катках и стадионах с искусственным климатом зависимость занятий от погоды «на улице», конечно, минимальная, но все же состояние внешней среды может влиять на настроение, психологическую готовность спортсменов «выкладываться», показывать высокие результаты (не говоря уже о занимающихся в группах здоровья людей, чувствительных к колебаниям атмосферного давления, одинаковы внутри помещений и снаружи).

Сильный мороз или чрезмерная жара, дождь или снег, густой туман, метель или пыльная буря способны повлиять на спортивные показатели конькобежцев, лыжников, легкоатлетов, стрелков, саночников, конников, велосипедистов, гребцов и многих других любителей различных видов спорта.

Конечно, для истинного спортсмена почти не бывает погоды, полностью исключающей занятия физической культурой: есть лыжники и конькобежцы, не прекращающие занятий любимым спортом даже летом, при отсутствии снега и льда, «моржи» купаются и плавают в про-

рубях в покрытых льдом водоемах, футболисты «гоняют мяч» на заснеженном поле, а яхтсмены зимой превращаются в любителей буерного спорта...

Однако никому: ни классным спортсменам — мастерам и разрядникам, ни начинающим юным физкультурникам, ни пожилым членам групп здоровья или индивидуально бегающим «трусцой», — никому нельзя заниматься избранным видом спорта, не учитывая состояния погоды, ее влияния на занятия и возможные последствия игнорирования этого влияния. Всем без исключения приходится с погодой считаться, всегда принимать ее во внимание, и делать это, как выясняется, надлежит сугубо индивидуально, соотносясь с возрастом, тренированностью, личным опытом, состоянием здоровья и наклонностями.

Вместе с тем помимо личных, сугубо индивидуальных критериев состояния погоды, благоприятной и неблагоприятной для занятий тем или иным видом спорта, существуют и некие средние, более или менее общепринятые метеорологические показатели, рекомендуемые специалистами для групповых, массовых занятий спортом, а также для проведения соревнований и других спортивных мероприятий.

Ниже мы рассмотрим некоторые из них, давая ответы на возможные вопросы любителей физкультуры и различных видов спорта.

22.1. Что такое термики и чем они интересны для спортсменов-планеристов?

Планеры как безмоторные летательные аппараты тяжелее воздуха могут, медленно снижаясь, парить над землей, используя подъемную силу встречного ветра, но предварительно они должны быть забуксированы на некоторую высоту самолетом или запущены в полет специальным устройством с возвышенности. Для самостоятельного набора высоты планеру нужны устойчивые восходящие потоки воздуха, возникающие днем вдоль склонов возвышенностей или в так называемых термиках — больших пузырях или струях теплого воздуха, поднимающегося вверх над нагретой солнцем земной поверхностью. Термики возникают в результате процесса термической конвекции (подъема вверх массы теплого, менее плотного, чем окружающий, воздуха) над сушей днем и над водной поверхностью ночью и могут быть самых различных размеров — от нескольких сантиметров в поперечном сечении до нескольких сот метров и даже километров. Вертикальная скорость устремляющегося вверх теплого воздуха также

может колебаться в очень широких пределах — от нескольких сантиметров в секунду до нескольких метров в секунду.

Поскольку минимально приемлемый радиус спирали планера составляет приблизительно 50 м, а собственная скорость снижения примерно 1 м/с, то пригодные для парения планеров термики, так называемые планерные термики, должны иметь горизонтальные размеры не менее 100 м и обладать вертикальной скоростью воздушного потока не менее 1 м/с.

Опытным путем и теоретическими расчетами установлено, что наибольшую массу воздуха переносят термики размером именно около 100 м. Структура термика такова, что его можно представить в виде вихревого кольца, то есть вихря с вертикальной осью, с максимальными восходящими потоками в центре и нисходящими — на периферии.

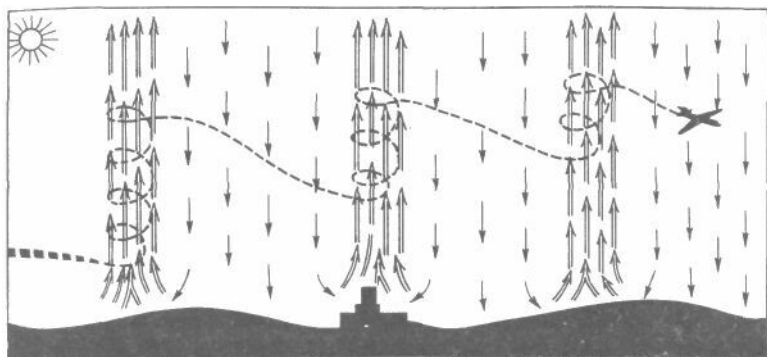
Планер в термике может подниматься по спирали вокруг центральной части термика до тех пор, пока скорость вертикальных потоков в термике достаточна для удержания его от снижения. Считается, что планер в состоянии подниматься до тех пор, пока он не достигнет уровня, на котором разность его вертикальной скорости и скорости подъема верхней части самого термика окажется равной скорости снижения планера.

22. 2. Как спортсмены-планеристы обнаруживают термики для набора высоты в свободном полете?

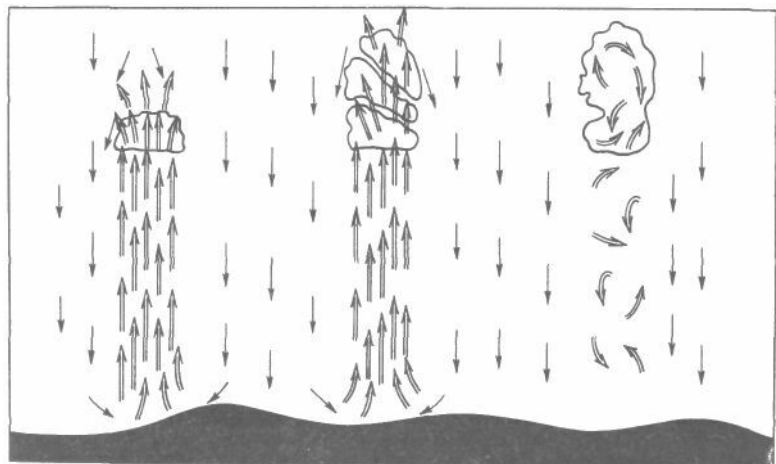
Для обнаружения термиков спортсмен-планерист должен хорошо знать условия их возникновения и особенности местности, над которой идет полет. Хорошим признаком наличия термиков в дневное время над сушей являются находящиеся в стадии развития кучевые и мощные кучевые облака, которые возникают в результате термической конвекции. (При растекании или распаде таких облаков конвекция ослабевает и вертикальные восходящие токи прекращаются.)

Термики обычно развиваются над обращенными к солнцу склонами холмов и возвышенностей, над застроенными участками равнинной местности. При наличии ветра они могут оказаться несколько смещенными в подветренную сторону. Парение птиц на высоте также может подсказать планеристу, где следует искать восходящие потоки воздуха, связанные с термиками.

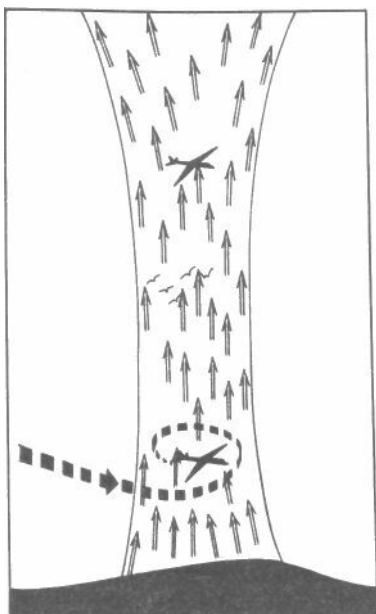
Некоторые представления о термиках и о возможности их использования спортсменами-планеристами дают рис. 91-94.



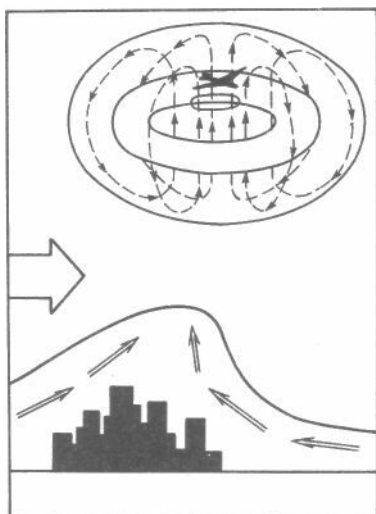
91. Термики над обращенными к солнцу склонами возвышенностей и застроенными участками равнинной местности.



92. Над термиками развиваются кучевые облака, при угасании термика облако распадается (справа)



93. Парение птиц и планеров над термиком



94. Смещение термика ветром

22.3. Насколько реальна возможность использования термиков спортсменом-планеристом над различными ландшафтами?

В теплое время года термики днем развиваются повсеместно как над равнинной, так и над горной местностью. Их количество на единице площади, равной 1 км^2 , может сильно колебаться в зависимости от характера рельефа, растительного покрова, времени суток и состояния воздуха (уровня его термодинамической неустойчивости), и, таким образом, в каждом конкретном случае оценить его непросто. На европейской части нашей страны в пределах широт от Новгорода до Тбилиси количество термиком на 1 км^2 изменяется от 30 до 130, а вертикальная протяженность слоя их проявления над сушей обычно достигает 2000 м, а над озерами (ночью) — 500 м.

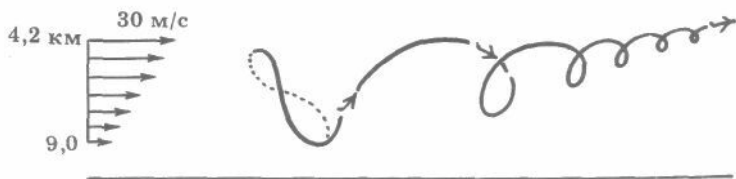
Над лесом размеры термиком меньше, чем над полем. В горной местности термики над не покрытыми снегом горами достигают больших абсолютных высот, чем над соседними долинами. Например, на Кавказе, над Кахетинским хребтом, они достигают высоты 3000 м, а над дном соседней Алазанской долины — редко поднимаются выше 1500 м. Над горами размеры термиком и температуры воздуха в них также больше, чем над равнинами. Это объясняется условиями облучения обращенных к солнцу склонов гор, которые, сильно нагреваясь, нередко бывают на $25—30^\circ \text{C}$ теплее соседних затененных участков.

В силу особенностей развития термической конвекции в течение суток размеры конвективных потоков в поздние утренние часы (10 часов местного времени) и ранние вечерние (16 часов местного времени) немного меньше, чем в дневные часы, но мощность (толщина) конвективного слоя, а следовательно, и высота развития термиком днем примерно в два раза больше, чем утром и к вечеру.

22.4. Может ли планер парить в небе, подобно альбатросу?

Может, но на значительно большей высоте, чем альбатрос, так как размеры планера и его летные аэродинамические характеристики не позволяют выполнять маневров на малых высотах из-за опасности столкновения с землей.

Парение альбатроса — пример так называемого динамического парения, суть которого в использовании энергии воздушного потока, скорость которого резко возрастает с высотой (рис. 95). Планер, забуксированный в такой слой воздуха, должен сперва войти в крутой скользящий полет с попутным ветром, а затем, набрав скорость, начать манев-



95. Динамическое парение в условиях резкого возрастания скорости ветра с высотой

ры против ветра, поднимаясь по крутой кривой. Увеличивающаяся с высотой скорость встречного потока обеспечит планеру набор высоты и достижение исходного уровня, после чего возможно многократное повторение маневра.

Реально динамическое парение планера осуществимо при использовании нижнего пограничного слоя струйного течения в верхней тропосфере, но не в приземном 15 — 20-метровом слое воздуха, в котором так мастерски и так красиво парит альбатрос. Он может парить в открытом море, следуя за кораблем десятки километров, при этом он описывает вокруг корабля как бы замкнутые круговые траектории с чередованием наборов высоты и снижений.

22.5. Какие другие виды воздушных течений, помимо термиков, могут использовать спортсмены-планеристы?

Планерные полеты возможны и при использовании волновых воздушных течений в районах существования колебательных движений воздуха — волн, как свободных, так и вынужденных. Свободные, или гравитационные, волны существуют за счет потенциальной энергии атмосферы. Они образуются на высотах вдоль слоев инверсий или изотермий и никак не связаны с неровностями рельефа. Вынужденные волны, или волны препятствий, образуются при обтекании воздушным потоком гор или других препятствий. При этом направление ветра должно быть близким к перпендикулярному к направлению горного хребта, а скорость его должна быть не менее 10 м/с и увеличиваться с высотой.

Если горы состоят из нескольких хребтов, лежащих параллельно друг другу, и если расстояние между хребтами равно или кратно длине волны, то в нижнем течении над отдельными хребтами располагаются локально короткие волны (10—15 км), а выше, над всеми горами в це-

лом, — длинные волны (40—50 км). Короткие волны отличаются большими амплитудами и сильными восходящими потоками, длинные волны, располагающиеся в верхней тропосфере и нижней стратосфере, — малыми амплитудами и слабыми восходящими потоками.

Хорошим признаком существования волн препятствий являются чечевицеобразные облака, возникающие у гребней волн. Увидев такие облака, спортсмены-планеристы могут безошибочно выбрать участки, благоприятные для набора высоты.

Свободные волны, сопутствующие инверсиям, также могут использоваться планеристами, но в большинстве случаев вертикальные потоки в них недостаточно мощные, хотя бывают случаи, когда они достигают 1—2 м/с. Длина таких волн обычно около 500 м, она зависит от величины температурного и ветрового скачков на границе слоя инверсии.

22.6. Как учитывается состояние погоды при выборе одежды для занятий спортом на открытом воздухе?

В спорте, как и в быту, при выборе одежды исходят из потребности сохранения для человеческого организма условий комфорта, то есть пребывания человека в состоянии, когда он не будет испытывать неудобств ни из-за чрезмерного переохлаждения тела, ни из-за его перегрева. Нарушения комфорта могут вызываться колебаниями температуры и влажности воздуха, скорости ветра, а также выпадением атмосферных осадков (дождя, снега, мороси, града) и воздействием некоторых метеорологических явлений, таких, например, как гроза или гололед. Соответственно ожидаемым или наблюдающимся условиям погоды и исходя из накопившегося у людей опыта и имеющихся возможностей и выбирается одежда и обувь, назначение которых — предотвратить или ослабить негативное влияние внешней среды, при этом прежде всего учитываются, в основном качественно, теплоизоляционные свойства одежды и обуви, а также их ветро- и влагозащитные свойства.

Существуют и некоторые количественные критерии теплоизоляционных характеристик одежды, применяемые, например, в США. Так, теплоизоляция одежды может быть выражена в так называемых единицах Кло. Одна единица Кло соответствует теплоизоляции одежды, обеспечивающей условия теплового комфорта у человека в состоянии покоя при температуре воздуха 21° С, отсутствии ветра (движение воздуха со скоростью до 0,1 м/с), относительной влажности воздуха до 50%. Для сравнения отметим,

что теплоизоляция кожного покрова работающего человека равна 0,3 Кло, а человека в состоянии покоя — 0,55 Кло.

Одежда полярников и альпинистов — участников высокогорных восхождений должна иметь теплоизоляцию не менее 3 Кло. Ветрозащитная куртка с капюшоном (парка) теряет 30—40% способности теплоизоляции при ветре 12 м/с, а обычная одежда человека, будучи влажной, сохраняет лишь 15—30% этой способности (вместо 1,5 Кло у сухой одежды 0,2—0,5 Кло у влажной).

22.7. При каких условиях погоды на снежном покрове образуется наст, способный удержать лыжника?

Оледенелая корка на поверхности снега — наст образуется зимой, как правило после оттепелей, за которыми возобновляются морозы, а весной — после нескольких дней ясной погоды, когда под действием солнечных лучей происходит дневное подтаивание снежной поверхности с последующим подмерзанием ее в ночные часы. Кроме того, достаточно прочный наст иногда образуется зимой и без оттепелей — когда в морозную погоду происходит выпадение сухого порошкообразного снега при сильном ветре (более 10—12 м/с), уплотняющем поверхность снежных наносов до такой степени, что они свободно выдерживают взрослого лыжника. В зонах умеренного климата это бывает не каждую зиму, а в Арктике и Антарктиде — это повседневное явление.

22.8. Существует ли связь между состоянием погоды и заболеваниями альпинистов горной болезнью?

Основной причиной горной болезни является недостаток кислорода в крови — гипоксия, ощущаемый большинством людей на высоте, превышающей 3000 м, где парциальное давление кислорода составляет примерно 133 гПа против 200 гПа на уровне моря. Предельным для человека считается парциальное давление кислорода 100 гПа, соответствующее высоте 5000 м над уровнем моря (однако, как известно, отдельные спортсмены-альпинисты смогли подняться на вершину Эверест, высотой 8845 м, без кислородной маски). Горная болезнь проявляется через головную боль, головокружение, тошноту, потерю аппетита и бессонницу, а также слабость в мышцах, кашель, боли в груди. Погода может ускорить проявление горной болезни и обострить ее: низкая температура воздуха в сочетании с сильным ветром, сопутствующая почти всем высокогорным восхождениям, способствует быстрому охлаждению организма, затрудняющему глубокое дыхание, по-

требность в котором всегда возникает у альпиниста, начинающего ощущать недостаток кислорода на высоте. Переохлаждение усугубляет плохое самочувствие при развитии горной болезни, задерживает процесс адаптации (привыкания) на остановках, которые практикуют восходители перед штурмом высоких вершин.

22.9. При каких условиях погоды особенно велика для спортсмена опасность переохлаждения?

Хотя охлаждение организма до критической степени достигается не при одинаковом для всех людей состоянии внешней среды, опытным путем установлено, что температура -30°C может считаться предельным значением для длительного пребывания человека под ее воздействием при отсутствии ветра: при -31°C у 50% испытуемых наблюдалось отморожение открытых частей тела в тихую безветренную погоду, а при ветре 20 м/с такой же эффект наблюдался при температуре -10°C . Таким образом, основные факторы охлаждения организма — низкая температура воздуха и ветер. Влажная погода также усиливает эффект потери тепла организмом.

Поверхность человеческого тела, как установили ученые, теряет тепло через излучение, теплопроводность, конвекцию и испарение. В сухом холодном воздухе потеря тепла путем теплопроводности и испарения из легких составляет до 20% суммарных потерь тепла телом. Ветер усиливает конвективную потерю тепла с кожи. Охлаждению раньше всего подвергаются конечности, температура которых обычно ниже примерно на 8°C , чем температура внутренней части тела, равная примерно 37°C . От внутренней части тела тепло передается мускулам и кожному покрову при помощи циркуляции крови. Физическая нагрузка, в том числе и при занятии спортом, способствует усилению циркуляции крови, замедляет процесс охлаждения тела.

При таком охлаждении, когда на каком-то участке тканей температура опускается ниже нуля, наступает отморожение этого участка.

22.10. Что такое гипотермическая акклиматизация?

Гипотермия — такое состояние организма, при котором больше не может поддерживаться на минимальном предельно допустимом уровне внутренняя температура (при падении внутренней температуры до 30°C обычно наступает потеря сознания, до 26°C — останавливается сердце).

Спортсмены, длительное время находящиеся под воз-

действием низких температур воздуха, постепенно приучают свой организм к холоду, приобретают повышенную выносливость к охлаждению организма. Этот процесс можно назвать гипотермической акклиматизацией. Суть ее заключается в приобретении следующих способностей: к уменьшению отдачи тепла вследствие увеличения теплоизоляции тканей; к уменьшению восприимчивости конечностей к боли или холодovým поражениям; к снижению порога кожной чувствительности.

22.11. Каков механизм влияния метеорологических условий на организм спортсмена в горах?

Спортсмены, занимающиеся горным туризмом или альпинизмом, испытывают в горах воздействие состояния атмосферы, характерного для местности, находящейся на значительной высоте над уровнем моря (2000 м и более). Это прежде всего пониженное атмосферное давление, низкая температура воздуха и его значительная сухость, а также практически постоянная его подвижность, проявляющаяся в существовании вертикальных и горизонтальных потоков, именуемых местными горными ветрами. К перечисленному надо добавить наличие в горах снежного покрова, большого количества отраженного света, способного вызвать снежную слепоту, и особого режима облачности (часто облачность, известная под названием горного тумана, лежит на поверхности горных склонов).

Понижение давления с высотой порождает соответствующее ему такое же быстрое уменьшение количества кислорода, попадающего в легкие спортсмена при дыхании, что влечет за собой опасность гипоксии — недостатка кислорода в крови. Реакцией организма на недостаток кислорода является увеличение объема вдыхаемого воздуха — гипервентиляция. Гипервентиляция обеспечивает поддержание достаточного количества кислорода в легких, но не в крови, то есть не препятствует развитию гипоксии. Гипоксия приводит к горной болезни.

Низкая температура воздуха воспринимается через холодовые рецепторы, располагающиеся в коже, брюшной полости, спинном мозгу и гипоталамусе человека. На сигналы холода организм реагирует увеличением количества тепла, производимого мускулатурой (внешнее проявление — дрожь), а также сужением кровеносных сосудов, особенно в конечностях. Однако при температуре воздуха ниже 0° С кровеносные сосуды конечностей должны расширяться, чтобы предотвратить отморожение, а это увеличивает отдачу тепла.

Организм спортсмена в горах испытывает воздействие одновременно нескольких факторов, среди которых главными являются холод, сухость воздуха и недостаток кислорода. Эти факторы оказывают не только негативное влияние, но и положительное. В частности, холодный сухой воздух на больших высотах способствует отдаче телом излишнего тепла, полученного благодаря большой физической нагрузке, что облегчает интенсивную работу, но только до определенного предела — пока негативные воздействия не проявятся в полную силу.

22.12. Какие существуют ограничения по погоде для занятий лыжным спортом?

Практически вопрос о неприемлемости условий погоды для занятий лыжным спортом решается индивидуально каждым лыжником в зависимости от тренированности, возраста, состояния здоровья, характера местности (лес, поле, равнина, горы), климатических и других условий (возможности отогреться, переодеться, принять горячую пищу, получить медицинскую помощь или квалифицированную консультацию). В Заполярье, в Якутии, в Антарктиде спортсмены ходят на лыжах при очень сильных морозах, иногда и при значительной скорости ветра, поскольку такие условия в этих районах зимой не редкость, тогда как в зоне с умеренным климатом даже менее значительные морозы для многих лыжников являются препятствием для занятий любимым спортом.

Для массовых организованных лыжных занятий и соревнований существуют официальные нормы, не одинаковые для различных климатических зон. Таблица на следующей странице дает представление о нормах для проведения лыжных гонок, одобренных Федерацией спортивной медицины для так называемой первой климатической зоны, в которую входят районы с умеренным климатом (в том числе и Ленинградская область).

Из таблицы видно, что на открытой местности при сильном ветре (более 10 м/с) в лыжных гонках могут участвовать только хорошо тренированные опытные лыжники — мастера спорта и перворазрядники, при этом температура воздуха должна быть на 12—15° С выше, чем при отсутствии ветра; на закрытой от ветра местности (в лесу, на участках ветровой тени, создаваемой рельефом или строениями) соревнования разрешается проводить при температуре воздуха на 2—5° С ниже, чем на открытых участках.

Состав участников	Температура воздуха, °С					
	безветренно (0–3 м/с)		умеренный ве- тер (6–10 м/с)		сильный ветер (более 10 м/с)	
	местность					
	откры- тая	закры- тая	откры- тая	закры- тая	откры- тая	закры- тая
Дети; юноши и девушки младшего возраста; пожилые мужчины и жен- щины	-15	-15	-10	-15	не про- водят- ся	
Юноши и девушки мастера спорта старшего возраста, мужчины и жен- щины среднего воз- раста	-27	-27	-23	-25	-15	-18
	-25	-25	-20	-23	-10	-15
	-15	-15	-10	-15	не про- водят- ся	

22.13. Какое влияние на занятия бегом оказывают ветер и температура воздуха?

На занятия бегом, как и на занятия другими видами спорта, ветер и температура воздуха влияют прежде всего как метеорологические величины, определяющие зону комфорта; чрезмерное переохлаждение организма, равно как и его перегрев, нежелательны, так как негативно отражаются на самочувствии спортсмена, снижают результативность занятий (оздоровительное их значение и спортивные результаты), а кроме того, могут быть причиной различных заболеваний и переутомления.

Физическая нагрузка организма при беге порождает увеличение внутреннего тепла, усиление циркуляции крови, разогрев тела спортсмена, поэтому оптимальными условиями для занятий бегом для большинства людей являются умеренно прохладная погода при слабом ветре или при отсутствии ветра вообще. Поскольку такие условия наблюдаются далеко не всегда, бегать приходится и в холодную и в жаркую погоду, нейтрализуя или ослабляя негативное воздействие внешней среды соответствующим выбором одежды.

Кроме сказанного следует учитывать и прямое влияние скорости ветра на скорость бега спортсмена, что имеет значение при регистрации спортивных результатов во время соревнований. Правилами легкоатлетических соревнований предусмотрены ограничения допустимой скорости попутного ветра для официальной регистрации рекордов и высших достижений спортсменов-бегунов.

22.14. Какая скорость ветра допустима при легкоатлетических соревнованиях на побитие рекордов?

В беге на дистанции до 200 м включительно, в прыжках с разбега в длину при попутном ветре составляющая средней скорости ветра в направлении бега не должна превышать 2 м/с. В соревнованиях по многоборью скорость ветра не должна превышать 4 м/с. При этом регламентируется и продолжительность измерений скорости ветра во время забегов и прыжков. В зависимости от дистанции бега она должна быть от 20 до 10 секунд, а для прыжков — 5 секунд. Этим уменьшается вероятность ошибочных оценок действительной скорости ветра — величины очень изменчивой во времени, требующей осреднения результатов измерений за некоторый промежуток времени (при стандартных метеорологических наблюдениях за ветром принят интервал времени осреднения равный 2 минутам).

22.15. Какие сведения о погоде необходимы для занятий парусным спортом?

Плавание под парусами зависит прежде всего от двух стихий — воды и воздуха, то есть от состояния водной поверхности и состояния атмосферы. Волны и ветер определяют условия занятий парусным спортом. Кроме волнения большое значение имеют еще и течения, которые на морях и в озерах также в значительной мере, хотя далеко не полностью, связаны с состоянием погоды. В воздушной стихии кроме ветра для парусного спорта важны и такие метеорологические явления, как гроза, осадки, температура воздуха и воды, туман и др., но решающими все же следует признать ветер и волнение, информация о которых всегда необходима яхтсменам.

22.16. Какие ограничения по погоде существуют для соревнований яхтсменов?

Согласно Правилам соревнований по парусному спорту (ППС-73) для швертботов и легких килевых яхт, участвующих в соревнованиях в прибрежных водах и на внутренних водоемах, установлены следующие ограничения по скорости ветра и силе волнения (в зависимости от класса яхт, за исключением крейсерских):

Что касается крейсерских яхт, то на них могут проходить гонки 1-й категории в условиях автономного плавания в океане без ограничений по погоде и гонки 2-й категории в условиях возможности оказания помощи также без ограничений по погоде.

	Соревнования			
	детские и юношеские		взрослые	
	республиканские и всесоюзные	прочие	республиканские и всесоюзные	прочие
Скорость ветра, м/с	от 7 до 9	от 7 до 8	от 11 до 14	от 10 до 12
Высота волн, м	от 0,8 до 0,7	от 0,4 до 0,7	от 0,8 до 1,0	

22.17. Как сказывается волнение на движении парусной яхты?

Волны, в зависимости от их крутизны, длины и высоты, могут замедлять движение парусной яхты, создавать условия дискомфорта (морская болезнь — укачивание) для экипажа и пассажиров и, наконец, создавать угрозу безопасности плавания (опрокидывание, разрушение судна или его рангоута и такелажа).

Горизонтальное перемещение воды в волне по сравнению с ее вертикальными колебаниями невелико, однако оно все же существует. На гребне волны движение воды совпадает с генеральным направлением перемещения волн, а у подошвы волны (в ложбине) оно имеет противоположное направление. Скорость горизонтального движения воды в волне зависит от длины волны, и она гораздо больше у коротких и крутых волн, чем у длинных и пологих.

Искусство управления яхтой при волнении подразумевает умение использовать горизонтальное движение воды в интересах увеличения скорости судна при движении в направлении перемещения волн или уменьшения эффекта торможения при движении против направления их перемещения или под углом к этому направлению. Одновременно яхтсмен должен обеспечивать безопасность плавания и предотвращать заливание яхты водой. Чем легче яхта, тем чувствительнее она к воздействию волнения. Помимо указанного воздействия, волны при значительной их высоте могут искажать над собой воздушный поток, неблагоприятно воздействуя на паруса малых яхт (над поверхностью воды создаются турбулентные вихри, тормозящие движение судна).

22.18. Что такое разгон ветра?

Это расстояние, на которое под действием ветра происходит развитие волн на водной поверхности. От него зависит размер волн. При большом разгоне ветра, если ветер

дует продолжительное время, скорость волн может оказаться больше скорости ветра, их породившего, так как волнение сохраняется (в виде зыби) иногда длительное время после того, как ветер стихнет или сильно ослабнет.

22.19. Всегда ли направление движения волн совпадает с направлением ветра?

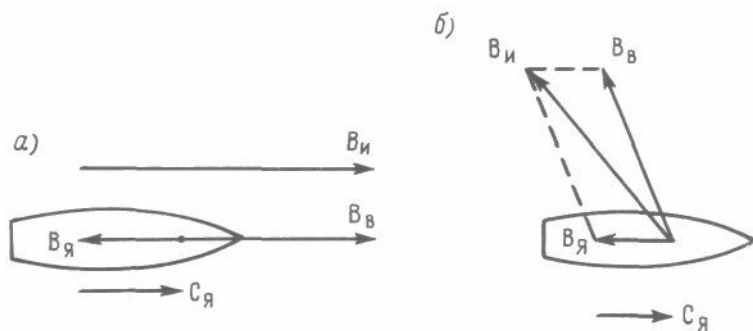
Нет, не всегда. Вдали от берега в открытом море может иметь место наложение волн различного направления и происхождения, так что движение результирующих волн оказывается не совпадающим с направлением ветра над ними.

22.20. Зависит ли крутизна волн от направления ветра и направления течения воды?

На течении крутизна волн зависит от его скорости: крутые волны возникают при сильном течении против устойчиво дующего ветра, пологие — при слабом; и наоборот, при течении того же направления, что и ветер — крутые волны будут образовываться при слабом течении, а пологие — при сильном.

22.21. Что такое истинный и вымпельный ветер?

Истинный ветер — это реально существующее над водной поверхностью горизонтальное движение воздуха, обнаруживаемое с помощью приборов, указателей ветра или по



96. Вымпельный ветер при движении яхты при попутном истинном ветре (а) и при встречно-боковом истинном ветре (б)

$V_и$ — истинный ветер, $C_я$ — скорость яхты, $V_я$ — ветер, создаваемый движением яхты, $V_в$ — вымпельный ветер

флагам на берегу или на заякоренных судах. Его также можно определить по полосам пены и направлению волн на неподвижной (вне течений) поверхности воды.

Вымпельный, или кажущийся, ветер на движущемся судне можно рассматривать как ветер, получающийся в результате сложения истинного ветра, дующего над водой, и искусственного ветра, создаваемого движением яхты вперед (рис. 96). Направление и скорость вымпельного ветра указывает вымпел, флажок или другой указатель ветра, имеющийся на борту судна. Таким образом, движение яхты, чем бы оно ни вызывалось (буксировкой судна или его ходом под парусом), может изменять вымпельный ветер.

22.22. Зависит ли движение яхты от того, с какой стороны по отношению к ветру оказывается течение?

Зависит: течение в подветренный борт помогает яхте, перемещая ее корпус на ветер, скорость вымпельного ветра при этом возрастает (а именно она продвигает яхту вперед), и в итоге сокращается число необходимых галсов; течение в наветренный борт перемещает корпус яхты под ветер, уменьшая, таким образом, силу воздействия вымпельного ветра на паруса.

22.23. Что представляют собой ветровые течения?

В открытом море течения чаще всего вызываются разницей в уровне воды, возникающей по самым различным причинам. Но существуют и течения, вызываемые ветром в силу трения между движущимся воздухом и поверхностью воды, — так называемый нагон воды. Ветровые волны также порождают некоторое поступательное движение массы воды, формирующее течения. Наибольшая скорость таких течений, получивших название ветровых, — естественно, у поверхности воды, и с глубиной она быстро убывает, хотя может ощущаться и на больших глубинах. Она также больше у берега, чем в открытом море.

Для образования ветрового течения нужен устойчивый ветер, дующий определенное время. Однако, возникнув, ветровое течение может продолжать существовать и даже усиливаться и после прекращения действия породившего его ветра. Кроме того, яхтсменам приходится учитывать, что с ветровыми течениями в заливах и бухтах бывают связаны явления оттока или спада воды, возникающие после прекращения ветра, когда нагон воды идет на убыль.

Направление ветрового течения, часто используемого

яхтсменами, не совпадает с направлением ветра, отклоняясь от него в северном полушарии вправо, а в южном — влево на угол от 20 до 45° (в зависимости от удаленности места от побережья) в силу влияния отклоняющей силы вращения Земли. Скорость ветровых течений может достигать 2% скорости ветра, их вызвавшего.

22.24. Влияют ли на плавание под парусами облака?

Сама по себе облачность непосредственного воздействия на занятия парусным спортом не оказывает, ее значение в том, что она служит признаком погоды, как данного времени, так и ближайшего будущего. Для легких судов с парусным вооружением имеют большое значение кучево-дождевые облака, с которыми нередко связаны шквалы, резкие и сильные, как бы внезапно возникающие порывы ветра, часто с изменением направления на 90, а то и на все 180°. При появлении этих облаков в районе плавания парусных судов яхтсмены должны соблюдать большую осторожность, быть предельно внимательными и следить за изменениями ветра, с тем чтобы избежать опрокидывания яхты или повреждений ее парусной оснастки. Такие случаи нередки при прохождении яхт под кучево-дождевым облаком, особенно под его передней частью, так называемым шквальным воротом. Вместе с тем, при маловетренной погоде ветер под кучевыми облаками обычно сильнее; и яхтсмены стремятся этим воспользоваться — направляют яхты в зону, где есть такие облака.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- А**
автоматические межпланетные станции 320, 321
акклиматизация гипотермическая 40
альbedo планет 321
айсберг 279, 280
Антарктика 263 — 265, 267, 269
антарктическая конвергенция 266
антарктическая растительность 272
антарктические оазисы 270
антициклон 11, 359
апвеллинг 260—262
арктическая растительность 276
атмосфера 7, 8
 Земли 7, 8
 планет 320, 325
 Солнца 319
атмосферное давление 10, 114
аэрозоли 24, 25
- Б**
бабье лето 139
барометр 10
биометеорология человека 39
биомасса суши 247
 моря 247
близзард (блицард) 282
блинчатый лед 347
болтанка самолета 224
болезни растений 32
бора 308
«брокенский призрак» 305
бриз 346
буйковые метеостанции 172
бури равноденствия 15
- В**
ведущий поток в атмосфере 366
велопауза 195
венцы 131
ветер 342
 истинный 384
 вымпельный 384
 горно-долинный 304, 309
 на Венере 324
 эквивалентный 364
ветровой индекс охлаждения 44
ветровые течения 257, 384
взрывы в шахтах и погода 16
воздушные ямы 224
волны
 вынужденные 374
 длинные 375
 короткие 375
 на море 256
 подветренные 304
 свободные 374
Всемирная метеорологическая организация (ВМО) 161, 181
Всемирная служба погоды (ВСП) 160, 162, 165/167, 174
- Г**
гало 131
гармсилъ 65
геоботаннические зоны 106, 107
географические зоны 105
гетеросфера 8
гидрометеорологические вузы 154, 155
гидрометеорологические НИИ 156, 157,

Гидрометцентр СССР 157, 204
гипоксия 378
гипотермия 377
глобальные системы ВСП 165 — 167
годовые кольца деревьев 107
гололед 87
гомосфера 8
гомойотермные животные 37
горная болезнь 378
Госкомгидромет 152
град 81—83
граница леса 303
гроза
 возникновение 54
 классификация 54
 повторяемость 57
 признаки 56
грозовые разряды 56

Д

движение морских судов 230
диаметр Солнца 319
динамическое парение 374
дискомфорт 331, 375, 382
дневник погоды 354
дождь
 зимой 57
 ледяной 62
 продолжительность 57
дрейф морского льда 256
дымка 207
дыхание
 животных 36
 растений 30

Е

единица Кло 375

Ж

животные полярных вод 29

З

заболевания и погода 34, 41, 42
загрязнение атмосферного воздуха
 в городе 190—192
 промышленное 190—192
засуха 238
звуковой удар 226
зеленый луч 342
землетрясения 16
зональность почв 247
зона комфорта 44

И

изменения содержания кислорода в атмосфере 294
изменения содержания углекислого газа в атмосфере 293
индекс Бодмана 267
ионосфера 8

К

календарь погоды 13
капризы погоды 51—53
климат 99—105
 Арктики 267, 271
 изменения 116, 292
 колебания 118
 континентальность 104, 105
 кухонь 330
 микро- 337, 338
 рабочих помещений 331
 средиземноморский 103
 СССР 101
климатические справочники 109, 110
кольца вокруг светил 131
кометы 135
космический ветер 327
коэффициент стока 107
крутизна волн 383
«кухня погоды» 14

Л

лавины 306
ледники Антарктиды 261, 268
лес 107
лесные пожары 96, 97
литература древности о погоде 14

малое оледенение, см. эпохи оледенений
мгла 207
Международный геофизический год (МГГ) 176
Международный метеорологический день 182
Международные программы прошлого 176
мерцание звезд 134
местные признаки погоды 27, 28, 121—127, 200
метель 86
метеоритный дождь 135
метеорологические величины 6
метеорологические искусственные

- спутники Земли (МИСЗ) 186—190
 метеорологические ракеты 184, 185
 метеорологические явления 6
 метеорология 6
 микрорадиоволны 187
 минимум погоды 220
 молния 54
 линейная 54
 шаровая 55
 мониторинг климата 360
 мох 35
 мощность полярных льдов 255, 256
- Н**
 наводнения 64, 76—80
 нагревание атмосферы океаном 33
 необычная погода
 масштабы 67—71
 повторяемость 67—71
- О**
 облака 111
 литосферные 196, 197
 перламутровые 196
 серебристые 196
 облачность
 на Венере 325
 на Юпитере 326
 обледенение 223, 229, 233
 огни св. Эльма 133
 озимая пшеница 244
 озоносфера 8
 оползни 310
 оправдываемость прогнозов 19, 204
 опустынивание 294
 осадки 57, 58, 64, 115
 в Антарктиде 281
 искусственные 298, 299
 максимальные 1-15
 минимальные 115
 относительная влажность
 воздуха 12
- П**
 «парад планет» 328
 перегрев организма 48
 перелеты птиц 348, 349
 переохлаждение организма 377
 ПИГАП 176-178, 180
 погода на Марсе 321, 322
 поэмки 208
 пойкилотермные животные 37
 полюс
 Северный 263
 Южный 264
 ветров 277
 географический
 Северный 264
 Южный 263, 264
- геомагнитный
 Южный 278
 недоступности 278
 холода 113
 полярные льды 269, 279, 295, 363
 полярные птицы 274
 полярные сияния 16
 потолок самолета 225
 потребление органической продук-
 ции 247
 предельно допустимая высота по-
 лета самолета 225
 предсказуемость погоды 358
 приметы погоды 27, 141
 признаки погоды 27
 прогноз 201
 града 211
 гроз 214, 215
 долгосрочный 202
 дымки 207
 засухи 213
 метелей 208
 облачности 209
 осадков 210, 211
 погоды численный 201
 по местным признакам 200
 пыльных бурь 212
 сильных морозов 213
 синоптическим методом
 201
 смерчей 214
 шторма на море 212
 пустыни 311
 пыльные бури 87—90
 пятна на Солнце 22
- Р**
 радиационная защита 333
 радиационный индекс сухости 106
 радиация 35
 радиозонд 167—169
 радуга 128
 разгон ветра 383
 размеры градин 81
 регулярность полетов 219
 рост растений 35, 239, 240, 244
- С**
 самум 65
 сарма 65
 сверхзвуковые самолеты 226
 светимость Солнца 318
 сдвиг ветра 221—223
 сель 83—85
 скорость вращения
 Земли 319
 Солнца 319

след тайфуна 259
служба погоды 203
служба Солнца 320
смерч 74, 75
смог 289
снежный наст 376
снежные заносы 63
солеросы и гололед 243
солнечная постоянная 318
солнечный ветер 327
солнечный крест 130
солнечный столб 130
состав воздуха 8
стандартная атмосфера 9, 12, 13
Субантарктика 265
Субарктика 265
судно погоды 173
сумма температур 242
суровые зимы 60
суровость погоды 267

Т
тайфун 93
температура
 воды 253, 254, 258
 замерзания растений 239, 244
 колебания в океане 114
 критическая 42
 летальная 47
 максимальная 45
 эффективная 43
температурный режим на Венере 324
теплицы 334, 335
«тепловая память»
 атмосферы 252
 океана 252
тепловой баланс тела 48, 49
тепловые острова 285
теплозапас океана 252
термики 369—373
термическая конвекция 369

термический экватор 365
толщина морского льда 256
ТРОПЭКС 177
туманы 206, 287

У
ураган 73, 93—95
урожайность и погода 237

Ф
фазы Луны и погода 22
факторы климата 115
Фён 307
фотосинтез 30, 254

Х
хамсин 65
хабуб 65

Ц
цвет неба 133
цвет моря 345
цветной снег 60
циклон
 внетропический 359, 366, 367
 тропический 73, 93, 95
циркуляция атмосферы 324, 326
цитрусовые культуры 246
цунами 80

чинук 308
число *M* 225

энергия атмосферных движений 112
энтальпия воздуха 363
эпохи оледенения 117

Я
ячейка Гадлея 365

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ	3
ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ	4
1. ВОПРОСЫ, КОТОРЫЕ ЗАДАЮТ ВСЕ	5
2. ПОГОДА И ОКРУЖАЮЩИЙ НАС МИР РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ	26
3. НАШЕ САМОЧУВСТВИЕ И ПОГОДА	38
4. КАПРИЗЫ ПОГОДЫ	51
5. СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ПОГОДОЙ	73
6. ПОГОДА И КЛИМАТ НА ШЕСТИ КОНТИНЕНТАХ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ	98
7. МЕСТНЫЕ ПРИЗНАКИ И НАРОДНЫЕ ПРИМЕТЫ ПОГОДЫ	121
8. О ТЕХ, КТО СТОИТ НА СТРАЖЕ ПОГОДЫ	142
9. ВСЕМИРНАЯ СЛУЖБА ПОГОДЫ	160
10. РАКЕТЫ, СПУТНИКИ И ПОГОДА НА РАЗНЫХ ВЫСОТАХ	183
11. ПРЕДСКАЗАНИЕ ПОГОДЫ	199
12. ПОГОДА И ТРАНСПОРТ	217
13. ПОГОДА И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО	238
14. ПОГОДА И МИРОВОЙ ОКЕАН	251
15. ПОГОДА У ПОЛЮСОВ ЗЕМЛИ	263
16. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ПОГОДУ И КЛИМАТ	284
17. ПОГОДА В ГОРАХ	302
18. АТМОСФЕРА СОЛНЦА И ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	317
19. ИСКУССТВЕННЫЙ КЛИМАТ	329
20. КАВЕРЗНЫЕ ВОПРОСЫ МАЛЕНЬКИХ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ	340
21. О ПОГОДЕ ДЛЯ САМЫХ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ	356
22. СПОРТ И ПОГОДА	368
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	386

Павел Дмитриевич Астапенко
Вопросы о погоде

Научно-популярное издание
Редактор М. Г. Тараканова
Художник М. Д. Плаксин
Художественный редактор В. А. Денисовский
Технический редактор Л. М. Шишкова
Корректор Е. А. Жарова

ИБ № 1725

Сдано в набор 24.03.86. Подписано в печать 11.08.86. М-15202.
Формат 84x108^{1/32}. Бумага тип. № 1. Гарнитура обыкновенная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,58. Усл. кр-отт. 21,0 Уч-изд. л. 21,23.
Тираж 215000 экз. Индекс ПЛ-188. Заказ № 1636. Цена 85 коп.

Гидрометеоздат 199053. Ленинград. 2-я линия, 23. Типография
Куйбышевского обкома КПСС, г. Куйбышев, пр. Карла Маркса, 201.

*Специализированный магазин Гидрометеоиздата
предлагает
имеющиеся в наличии
научно-популярные книги:*

Андреев В. И., Степанов В. Н.
Черное море: ресурсы и проблемы.
1981. 0—30

Дубровин Л. И.
Будни на ледяном континенте
1982. 0—45

Маркин В. А.
Планеты ледяной венец
1981. 0—65

Петров Ю. М.
Самарканд: климат и погода
1982. 0—50

Пясковский Р. М., Померанец К. С.
Наводнения
1982. 0—35

Рогов А. А.
В глубинах пяти морей
1986. 0—65

Росс Д.
Энергия волн.
Пер. с англ.
1981. 0—50

Рубан И. П.
Люди, льды, встречи
1985. 0—75

Трешников А. Ф.
Их именами названы корабли науки
1984. 0—75

Хупфер Т.
Балтика: маленькое море — большие проблемы
1982. 0—50

Цигельницкий И. И.
Профессия? Полярник
1982. 0—45

Напоминаем адрес магазина:
197101, Ленинград, Большой пр., д. 57,
магазин № 15 «Ленкниги».

Гидрометеоиздат

85 коп.

Вопросы о погоде

О погоде люди судят не по книгам и учебникам, а по собственному опыту — по тому, как она влияет на их повседневную жизнь. Интересует погода, хотя бы от времени до времени, практически всех нас, она — постоянная тема для разговоров, но знаем мы о ней далеко не все. В книге более пятисот различных вопросов о погоде, сгруппированных по основным темам. Есть темы, объединяющие вопросы, которые может задать каждый, есть темы для особо любопытных, для тех, кто интересуется работой метеорологов, их подготовкой, прогнозированием погоды, изменениями климата, влиянием погоды на жизнь людей и другими проблемами современной науки о погоде.

ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
1986