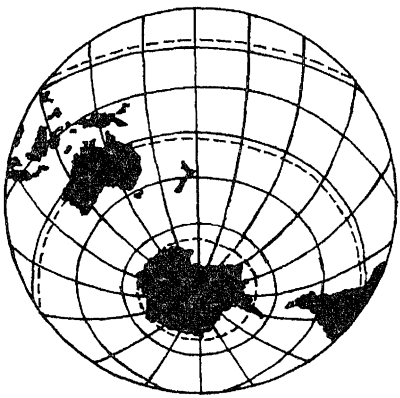
Ф. Н. МИЛЬКОВ

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЕ

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





Москва · Высшая школа · 1990

ББК 26.82
М 60

Рецензенты:
кафедра физической географии Киевского государственного университета имени Т. Г. Шевченко;
проф. *О. Ф. Якушко* (кафедра общего землеведения Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина)

Мильков Ф. Н.

М 60 Общее землеведение: Учеб. для студ. географ. спец. вузов. — М.: Высш. шк., 1990. — 335 с.: ил.
ISBN 5-06-000639-5

В учебнике изложены цели и задачи общего землеведения, рассмотрены географическая оболочка и общепланетарные свойства Земли, учение о ландшафте и ландшафтной сфере, методы исследований и научные направления в физической географии.

М $\frac{1805040100-324}{001(01)-90}$ 127—90

ББК 26.82
631

ISBN 5-06-000639-5

© Ф. Н. Мильков, 1990

Предисловие

Одно из важнейших направлений начавшейся в стране после XXVII съезда КПСС перестройки высшего образования предусматривает резкое повышение роли самостоятельной работы студентов в освоении программного материала. В современных условиях *сумма знаний, получаемых на лекциях,— лишь половина обучения.* Развитие географии, как и всей науки, сейчас протекает так стремительно, что без постоянного обновления вузовских знаний на производстве немыслим полноценный специалист, будь то учитель школы или сотрудник научного института. Отсюда острая необходимость во *второй половине обучения — приучение студентов к работе со справочной литературой, атласами, картами, монографиями, журнальными статьями.* Именно поэтому текст учебника немыслим без определенного библиографического аппарата. Ссылки на литературу — первый призыв и указатель в направлении первоисточника, в чем так нуждается студент.

При подготовке настоящего учебника автор исходил из двух бесспорных в наше время положений.

1. Ориентация на активно работающего, хорошо успевающего студента. Упрощенчество, рассчитанное на восприятие нерадивого, а порой и малоспособного студента, опасно по двум причинам: неоправданно ограничивается минимально необходимая будущему специалисту сумма знаний, с одной стороны, и снижается интерес к предмету у основной массы студентов — с другой. Учебник обязан «подтягивать» всю аудиторию до уровня хорошо успевающей, а не наоборот.

2. Отсутствие догматизма, подход к предмету изучения как динамически развивающейся системе знаний. Большой недостаток многих учебников состоит в том, что материал в нем излагается в форме истин, не подлежащих ни сомнению, ни обсуждению, а проблемные вопросы преподносятся как окончательно решенные, без освещения других точек зрения. Не следует бояться показать в учебнике две простые истины: чем ближе знакомство с наукой, тем больше нерешенных вопросов; дискуссия по проблемам не недостаток, а залог развития науки.

В системе высшего географического образования «Общее землеведение» занимает особое положение. С него начинается вхождение студента в *мир географии.* Оно закладывает основы материалистического комплексного подхода и системного анализа при изучении географических объектов. Два учения — о географической

оболочке и ландшафтах Земли, составляющие основу «Общего землеведения», находят преломление во всех последующих отраслевых и страноведческих географических дисциплинах.

Знакомство студента с учебными пособиями, дополняющими учебник,— это не просто один из видов его самостоятельной работы. Это путь к его более широкой личностной самостоятельности, о чем хорошо сказал академик Д. С. Лихачев: «Качество личности и определяющее мерило ее ценности — самостоятельность».

Глава «Космические и общепланетарные воздействия на географическую оболочку» написана доцентом Воронежского университета В. И. Федотовым.

Автор с признательностью примет все конструктивные критические замечания и предложения по книге.

Автор

Введение

Одно из самых сильных впечатлений космонавтов — вид нашей Земли. «Смотрел то в небо, то на Землю. Четко различались горные хребты, крупные озера. Видны были даже поля. Самым красивым зрелищем был горизонт — окрашенная всеми цветами радуги полоса, разделяющая Землю в свете солнечных лучей от черного неба. Была заметна выпуклость, округлость Земли. Казалось, что вся она опоясана ореолом нежно-голубого цвета, который через бирюзовый, синий и фиолетовый переходит к иссиня-черному» [1].

Эти слова принадлежат Юрию Гагарину, первому из людей, увидевшему из ближнего Космоса географическую оболочку Земли. Наружная оболочка Земли, в которой происходят глубокое взаимопроникновение и активное взаимодействие земной коры, атмосферы, гидросферы и биосферы, и составляет объект изучения общего землеведения. Разнородные компоненты географической оболочки — от инертных минералов до живых организмов — связаны взаимообменом вещества и энергии в единое целое, хорошо пригнанный механизм, функционирующий как динамическая система.

Познание географической оболочки как динамической системы, ее структуры и пространственной дифференциации — задача общего землеведения. Таким образом, общее землеведение следует рассматривать как науку об основных, главнейших географических закономерностях Земли. Не случайно свое последнее учебное пособие по общему землеведению С. В. Калесник (1970) назвал «Общие географические закономерности Земли».

Общее землеведение принадлежит к числу фундаментальных географических наук. Его нельзя рассматривать как введение в физическую географию.

По существу, это методологическое вступление в мир географии в целом. Учение о географической оболочке — та призма, которая помогает определить географическую принадлежность изучаемых предметов, процессов и целых научных дисциплин. Например, земная кора, если изучать только ее физические свойства, представляет собой предмет геофизики; земная кора с точки зрения ее состава, строения и развития изучается геологией; и та же земная кора как структурная часть географической оболочки исследуется географией, точнее, общим землеведением. То же самое относится к атмосфере, изучением которой занимается геофизическая наука *метео-*

[1] *Гагарин Ю.* Вижу Землю. М., 1971. С. 56.

рология. Однако ее нижние слои (тропосфера), входящие в географическую оболочку, служат носителями климата и изучаются одной из отраслевых географических дисциплин — *климатологией*. Принципы и методы изучения географической оболочки как целостной динамической системы являются сквозными для всех других физико-географических наук — страноведческих и отраслевых. Системный же подход с анализом взаимосвязей между структурными частями объекта, широко используемый при установлении закономерностей общего землеведения, сохраняет свое значение во всех подразделениях не только физической, но и экономической географии.

Современная география, подобно биологии, химии, физике и другим фундаментальным наукам, представляет сложную систему обособившихся в разное время научных дисциплин. Какое же место занимает общее землеведение в системной классификации географических наук? Отвечая на этот вопрос, сделаем одно пояснение. У каждой науки различаются *объект изучения* и *предмет изучения*. При этом предмет изучения науки становится объектом изучения целой системы наук на более низкой классификационной ступени. Таких классификационных ступеней — таксонов — четыре: *цикл, семейство, род, вид* (рис. 1).

Вместе с географией в *цикл наук* о Земле входят биология, геология, геофизика, геохимия. У всех этих наук один объект изучения — Земля, но каждая из них имеет свой предмет изучения. У биологии это органическая жизнь, у геохимии — химический состав Земли, у геологии — ее недра, а у географии — земная поверхность как неразрывный комплекс естественного и социального происхождения. На уровне цикла мы видим *предметную сущность единства географии*, о чем давно уже писал В. А. Анучин (1960). Географию обособляет в цикле наук о Земле не один предмет изучения, но и основной метод — описательный. Старейший и общий для всех географических наук описательный метод продолжает усложняться и совершенствоваться вместе с развитием науки. В самом названии *география* (от греч. gé — Земля и grápho — пишу), заключен и предмет и основной метод исследования этой науки.

География на уровне цикла — это *нерасчлененная география*, родоначальница всех других географических наук. Она изучает наиболее общие закономерности и *нерасчлененной* называется потому, что ее выводы одинаково распространяются на все последующие подразделения географической науки.

Семейство географических наук образуют физическая и экономическая география, страноведение, картография, история и методология географической науки. Все они имеют один объект изучения — земную поверхность, предметы же изучения — разные. Предметом изучения физической географии служит географическая оболочка Земли, экономической географии — хозяйство и население в форме территориальных социально-экономических систем. Науки

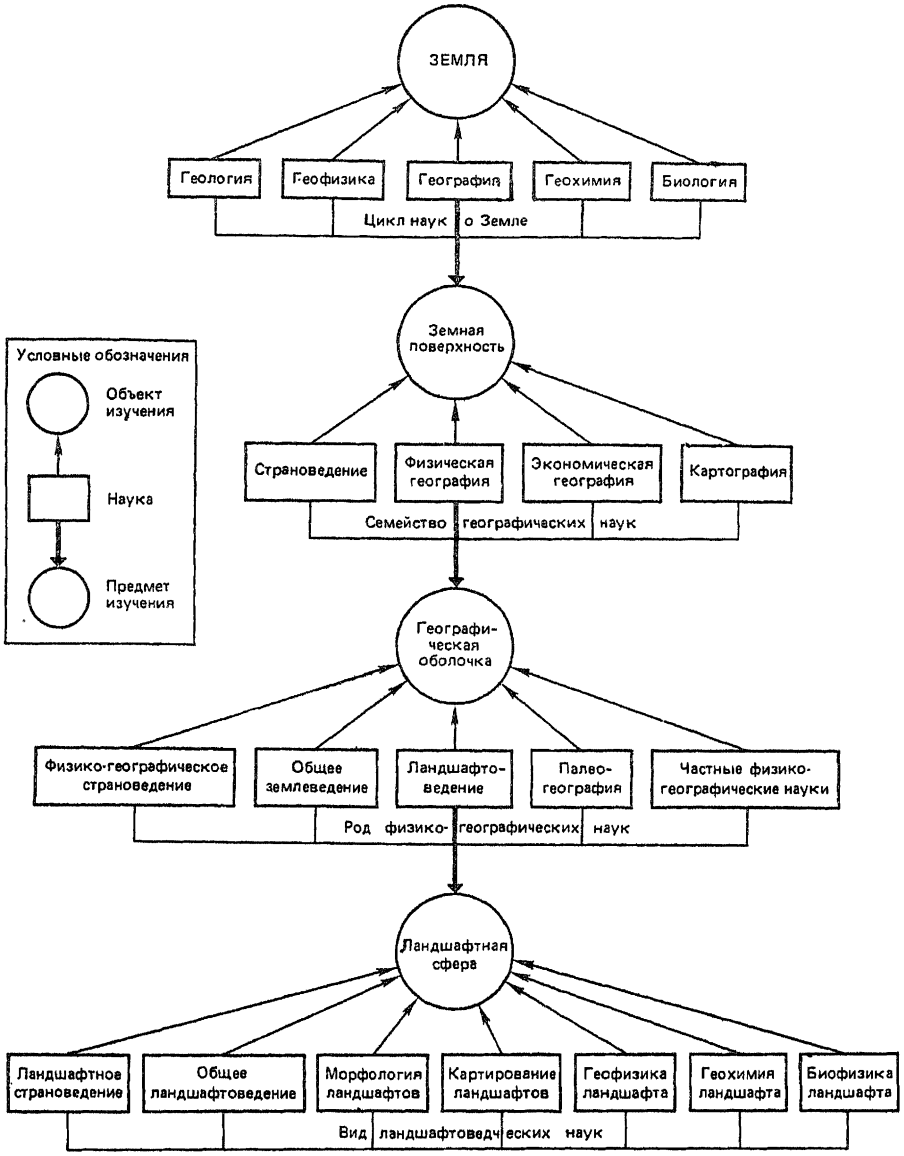


Рис. 1. Место общего землеведения в системной классификации географических наук

географического семейства в той или иной мере связаны с науками других семейств цикла наук о Земле. Физическая география немыслима без знания основ геологии, биологии, геофизики. Особенно далекие «внецикловые» взаимосвязи свойственны экономической географии — общественной науке, опирающейся во многом на законы политической экономии. И все же теснее всего она связана с физической географией, своей «соседкой» по семейству наук. Приходится сожалеть, что в недалеком прошлом было затрачено много усилий не на поиски системных взаимосвязей физической географии с экономической, а на их различия, даже противопоставление, что вело к разрыву этих близких наук.

Наиболее полное выражение синтез физической географии с экономической находит в страноведении. На уровне семейства оно имеет *общегеографический* — триединый (природа, население, хозяйство) — характер. Одни из лучших страноведческих монографий этого типа — «Киргизия» (1946) С. Н. Рязанцева, «Центральная Европа» Э. Мартонна (1938), «Северная Америка» А. Боли (1948), «Индия и Пакистан» О. Спейта (1957).

В семействе географических наук особое место занимает *история и методология географической науки.* Это не традиционная история географических открытий, а история географических идей (разумеется, на фоне расширявшихся географических открытий), история становления современных методологических основ географической науки. Первый опыт создания лекционного курса по истории и методологии географической науки принадлежит Ю. Г. Саушкину (1976).

Род физико-географических наук представлен общим землеведением, ландшафтоведением, страноведением, палеогеографией и частными, отраслевыми науками (геоморфология, климатология, гидрология, география почв, биогеография). Эти разные науки объединяет один объект изучения — географическая оболочка; предмет же изучения каждой из наук специфичен, индивидуален — это какая-либо одна из структурных частей или сторон географической оболочки. *Предметом изучения общего землеведения являются структура, внутренние и внешние взаимосвязи, динамика функционирования географической оболочки как целостной системы.*

Общее землеведение тесно связано с ландшафтоведением. И это естественно, так как предметом изучения ландшафтоведения является тонкий, наиболее активный центральный слой географической оболочки — *ландшафтная сфера,* состоящая из природных территориально-аквальных комплексов разного ранга.

Региональное преломление, синтез идей общего землеведения и ландшафтоведения проявляются в *физико-географическом страноведении.* К нему относятся *физическая география СССР, физическая география материков и океанов* и соответствующие им учебники. Есть много прекрасных монографий о природе отдельных стран, регионов и типов ландшафта.

ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ОБЩЕГО ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ

Становление общего землеведения как науки неотделимо от развития географии в целом. Зачатки его уходят к далекому прошлому — античному времени.

Ученые Древней Греции уже за несколько веков до нашей эры пришли к заключению о шарообразности Земли, тогда же была высказана идея о вращении Земли вокруг своей оси. Многие вопросы общего землеведения были впервые поставлены и нашли свое решение в трудах выдающегося философа и ученого *Аристотеля* (384—322 до н. э.). Его труд «Метеорологика», по существу, курс общего землеведения. В нем говорится о проникновении друг в друга «сфер», о круговороте влаги и образовании рек за счет поверхностного стока, об изменениях земной поверхности, морских течениях, землетрясениях, зонах Земли. *Эратосфену* (около 275—195 до н. э.) принадлежит первое точное измерение окружности Земли по меридиану — 252 тыс. стадий, что близко к 40 тыс. км [1].

Большую и своеобразную роль в развитии общего землеведения сыграл древнегреческий астроном и географ *Клавдий Птоломей* (около 90—168 н. э.), живший в период расцвета Римской империи. И хотя его «Руководство по географии» из 8 книг завершает античный период в развитии географии, оно не стало его вершиной. Птоломей различал *географию* и *хорографию*. Под первой он подразумевал «линейное изображение всей ныне известной нам части Земли со всем тем, что на ней находится» [2]; под второй — подробное описание местностей; первая (география) имеет дело с количеством, вторая (хорография) — с качеством. Птоломеем были предложены две новые картографические проекции, его заслуженно считают «отцом» картографии.

«Руководство по географии» Птоломея не привлекло внимания современников и вскоре было забыто. Небывалый успех его ждал через 1300—1400 лет после смерти автора. Переведенный на латинский язык труд Птоломея в XVI в. издавался более 20 раз, к началу XVIII в. общее число его изданий составило около 50. Подобная канонизация труда Птоломея в эпоху Возрождения и Великих географических открытий имеет свои исторические причины. Средневековая география, основанная на догматах церкви, не могла больше удовлетворять запросы развивающегося общества. Возврат к стихийному материализму античных географов был неизбежен. Труд же Птоломея, обладая для своего времени высоким научным уровнем, в одном исходном положении — признании геоцентрической системы — не расходился со Священным писанием и был для религии «наименьшим злом».

[1] Известно, что близкое к действительности измерение окружности Земли было выполнено за 100 лет до Эратосфена Пифеем.

[2] *Боднарский М. С.* Античная география. М., 1953, С. 286.

В 1650 г. в Голландии *Бернхард Варений* (1622—1650), немец по национальности, публикует «Всеобщую географию»— труд, с которого можно вести отсчет времени общего землеведения как самостоятельной научной дисциплины. В нем нашли обобщение результаты Великих географических открытий и успехи в области астрономии, опирающейся на гелиоцентрическую систему мира (Н. Коперник, Г. Галилей, Дж. Бруно, И. Кеплер). Предмет географии, по Б. Варению, составляет *земноводный круг,* образованный взаимопроникающими друг в друга частями — землей, водой, атмосферой. Земноводный круг в целом изучает *всеобщая география*, отдельные области — предмет *частной географии.* Высоко оценивая общеземлеведческое значение труда Б. Варения, нельзя не отметить его ограниченность,— полное исключение человека из области интересов всеобщей географии.

Через полтора столетия после Варения развертывается научная деятельность немецкого натуралиста *Александра Гумбольдта* (1769—1859). Если Варений — начало отсчета, то Гумбольдт — одна из замечательных вершин в развитии общего землеведения. Гумбольдт — ученый-энциклопедист, путешественник, исследователь природы Южной Америки — представлял природу как целостную, взаимосвязанную картину мира. Величайшая заслуга его состоит в том, что он *вскрыл значение анализа взаимосвязей как ведущей нити всей географической науки.* Пользуясь анализом взаимосязей между растительностью и климатом, он заложил основы географии растений; расширив диапазон взаимосвязей (растительность — животный мир — климат — рельеф), обосновал биоклиматическую широтную и высотную зональность. Углубляя и совершенствуя сравнительно-описательный метод, А. Гумбольдт первым предложил употреблять изотермы в климатических характеристиках.

«Космос», главный труд Гумбольдта, остался незавершенным; из опубликованных четырех частей его (пятая — лишь в фрагментах) наиболее важна первая, синтезирующая данные о Земле и Вселенной, накопленные к тому времени. В этой работе А. Гумбольдт сделал новый шаг к обоснованию взгляда на земную поверхность (предмет географии) как особую оболочку, развивая мысль не только о взаимосвязи, но о *взаимодействии* воздуха, моря, земли, о единстве неорганической и органической природы. Ему принадлежит термин «жизнесфера», по своему содержанию аналогичный биосфере, а в заключительных строчках первой части «Космоса» говорится о «сфере разума», получившей много позже название *ноосферы* [1].

В научном наследии А. Гумбольдта особое место занимает книга «Картины природы»— очерки о тропической природе Южной Аме-

[1] *Есаков В. А., Забелин И. М., Круть И. В.* «Жизнесфера» и «сфера разума» в сочинениях А. Гумбольдта//Взаимодействие общества и природы в процессе общественной эволюции. М., 1981. С. 187—190.

рики — о ее степях и пустынях, порогах на р. Ориноко, ночной жизни животных в тропическом лесу. Здесь он выступает не в роли популяризатора, а как основоположник *художественного ландшафтоведения,* где достоверные факты строгого ученого сливаются в единое целое с высокохудожественными образами мастера слова. Задачи художественного ландшафтоведения предельно четко сформулированы им в Предисловии к первому изданию «Картин природы»: «Я стремился представить картину природы в целом и показать взаимодействие ее сил, а также воспроизвести то наслаждение, которое получает от непосредственного созерцания тропических стран человек, способный чувствовать» [1].

В одно время с А. Гумбольдтом работал *Карл Риттер* (1779—1859), профессор Берлинского университета, основатель первой кафедры географии в Германии. Это был чисто кабинетный ученый и, несмотря на большую известность его трудов по общему землеведению, природоведческая часть их неоригинальна. Землю — предмет географии — Риттер предлагал рассматривать как «жилище рода человеческого» [2]. В такой постановке вопроса нет ничего предосудительного, особенно в наши дни, отмеченные острыми экологическими проблемами глобального уровня. Однако решение проблемы природа — человек у Риттера вылилось в попытку совместить несовместимое — научное естествознание с Богом. Земля и человек на ней, его дела, в представлении Риттера, есть дело божественного провидения.

Столь неприкрытый идеализм главы немецкой университетской географии выглядит для своего времени явным анахронизмом. В этой связи уместно напомнить о давних материалистических традициях в отечественной географии. *М. В. Ломоносов* (1711—1765) еще в 1763 г. в работе «О слоях земных» изложил законы формирования рельефа Земли, не расходящиеся с современными представлениями геоморфологов. В середине XIX столетия *Э. Ленц* (1851) в учебном руководстве так определяет предмет физической географии: «*Предмет Физической Географии* состоит в изложении явлений, наблюдаемых нами как на поверхности земного шара, так и в доступных пределах его внутренности; главная же задача ее заключается в определении: по каким именно физическим законам совершается и совершались наблюдаемые нами явления».

Новые шаги к обоснованию географической оболочки предпринимает немецкий географ и геолог *Ф. Рихтгофен* (1833—1905). Он известен как геоморфолог, исследователь Китая, автор популярной эоловой гипотезы происхождения лёсса. В методологическом труде

---

[1] *Гумбольдт А.* Картины природы. М., 1959. С. 21—22.

[2] Трудно сказать, кому в географии первому принадлежит это выражение. В России Е. Зябловский, профессор Главного Педагогического института в Петербурге, писал в 1818 г., что география «Рассматривает Землю как жилище человеческого рода по наружному виду, свойству и разделению на известные части в настоящее и прошедшее время».

«Задачи и методы современной географии», опубликованном в 1883 г., Ф. Рихтгофен определял предмет географии как твердую земную поверхность, преобразованную взаимодействием с водой, воздухом и населяющими ее организмами. Общую географию он делит далее на три раздела: физическую географию, биогеографию и антропогеографию. Такое искусственное изъятие биогеографических разделов из физической географии не ново. Э. Ленц (1851) также исключал ее из своего учебного руководства. И в первом и во втором случаях сужение рамок физической географии находит объяснение в узкой специализации авторов — Э. Ленц был физиком, а Ф. Рихтгофен — геологом. Тенденция к «урезанной» физической географии сохраняется у некоторых авторов и в последующие периоды.

С 80-х годов прошлого столетия на передовые рубежи в области теории общего землеведения выходит русская география. *В. В. Докучаев* (1846—1903) в монографии «Русский чернозем» (1883) и *А. И. Воейков* (1842—1916) в монографии «Климаты земного шара, в особенности России» на примере почв и климата вскрывают сложный механизм взаимодействия компонентов географической оболочки. В конце XIX столетия В. В. Докучаев приходит к важнейшему теоретическому обобщению в общем землеведении — закону мировой географической зональности. В работах А. Гумбольдта и позже говорилось об ограниченной биоклиматической зональности, а В. В. Докучаев считает зональность как всеобщий закон природы, распространяющийся на все компоненты природы (в том числе и неорганические), на равнины и горы, сушу и море. Пространственным выражением закона мировой зональности являются естественно-исторические зоны [1], а зеркалом, отражающим их природу, взаимодействие живой и мертвой природы,— почвы.

В 1884 г. *Д. Н. Анучин* (1843—1923) в Московском университете организует кафедру географии и этнографии. В 1887 г. кафедру географии открывают в Петербургском университете, год спустя — в Казанском. Организатором кафедры географии в Харьковском университете в 1889 г. стал *А. Н. Краснов* (1862—1914) — ученик В. В. Докучаева и ботаника А. Н. Бекетова по Петербургскому университету, одна из наиболее ярких фигур в отечественной географии. А. Н. Краснов, исследователь степей и зарубежных тропиков, создатель Батумского ботанического сада, в 1894 г. стал первым в России доктором географии после публичной защиты диссертации.

16 сентября 1889 г. 27-летний профессор А. Н. Краснов прочитал в Харькове вступительную лекцию «География как новая университетская наука». Она и сейчас звучит более чем современно. А. Н. Краснов утверждает: «Научное землеведение является по-

[1] Природные и географические зоны В. В. Докучаев предпочитал называть естественно-историческими.

этому наукой, возникшей в наш век пара и электричества, можно сказать, исключительно им обязанною своим существованием: ибо благодаря только этим факторам нашей цивилизации мы можем сопоставить между собой различные явления, одновременно или почти одновременно происходящие на нашем шаре, рассматривать их с точки зрения наблюдателя, стоящего вне земного шара, отыскивать между ними причинную и генетическую связи. Вместо голой суммировки отдельных сведений современная, возникшая наука стремится сгруппировать, расклассифицировать разнородные типы явлений органической и неорганической жизни земного шара, рассматривая их такими, какими они представляются живущему на нем человечеству, и, охарактеризовав их, ищет между ними генетической связи и законности, управляющей их возникновением и взаимодействием» [1].

А. Н. Краснов говорит о трех характерных чертах научного землеведения, отличающих его от старой географии: 1) научное землеведение ставит задачей не описание разрозненных явлений природы, а отыскание взаимной связи и взаимной обусловленности между явлениями природы; 2) научное землеведение интересует не внешняя сторона явлений природы, а их генезис; 3) научное землеведение описывает не неизменную, статичную природу, а природу изменяющуюся, имеющую свою историю развития.

Природа у А. Н. Краснова не изолирована от человека, напротив, его интересует именно та природа, которая служит «современной обстановкой человека». Он утверждает, что научное землеведение возникает у нас не после, а «единовременно» с Западом. «Наука эта,— заканчивает свою лекцию А. Н. Краснов,— широкая по своему плану, требующая как широких обобщений, так и умения всею душою понять чуждую природу, чуждый характер и привычки, по духу своему, какая бы то ни была, соответствует нам, русским, которые, как показали наша история, наша цивилизация, наша беллетристика, более, чем какой другой народ, обладают указанными свойствами».

А. Н. Краснов — автор первого русского учебника для университетов по общему землеведению. Учебник состоит из четырех частей и издавался на протяжении 1895—1899 гг. В методологическом введении к «Основам землеведения» автор утверждает, что *география изучает не отдельные явления и процессы, а их сочетания, географические комплексы* — пустыни, степи, области вечных снегов и льдов и т. п. Такой взгляд на географию как науку о географических комплексах был новым в географической литературе.

Как видим, на протяжении очень длительного времени — от Варения до Докучаева и Краснова — развитие научной географической мысли шло по пути усложнения предмета физической геогра-

---

[1] *Мильков Ф. Н.* А. Н. Краснов — географ и путешественник. М., 1955. С. 165.

фии от двухмерной земной поверхности до объемной наружной оболочки с тесным взаимодействием составляющих ее компонентов.

Наиболее четко мысль о наружной оболочке Земли как предмете физической географии была высказана П. И. Броуновым. В 1910 г. в предисловии к «Курсу физической географии» *П. И. Броунов* писал, что физическая география изучает современное устройство наружной земной оболочки, состоящей из четырех концентрических сферических оболочек: литосферы, атмосферы, гидросферы, биосферы. Все эти сферы проникают одна в другую, обусловливая своим взаимодействием наружный облик Земли и все происходящие на ней явления. Изучение этого взаимодействия — одна из важнейших задач физической географии, делающая ее вполне самостоятельной, отличающей ее от геологии, метеорологии и других родственных наук.

Теоретическое введение не соответствовало дальнейшему изложению материала в учебном курсе П. И. Броунова, построенному традиционно по отраслевому принципу. По-видимому, это обстоятельство послужило причиной того, что его определение предмета физической географии не было замечено современниками.

Широкое, точнее всеобщее, признание географической оболочки как предмета физической географии относится к послеоктябрьскому периоду развития географии. Произошло это не сразу. В 20-х годах в советской географии утверждалась марксистско-ленинская методология, преодолевались идеи географического детерминизма, шла борьба с проявлениями гетнерианства — взглядом на географию как чисто хорологическую науку, проводившимся в работах немецкого географа А. Гетнера.

В 1932 г. *А. А. Григорьев* (1883—1968) выступает с примечательной статьей «Предмет и задачи физической географии». Независимо от П. И. Броунова он пришел к выводу, что земная поверхность представляет качественно особую вертикальную физико-географическую зону, или оболочку, характеризующуюся глубоким взаимопроникновением и активным взаимодействием литосферы, атмосферы и гидросферы, возникновением и развитием именно в ней органической жизни, наличием в ней сложного, но единого физико-географического процесса. Поскольку физико-географическая оболочка Земного шара обладает своими особыми качествами, физико-географическая наука призвана изучать оболочку во всей ее совокупности, в ее диалектическом единстве. Несколько лет спустя А. А. Григорьев (1937) обоснованию географической оболочки как предмета физической географии посвящает специальную монографию. В его же работах нашел обоснование и основной метод исследования географической оболочки — балансовый метод, в первую очередь радиационный баланс, баланс тепла и влаги.

В эти же годы *Л. С. Бергом* закладывались основы учения о ландшафте и географических зонах. В конце 40-х годов предпринимались попытки противопоставить учения А. А. Григорьева о фи-

зико-географической оболочке и физико-географическом процессе и Л. С. Берга о ландшафтах. Единственно правильную позицию в развернувшейся дискуссии занял *С. В. Калесник*, показавший, что эти два направления не противоречат друг другу, а отражают разные стороны предмета физической географии — географической оболочки. Данная точка зрения нашла воплощение в фундаментальном труде С. В. Калесника «Основы общего землеведения» (1947, 1955). Значение этого труда выходит далеко за учебные цели. Работа во многом способствовала широкому признанию географической оболочки как предмета физической географии. С. В. Калесник правильно предложил именовать физико-географическую оболочку А. А. Григорьева географической оболочкой. И дело здесь не только в большей простоте термина, а в том, что в новом термине находит признание участие в современной структуре наружной оболочки Земли человека и продуктов его деятельности.

СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ОБЩЕГО ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ

В 50-х годах текущего столетия в развитии общего землеведения наступил качественно новый этап. В 1957 г. в Советском Союзе совершен запуск первого искусственного спутника Земли. 12 апреля 1961 г. *Юрий Гагарин* первым из людей поднялся в Космос. В последовавшие за этим десятилетия в ближний Космос выведены целые лаборатории со сложнейшей аппаратурой, дающей разнообразную информацию о земной поверхности. Человек впервые получил возможность наблюдать за географической оболочкой не изнутри, а со стороны, видеть не разрозненные мазки, а картину в целом, не деревья, а лес.

Космонавтов поразила красота Земли и ее уникальность, они физически почувствовали неотделимость человечества от Земли, ощутили, как она мала на фоне беспредельного Космоса. Перед ними предстала зримой уязвимость географической оболочки от антропогенных воздействий, отчетливо проявился глобальный масштаб следов загрязнения ее человеком. Охрана географической оболочки, сохранение ее чистоты для последующих поколений, возможные только объединенными усилиями человечества в условиях мира, стали велением времени.

Наблюдения из космоса помогли глубже понять геологическую структуру земной коры, течения и распределение жизни в океане, динамические явления в атмосфере. Главное же — они убедили в реальности географической оболочки как единого целого, функционирующего в результате взаимодействия литосферы, гидросферы и биосферы.

В современный этап развития общего землеведения существовавшая ранее океанография (в лучшем случае океанология) пере-

росла в физическую географию Мирового океана, связанную с физической географией материков едиными *ландшафтно-географическими закономерностями.* Установлен планетарный характер срединно-океанических хребтов, выявлены их природа и роль в тектонической жизни земной коры в свете новой глобальной тектоники (тектоники литосферных плит). По-новому, ближе к действительности, стала рисоваться структура океанических течений. Много неожиданных открытий принесло изучение глубоководной фауны, которая оказалась богаче и разнообразнее, чем предполагалось.

Наряду с океаном активному изучению в современный этап подвергся ледовый вариант ландшафтной сферы. На ледниковом щите Антарктиды круглогодично работают научно-исследовательские станции СССР и ряда других государств. В Центральной Арктике дрейфуют начиная с 1937 г. советские станции «Северный Полюс».

С помощью искусственных спутников Земли, пилотируемых станций, метеорологических ракет получены достоверные физические характеристики верхних слоев атмосферы. Здесь обнаруживается целая система экранов, защищающих географическую оболочку от непосредственного воздействия солнечного ветра, рентгеновского и ультрафиолетового излучений, что позволило М. М. Ермолаеву (1969) различать *географическое пространство* [1]. Верхнюю границу его он проводит у магнитопаузы, на высоте в среднем около 10^5 км.

Современный этап в развитии общего землеведения совпадает по времени с *ландшафтным этапом в развитии физической географии.* Ландшафтная теория и учение о географической оболочке достигли такого уровня, что стали оказывать определяющее воздействие на развитие отраслевых географических наук. Начало ландшафтному этапу было положено Первым Всесоюзным совещанием по вопросам ландшафтоведения в 1955 г.

Познание географической оболочки, а тем более географического пространства как целостных систем — задача столь сложная и трудоемкая, что настоятельно потребовала для своего решения объединения усилий ученых разных стран. Международное сотрудничество в этой области впервые было осуществлено путем проведения первого МПГ (Международного полярного года) в 1882—1883 гг., в максимум солнечной активности. В проведении его участвовало 11 стран, вокруг Северного Ледовитого океана было создано 10 станций, из них 2 — Россией. Второй МПГ проведен в 1932—1933 гг., в минимум солнечной активности. В нем приняли участие 44 страны, организовано свыше 100 станций. С 1 июля 1957 г. начался Международный геофизический год (МГГ), длившийся 30 месяцев. В МГГ участвовало 67 стран, на 4 тысячах станций

---

[1] Лучше говорить не о географическом, а *геофизическом пространстве,* не являющемся предметом изучения физической географии, а лишь образующем внешний фон для географической оболочки.

работали 30 тысяч специалистов в области метеорологии, океанологии, гляциологии, сейсмологии, геомагнетизма. По программе МГГ в СССР работали 500 станций и обсерваторий. Продолжением МГГ можно считать Международные проекты по изучению верхней мантии, литосферы, океана и ледников.

Нарастание негативных экологических проблем глобального характера предопределяет ведущую роль общего землеведения в перспективных программах географических исследований в СССР на ближайшие десятилетия. Постановлением Президиума АН СССР в декабре 1986 г. приоритетным направлением научных исследований в области географии на период до 2000 г. признана разработка теоретических основ землеведения как естественно-научной базы решения проблем взаимодействия общества и природы. Разработка теоретических основ комплексного землеведения стала составной частью общеакадемической программы «Исследование Мирового океана, атмосферы и поверхности суши, рациональное использование их ресурсов». Как отмечает В. М. Котляков, директор Института географии АН СССР, такая формулировка программы вызвана тем, что «теоретическим базисом географической науки выступает землеведение — наиболее общая отрасль географии, изучающая закономерности строения, функционирования, динамики и эволюции географической оболочки на разных взаимосвязанных уровнях: глобальном, континентальном, в рамках отдельных стран, а иногда даже и на локальном» [1]. Все это накладывает в наши дни большую ответственность на общее землеведение как учебную дисциплину.

ОБЗОР ВУЗОВСКИХ УЧЕБНИКОВ ПО ОБЩЕМУ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЮ

Первый отечественный учебник по общему землеведению, предназначенный для военно-учебных заведений, принадлежит Э. Ленцу (1851). В 60-х годах был издан в переводе с немецкого курс лекций «Общее землеведение» К. Риттера (1864). В 1895—1899 гг. в Харькове выходит курс лекций А. Н. Краснова в четырех частях. Составлен и отредактирован он был небрежно, с большим числом погрешностей, и встретил критическое отношение у специалистов. Исключение составила 4-я, наиболее оригинальная и содержательная часть, посвященная географии растений. Большой популярностью в дореволюционные годы пользовался учебник «Основы физической географии» немецкого географа А. Зупана (1899, 1914).

В 1910 г. одновременно увидели свет два учебника по общему землеведению — А. Н. Краснова и П. И. Броунова. Если учебник

---

[1] *Котляков В. М.* Вклад географической науки в программы биосферных и экологических исследований в СССР//Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1988. № 5. С. 37—44.

П. И. Броунова был традиционно-компонентный, то в «Лекциях по физической географии» А. Н. Краснова значительное место отведено описанию крупных ландшафтных областей — новое для учебной литературы того времени. Здесь А. Н. Краснов выступает прямым предшественником Л. С. Берга и А. Г. Григорьева в учении о ландшафтных зонах и поясах.

В советские годы на протяжении трех десятилетий студенты университетов и педагогических институтов изучали общее землеведение по учебнику А. А. Крубера. Наиболее полным было 2-е издание учебника (1922—1923). В нем даны исторический очерк развития географии и общие сведения о Земле, охарактеризованы компоненты природы земной поверхности, в заключительной части — «Антропогеография» — рассказывается о взаимосвязях человека с природой, времени появления и расах человека, расселении и плотности населения. Научный уровень биогеографического и антропогеографического разделов был невысок, и они были сняты в последующих изданиях. Из-за болезни автора 3-е (1936—1937) и 4-е (1938) издания учебника перерабатывались группой географов Московского университета, и книга, сохранив научный уровень, потеряла целостность и не освещала всех сторон общего землеведения.

Очевидно, восполнить недостатки учебника А. А. Крубера был призван перевод трехтомного труда французского географа Э. Мартонна «Основы физической географии» (1939—1945). Но он не оправдал надежд — был велик по объему и содержал устаревшие сведения.

Создание современного, нового типа учебника по общему землеведению связано с именем С. В. Калесника, ученика Л. С. Берга, профессора Ленинградского университета. В предисловии к 1-му изданию учебника «Основы общего землеведения» С. В. Калесник (1947) указывает, что общее землеведение — не механический набор сведений из различных отраслей знания, а самостоятельная ветвь географии со своими интересами; в центре внимания общего землеведения — не факты как таковые, а взаимосвязи между ними, раскрытие основных географических закономерностей Земного шара, точнее, его географической оболочки, составляющей предмет изучения физической географии. Предисловие не расходится с содержанием учебника, изложение материала подчинено раскрытию содержания географической оболочки. Но по своему объему эта книга (свыше 40 печ. листов) была скорее пособием для научных работников и преподавателей. Учебным целям более удовлетворял созданный С. В. Калесником в 1957 г. «Краткий курс общего землеведения».

Особое место в учебной литературе по общему землеведению занимает труд С. В. Калесника «Общие географические закономерности Земли» (1970). Небольшое по объему (16 печ. листов), это учебное пособие автор сам рассматривает как завершение всех своих трудов по общему землеведению. Оно не перегружено фак-

тическим материалом, в центре внимания — обобщения и выводы. В конце книги сформулировано 35 законов и закономерностей, которые не все могут считаться таковыми, так как лишь отмечают индивидуальные черты нашей Земли. «Общие географические закономерности Земли» С. В. Калесника по уровню изложения и кругу затронутых вопросов как учебник больше подходит для «Основных проблем физической географии», читаемых выпускникам факультетов, чем для «Общего землеведения», излагаемого вчерашним школьникам.

В 70-х годах вышли вторым изданием учебники по общему землеведению для педагогических институтов Н. П. Неклюковой (1975—1976) и Л. П. Шубаева (1977). Они составлены в соответствии с программой этой дисциплины в педагогических институтах, имеют ясно выраженный «крен» в сторону компонентной характеристики природы земной поверхности. К настоящему времени они устарели.

Не полный, но полезный для отдельных разделов курса материал содержится в пособиях по «Введению в физическую географию» К. К. Маркова, О. П. Добродеева, Ю. Г. Симонова, И. А. Суетовой (1978) и М. М. Ермолаева (1975). Правда, самостоятельность таких «Введений в физическую географию» как учебных дисциплин весьма сомнительна, что подтверждается крайней несхожестью структуры и содержания этих двух учебных пособий. А ведь составлены они на основании лекций, читавшихся не один год, в первом случае — в Московском университете, во втором — Ленинградском и Калининградском университетах.

Последний по времени издания университетский учебник по общему землеведению составлен К. И. Геренчуком, В. А. Боковым, И. Г. Черваневым (1984). Помимо введения в нем пять глав: 1) «Земля во Вселенной»; 2) «Географическая оболочка, ее состав и структура»; 3) «Динамика географической оболочки»; 4) «Развитие географической оболочки»; 5) «Основы управления глобальными географическими процессами». Содержание учебника лишь частично совпадает с программой дисциплины «Общее землеведение», по которой сейчас читается этот курс в университетах.

Каждый учебник — зеркало своей науки на определенном этапе ее развития. Рамки зеркала не позволяют освещать с исчерпывающей полнотой все стороны предмета. Именно поэтому для заинтересованного читателя даны ссылки на литературу.

ГЛАВА I. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА, ЕЕ СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Дифференциация вещества — характернейшая черта эволюции Земного шара. Выражением ее служит оболочечное строение Земли, свойственное также в той или иной форме и другим планетам Солнечной системы. Внутреннее твердое ядро, внешнее жидкое (расплавленное) ядро, мантия, земная кора, гидросфера, атмосфера образуют основные оболочки Земли, отличающиеся химическим составом и качественно различным состоянием вещества.

Согласно господствующим представлениям, усложнение структуры Земли, образование ее оболочек протекало следующим образом. Материалом для возникновения Земли послужило холодное вещество — хондры, входящие в состав каменных метеоритов. Источником дифференциации относительно однородного первичного вещества было тепло радиоактивного распада и уплотнения глубинного вещества в результате сжатия. Оно дало толчок к началу выплавления и дегазации вещества мантии, к образованию земной коры, атмосферы и гидросферы. Эта гипотеза образования оболочек Земли в результате *зонной плавки* получила широкое признание у геохимиков и геофизиков.

Есть и другая гипотеза образования земных оболочек, предполагающая существование необычно плотной атмосферы на самом раннем, догеологическом, этапе развития Земли. Моделью для нее послужила Венера.

Земные оболочки отличаются друг от друга не только составом, но и мощностью, а также различной степенью дифференциации вещества, находящей свое выражение в слоистости.

Атмосфера — верхнее воздушное покрывало Земли — наиболее изученная из оболочек Земли. По распределению температуры в ней различают:

1) *тропосферу* (до высоты 9—17 км), в которой температура с высотой убывает в среднем на 0,65°/100 м. У верхней границы тропосферы средняя температура над экватором около — 70°С, над Северным полюсом около —65 °С зимой и —45 °С летом. В тропосфере сосредоточены основная масса воздуха и почти весь водяной пар;

2) *стратосферу* (до высоты 50—55 км) с изотермическим слоем внизу и повышением температуры у верхней границы от +1 до +5°С. Повышение температуры с высотой обусловливает низкую

турбулентность стратосферы. На высоте 25—30 км наблюдается максимальное для атмосферы содержание озона, сильно поглощающего солнечную радиацию, чем и вызвано повышение температуры в стратосфере;

3) *мезосферу* (до высоты 85—95 км) с новым падением температуры до девяносто градусов ниже нуля у верхней границы. Давление воздуха вверху мезосферы примерно в 200 раз меньше, чем у земной поверхности. На уровне 80 км от поверхности Земли заключено свыше 99,5% всей массы атмосферы. Иногда верхняя граница мезосферы становится зримой по своеобразным серебристым облакам, подсвеченным зашедшим за горизонт Солнцем и состоящим скорее всего из кристаллов льда;

4) *термосферу*, распадающуюся на ионосферу и экзосферу. В ионосфере разреженный воздух сильно ионизирован и на высоте 800 км достигает температуры +1500 °С. Ионизация возникает под воздействием ультрафиолетовой радиации Солнца на молекулы атмосферных газов. Особенность ионосферы — резкое возрастание (в миллионы раз) электропроводимости воздуха. Различия в вертикальной структуре и колебания в составе ионосферы определяют возможность и степень надежности дальней радиосвязи. В ионосфере, преимущественно в высоких широтах, наблюдается красивейшее атмосферное явление — полярное сияние. Выше 800—1000 км начинается *экзосфера* (внешняя атмосфера), или *сфера рассеяния*. Из-за больших скоростей движения частиц газа здесь происходит утечка («ускользание») в мировое пространство преимущественно атомов водорода.

На высоте порядка 2000—3000 км экзосфера переходит в *земную корону*, прослеживающуюся до высоты более 20 000 км и образованную «ускользнувшими» из экзосферы частицами водорода.

Сравнительно маломощна и не покрывает всей Земли вторая оболочка — **гидросфера.** Из 1,5 млрд. км³ общего объема гидросферы 94% (по другим данным, 96,5%) приходится на океан, или океаносферу (по предложению В. Н. Степанова, 1983). При глубине океаносферы до 11022 м и средней около 4 тыс. м в ней выделяют четыре структурные зоны (слоя) с различными свойствами воды. Характеристика их и гидросферы в целом дана в гл. III. Отметим лишь, что, несмотря на ограниченный объем океаносферы, ее масса примерно в 250 раз больше таковой атмосферы.

О земной коре, во всяком случае о ее нижних слоях, а тем более о мантии и ядре Земли, меньше достоверных данных, чем об атмосфере и гидросфере. О строении недр глубже первых километров мы знаем в основном по материалам сейсмического зондирования — скорости прохождения продольных и поперечных волн, которые могут интерпретироваться неоднозначно. Так, Кольская сверхглубокая скважина, впервые позволившая увидеть образцы пород с глубины более 12 км, принесла много неожиданного. По данным сейсмического зондирования предполагалось, что она на

глубине 7 км должна была пройти «гранитный» слой и войти в «базальтовый» [1]. В действительности она вошла в толщу гнейсов, гранитогнейсов и амфиболитов архейского возраста, не обнаружив «базальтового» слоя.

Земная кора — верхняя твердая оболочка Земли. От мантии ее отделяет граница Мохоровичича (ее часто называют границей Мохо), характеризующаяся резким нарастанием скоростей сейсмических волн. Она была установлена в 1909 г. югославским ученым А. Мохоровичичем. Толщина земной коры небольшая — от 55—70 км под молодыми складчатыми горами на континентах до 4—6 км под срединно-океаническими хребтами и некоторыми абиссальными впадинами. По сравнению с мантией и ядром земная кора представляет очень тонкий, жесткий и хрупкий слой, сложенный более легким веществом с избытком кремнезема, щелочи, воды и недостаточным количеством магния и железа, преобладанием осадочных, или бывших осадочных, пород. «Кора — это все то легкое, менее плотное, что недра Земли, находящиеся под большим давлением, вытолкнули из себя, образовав пену» [2].

Как и другие оболочки, земная кора слоиста: под континентами она трехслойна (осадочный слой — «гранитный», «базальтовый»), под океанами — двухслойна (осадочный слой — «базальтовый»).

Мантия — подкоровая оболочка, идущая, по К. Е. Буллену (1978), на глубину до 2900 км. Она делится на *верхнюю* толщиной около 900 км и *нижнюю* толщиной около 2000 км *мантии.* Вещество мантии твердое, и, судя по немногим находкам его на дне океана, оно представлено породами ультраосновного и основного составов.

Земная кора совместно с верхней мантией образует *тектоносферу* — арену тектонических движений и деформаций. Существенно, что тектоносфера сверху вниз неоднородна по геологическому состоянию (текучести) вещества. Земная кора и прилегающие к ней слои верхней мантии составляют *литосферу*, сравнительно хрупкую оболочку, обладающую упругими свойствами вверху и упругопластичными — внизу. Ниже литосферы располагается *астеносфера* — менее твердая и менее вязкая, но более пластичная оболочка. Глубина кровли астеносферы: первые километры под срединно-океаническими хребтами, первые десятки километров под молодыми орогенами, около 150 км под плитами древних платформ, а под щитами платформ не прощупывается существующими методами до глубин 150—200 км. Таким образом, в сводах молодых горных сооружений, как и в осевых зонах срединно-океанических хребтов, кровля астеносферы может пересекать границу Мохо, внедряясь в земную кору (В. Е. Хаин, 1984; В. Е. Хаин,

---

[1] Имеется в виду комплекс горных пород с проводимостью сейсмических волн, близкой к гранитам и базальтам.

[2] *Резанов И. А.* Эволюция земной коры. М., 1985. С. 140.

А. Е. Михайлов, 1985). Астеносфера — источник вулканизма. В ней находятся очаги расплавленной магмы, внедряющейся в земную кору или изливающейся на земную поверхность.

С точки зрения сторонников новой глобальной тектоники все землетрясения возникают в литосфере, поскольку только она способна реагировать на напряжения как хрупкое твердое тело. Это справедливо и в отношении глубоко- и среднефокусных землетрясений, возникающих при погружении литосферных плит в астеносферу (К. Ле Пишон, Ж. Франшто, Ж. Боннин, 1977).

Внешнее ядро Земли толщиной 2200 км предположительно находится в жидком (расплавленном) состоянии.

Внутреннее ядро радиусом порядка 1200 км состоит скорее всего из железа с примесью более легких элементов.

УНИКАЛЬНОСТЬ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ И ЕЕ ГРАНИЦЫ

Выделение всех перечисленных оболочек Земли — от железного (предположительно) ядра до газовой атмосферы — основывается на учете какого-либо одного агрегатного состояния вещества; твердого, жидкого или газообразного. С этих позиций места для географической оболочки не остается. Но особенность географической оболочки, ее уникальность состоит как раз в том, что вещество представлено в ней не одним и не двумя, а тремя агрегатными состояниями. С точки зрения агрегатного состояния вещества она представляет не единую, а триединую оболочку. Наблюдается это в зоне соприкосновения, взаимопроникновения и взаимодействия друг с другом литосферы, атмосферы и гидросферы.

Именно здесь, в ядре географической оболочки, в зоне активного взаимодействия литосферы, гидросферы и атмосферы, зародилась органическая жизнь, присутствие которой — вторая уникальная особенность не только одной из оболочек, но и Земли как планеты в целом. Органическая жизнь в ее различных проявлениях, свойственная всей гидросфере, распространяется на несколько километров в глубь литосферы, разносится потоками воздуха по тропосфере. Зона органической жизни образует одну из специфических оболочек Земли — *биосферу*. Тонкий горизонт ее с наибольшей концентрацией живого вещества на поверхности суши, океана, океанического дна получил название *биострома* (живого покрова).

Каковы же мощность, верхняя и нижняя границы географической оболочки? Известно, что мощность ее измеряется, по меньшей мере, первыми десятками километров. Единого мнения в отношении границ нет, как нет и четко обозначенных границ взаимопроникновения друг в друга литосферы, атмосферы и гидросферы.

А. А. Григорьев (1960, 1963) верхнюю границу географической оболочки проводит в стратосфере на высоте 20—25 км, ниже слоя максимальной концентрации озона, как известно, «очищающего»

солнечную радиацию от избытка ультрафиолетовых лучей. Ниже этого слоя наблюдаются движения воздуха, связанные с взаимодействием атмосферы с сушей и океаном; выше движения атмосферы этого характера сходят на нет. Нижняя граница, по его мнению, проходит вверху подкорового слоя, несколько ниже сейсмической поверхности Мохоровичича. Взаимодействие подкорового слоя, обладающего повышенной пластичностью, с вышележащей земной корой играет важнейшую роль в формировании рельефа Земли. На материках нижняя граница географической оболочки располагается в среднем на глубине 30—40 км от дневной поверхности, понижаясь под горными системами до глубины 70—80 км. Значительно ближе к поверхности лежит нижняя граница географической оболочки под океанами — всего 5—8 км ниже дна в районах больших глубин.

Таким образом, мощность географической оболочки, по А. А. Григорьеву, составляет 50—100 км на материках и 35—45 км на океанах.

В границах, близких к обозначенным А. А. Григорьевым, рассматривает географическую оболочку А. М. Рябчиков (1972), с той лишь разницей, что внизу ее распространение он ограничивает земной корой.

С. В. Калесник (1970) понимал географическую оболочку более узко. Отодвигая ее верхнюю границу в атмосфере на высоту 25—30 км, он ограничивал нижнюю границу географической оболочки в литосфере зоной *гипергенеза* (от греч. hyper — поверх и образование), охватывающей самый верхний (до глубины 500—800 м) слой литосферы. В этой зоне глубинное минеральное вещество земной коры подвергается преобразованию под влиянием различного рода экзогенных процессов.

А. Г. Исаченко (1953) в географическую оболочку включает воздушную тропосферу, гидросферу и верхнюю толщу (до 5—6 км глубины) литосферы, где осадочные породы сохраняют характерные черты. Примерно в тех же границах видел географическую оболочку И. М. Забелин (1959), но связывал нижнюю границу географической оболочки нижним пределом распространения органической жизни и воды в жидком состоянии.

По мнению Д. Л. Арманда (1957), географическая оболочка простирается от тропопаузы в атмосфере до нижних горизонтов земной коры включительно. В свете современных данных эти границы географической оболочки представляются наиболее обоснованными. Главные доводы в пользу такого утверждения сводятся к следующему: свойства воздушных масс тропосферы, формирующих климат Земли, определяются воздействием на них подстилающей поверхности; земная кора с ее пространственной неоднородностью вещественного состава и мощности, тектоническими движениями, проявлениями вулканизма образует «литогенную основу» ландшафтов в широком смысле этого понятия. В этих пределах мощ-

ность географической оболочки колеблется от 80 км под складчатыми горами на континентах до 20—25 км в районах срединно-океанических хребтов.

Учитывая принятые границы географической оболочки, ее в первом приближении можно определить как *взаимодействующую парадинамическую систему земной коры, воздушной тропосферы, гидросферы и биострома Земли.*

ВОПРОСЫ ТЕРМИНОЛОГИИ

Несмотря на широкое распространение термина *географическая оболочка,* среди специалистов появляются предложения о его замене.

Ряд исследователей, включая А. А. Григорьева, ставят знак равенства между географической оболочкой и географической средой. По их мнению, эти названия дополняют друг друга, характеризуют одно и то же явление природы с разных сторон. Однако термин *географическая среда,* предложенный в 70-х годах XIX в. Элизе Реклю, является скорее социально-исторической, а не естественной категорией. Границы географической среды изменяются вместе с развитием человеческого общества. Для палеолитического человека ею была лишь незначительная часть географической оболочки, сводившаяся к собственно земной поверхности. Ныне деятельность человека (авиация, полеты космонавтов) вышла за пределы верхней границы географической оболочки, распространяется на дно океанической абиссали, а сверхглубокое бурение приближает нас к нижним слоям земной коры.

Ю. К. Ефремов (1969) географическую оболочку называет *ландшафтной.* Но ландшафты занимают лишь тонкий слой географической оболочки, который и следует называть *ландшафтной сферой,* не противопоставляя этот термин географической оболочке.

А. Г. Исаченко (1965) предложил именовать географическую оболочку *эпигеосферой* (от греч. hyper — поверх), подчеркивая, что это наружная земная оболочка. Но, как уже отмечалось, земные оболочки выделяются не просто по их пространственному положению и к тому же наружное положение на Земле занимает не географическая оболочка, а атмосфера.

На замене географической оболочки термином *биогеносфера* настаивал И. Б. Забелин (1959), считая, что этот термин имеет якобы то преимущество, что подчеркивает важнейшую особенность данной оболочки — зарождение и развитие жизни. По содержанию термин «биогеносфера» близок к широко распространенному термину «биосфера» и усложнять этот последний термин и тем более заменять географическую оболочку новым названием нет оснований.

Помимо сказанного, есть еще одно важное соображение в поль-

зу термина «географическая оболочка». Слова «оболочка» и «сфера» (от греч.— шар) близки по смыслу, но географическая оболочка, состоящая из элементов различных сфер (атмосфера, гидросфера и т. д.),— понятие более высокого иерархического ранга, чем сфера.

СТРУКТУРНЫЕ ЧАСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ И ВНУТРИКОМПОНЕНТНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

Воздушная тропосфера, земная кора, Мировой океан с внутриконтинентальными водоемами, биостром составляют *структурные части географической оболочки,* а заключенное в них вещество — ее *компоненты.* При всей несхожести, физическом различии структурных частей у них есть одна общая, очень существенная для функционирования географической оболочки черта — непрерывный процесс перемещения вещества. «Первая наипростейшая форма движения — это механическая, простое перемещение»[1].

В разных структурных частях внутрикомпонентное перемещение вещества, обусловленное различными причинами, протекает с неодинаковой скоростью. Наиболее подвижна и скоростна воздушная тропосфера. Совершенно неподвижного приземного воздуха при безветрии не бывает. При скорости 500—700 см/с ветер принято считать *умеренным,* при 1200—1500 см/с — *сильным,* свыше 2900 см/с — *ураганом.* В тропических циклонах отдельные порывы могут достигать 10 000 см/с, а в струйных течениях верхней части тропосферы — превышать 10 000 см/с. Условно в качестве средней скорости перемещения вещества в воздушной тропосфере можно принять величину 500—700 см/с — она соответствует умеренному ветру по *шкале Бофорта* и средней скорости пассатов у земной поверхности.

В Мировом океане в связи с бо́льшей плотностью воды скорости перемещения вещества намного ниже по сравнению с воздушной тропосферой. Перемещение вещества свойственно всей толще вод Мирового океана, причем здесь в отличие от воздушной тропосферы наблюдается общее закономерное убывание скорости переноса вод в вертикальной плоскости. Средняя скорость морских течений около 2—3 см/с. Значительными средними скоростями — выше 5 см/с — обладают Гольфстрим и Куросио; в Экваториальном противотечении максимальные скорости достигают 11—13 см/с. Применительно к Мировому океану в целом средние скорости переноса вод (см/с) составляют: на поверхности — 1,38, на глубине 100 м — 0,62, 200 м — 0,54, 500 м — 0,44, 1000 м — 0,37, 2000 м — 0,30, 5000 м — 0,25 (В. Н. Степанов, 1983).

Если в воздушной тропосфере и Мировом океане перемещение

[1] *Маркс К., Энгельс Ф.* Полн. собр. соч. 2-е изд. Т. 20. С. 563.

вещества совершается достаточно быстро, хотя и с разной скоростью, то в земной коре этот процесс настолько замедлен, что для его установления требуются специальные исследования. Скорость перемещения вещества в земной коре измеряется миллиметрами и несколькими сантиметрами в год. По данным 31 замеренного определения, скорость спрединга (раздвижения) срединно-океанического хребтов варьирует от 1 см/год в Северном Ледовитом океане до 6 см/год в экваториальной части Тихого океана (К. Ле Пишон, 1974). В 1986 г. были открыты явления *сверхскоростного спрединга,* достигающего в южной части Восточно-Тихоокеанского поднятия 16 см/год (Гидротермы в зоне сверхскоростного спрединга, 1986). Но они, по-видимому, очень редки и принятая рядом авторов средняя скорость спрединга для всей рифтовой зоны океана в 1,3 см/год может считаться близкой к действительности. Того же порядка инструментально установленная вертикальная скорость современных тектонических движений на континентах.

При соотнесении переменного вещества на 1 см в воздушной тропосфере, Мировом океане и земной коре с единицами времени получим соответственно сотые доли секунды — секунду — год ($3{,}16 \cdot 10^7$ с).

Во всех трех структурных частях внутрикомпонентное перемещение вещества совершается в форме *круговоротов,* лучше всего изученных в воздушной тропосфере, что нашло отражение в известной схеме общей циркуляции атмосферы. Близкая картина наблюдается в Мировом океане, глобальное перемещение поверхностных вод в котором осуществляется с помощью незамкнутых крупномасштабных циркуляционных систем. Отдельные звенья таких систем — океанические течения — известны давно, но их сложная многослойная структура по-настоящему обрисовывается только сейчас (открытие мощных экваториальных поверхностных противотечений, океанических вихрей, установление «меандрирования» поверхностных течений и др.).

Круговороты вещества в земной коре находят объяснения в стройной гипотезе новой глобальной тектоники, или тектоники литосферных плит. Она исходит из того, что литосфера и астеносфера образуют взаимодействующую систему по обмену веществом. Под влиянием восходящих движений в астеносфере литосферные плиты *расходятся* в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов (конструктивные границы плит) и *сходятся* в «дугах сжатия» (К. Ле Пишон, Ж. Франшто, Ж. Боннин, 1977), где одна из плит погружается в астеносферу (деструктивные границы плит). Тектоника литосферных плит, хотя и имеет свои нерешенные вопросы, положительно воспринята подавляющей частью геологов, а геоморфологи делают из нее далеко идущие выводы о генезисе мегарельефа земной поверхности.

Во всех структурных частях перемещение вещества протекает в двух направлениях: горизонтальном и вертикальном. Они не про-

тивостоят друг другу, а представляют разные отрезки одного и того же круговорота.

Биостром — четвертая структурная часть географической оболочки — имеет много специфических черт[1]. Это живой покров Земли, свойственный тонкой контактной зоне трех предыдущих структурных частей географической оболочки. Горизонтальное перемещение вещества осуществляется здесь путем размножения. «Растекание размножением», «растекание жизни» (В. И. Вернадский, 1926) протекает с необычайной скоростью. Энергию «растекания жизни» В. И. Вернадский называет геохимической энергией жизни, а сам процесс этот уподобляет процессу растекания газа.

Круговороты как форма перемещения вещества присущи и биостому, но здесь они приобретают свои особенности. Горизонтальный круговорот представлен триадой: рождение — размножение — гибель (разложение); вертикальный — процессом фотосинтеза. И тот и другой в формулировке А. И. Перельмана (1975) находят единство в малом биологическом круговороте: « ... химические элементы в ландшафте совершают круговороты, в ходе которых многократно поступают в живые организмы («организуются») и выходят из них («минерализуются»)»[2].

ВЗАИМОПРОНИКНОВЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТРУКТУРНЫХ ЧАСТЕЙ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ. МЕЖСТРУКТУРНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

Структурные части географической оболочки выступают по отношению друг к другу как резко контрастные, уже сами по себе динамичные среды, между которыми осуществляется активный обмен веществом и энергией.

Земная кора — единственная из структурных частей географической оболочки, взаимодействие которой с другими частями осуществляется не только путем прямого проникновения ее вещества в другие сферы, но и косвенно, посредством морфологии (рельефа) земной поверхности.

Существует два основных способа проникновения (рассеивания) вещества земной коры в географической оболочке: внутренний (эндогенный) и внешний (экзогенный). *Эндогенное рассеивание* проявляется в виде *вуканизма*. По утверждению Е. К. Мархинина (1980), вся земная кора была постепенно сформирована из вулканического материала и продуктов его эволюции. Роль вулканизма была особенно значительна на ранних этапах геологической истории Земли. Но и сейчас значение вулканизма в жизни географиче-

---

[1] В зарубежной литературе в понятие «биостром» вкладывают более узкое содержание.

[2] *Перельман А. И.* Геохимия ландшафта. М., 1975. С. 58.

ской оболочки трудно переоценить. Общее число действующих вулканов на Земле составляет 808, из них подводных 72 (В. И. Влодавец, 1974). Большинство действующих вулканов расположено в виде 57 дугообразных или почти прямолинейных узких вулканических цепей — полос проницаемости, связанных с разломами, рифтами и поясами горообразования. За последние сотни лет только наземные вулканы Земли поставляют в среднем ежегодно 1 км^3 ювенильного вещества. Очень активна вулканическая деятельность в зоне срединно-океанических хребтов — вынос лавы здесь оценивается в 5—6 км^3/год. На глубинах свыше 1,5—2,0 км из-за большого давления «лавовое вещество спокойно выдавливается из трещин, как паста из тюбика» (И. В. Мелекесцев, 1980). При этом наблюдается заметное тепловое воздействие перегретой лавы на прилегающие слои океанических вод. Иллюстрацией теплового воздействия земной коры на гидросферу служит непрерывный глубинный тепловой поток, находящий экстремальное выражение в гидротермах, как оказывается, не таких уж редких в Океане.

При сильных извержениях вулканические выбросы достигают стратосферы и разносятся по всему Земному шару, снижая прозрачность атмосферы и уменьшая прямую солнечную радиацию, влияя тем самым на климат географической оболочки. После извержения в 1912 г. вулкана Катмай на Аляске прямая солнечная радиация в Павловске под Петербургом уменьшилась за год более чем на 10%. Средняя температура воздуха после крупного извержения снижается на несколько десятых градуса для полушария, а если вулкан расположен вблизи экватора, то и для всей Земли. В геологическом прошлом наблюдались периоды более активной вулканической деятельности, приводившие, по мнению М. И. Будыко (1985), к аэрозольным климатическим катастрофам, вызвавшим гибель одних групп растений и животных и появление новых. Е. К. Мархинин (1980) утверждал, что вся геохимическая эволюция осадочной, водной и воздушной оболочек Земли сводится к преобразованию вулканического материала с течением времени.

Эндогенное влияние на климат может проявляться, помимо вулканического загрязнения атмосферы, через нарушение термики океанических вод, вызванное землетрясениями (выход на поверхность холодных масс в результате цунами, изменение дна Океана и направления течений).

Экзогенное рассеивание вещества земной коры обязано в значительной мере эоловому развеванию, подъему мелкоземлистой пыли высоко в атмосферу и переносу ее на многие сотни и даже тысячи километров. Главными очагами эоловой пыли служат пустыни, в отдельные годы весной при суховеях — распаханные степи.

Эоловая пыль африканской Сахары оседает в Средней и Северной Европе, достигает центральных районов Русской равнины, а пассатными ветрами переносится через весь Атлантический океан до берегов Флориды, обогащая минеральным веществом земной

коры гидросферу. Особенно много выпадает пыли в районе островов Зеленого Мыса. Эту часть Атлантики из-за сильной запыленности древние греки и римляне называли «Темным морем», арабы — «морем Темноты». Величина эоловой аккумуляции невулканического происхождения над Мировым океаном оценивается в пределах 2,0—7,5 млрд. т/год.

Пространственно ограниченнее, но масштабнее водное рассеивание вещества земной коры. По разным источникам, твердый сток с поверхности суши (без Антарктиды, Гренландии и арктических островов) составляет от 6,7 до 32,5 млрд. т/год, а сток растворенных веществ — от 2,7 до 7,6 млрд. т/год (Л. Г. Бондарев, 1974).

Экзогенное рассеивание вещества земной коры в географической оболочке — результат воздействия на нее воздушной тропосферы и гидросферы с их активно перемещающимся веществом. В конечном итоге его следует рассматривать как не полностью замкнутый процесс, состоящий из: 1) *ассимиляции* воздушной тропосферой и гидросферой частиц земной коры, 2) их *транспортировки,* 3) последующей *аккумуляции* в наземных условиях или дне водоемов.

Косвенное воздействие земной коры на другие структурные части географической оболочки проявляется через рельеф земной поверхности. Рельеф влияет на скорость и направление ветра, температуру и влажность приземных слоев воздуха. Подводные хребты, изменяя направление глубинных течений, воздействуют на циркуляцию океанических вод в целом, затрудняют водообмен между морями и океанами. Морфология земной коры регулирует степень развития и продуктивность наземного и подводного биостома с тем существенным различием, что на предельных высотах у первого происходит деградация биостома (нивальные ландшафты), у второго — усложнение его структуры и повышение продуктивности.

Большой глубиной проникновения в другие сферы и разносторонним характером воздействия на них отличается воздушная тропосфера. Своеобразно и неповторимо проникновение атмосферы в биостром, определяющее ход фотосинтеза. Как известно, в его процессе создается органическое вещество, строительным материалом для которого служит углекислый газ (CO_2), энергетической базой — солнечное освещение, а «отходами производства» — свободный кислород (рис. 2).

Меняя свойства, атмосферный воздух проникает в глубокие недра земной коры. Почвенный воздух заметно отличается от наружного — в нем больше углекислоты и меньше кислорода. Между ними происходит постоянный газообмен, интенсивность и характер которого меняются в дневные и ночные часы и в зависимости от сезона года. Можно говорить, что «почва постоянно «дышит»: выделяет углекислоту в приземные слои атмосферы, а в почву поступает воздух, богатый кислородом» (И. П. Герасимов, А. А. Глазовская, 1960). По мере проникновения в глубь земной коры по

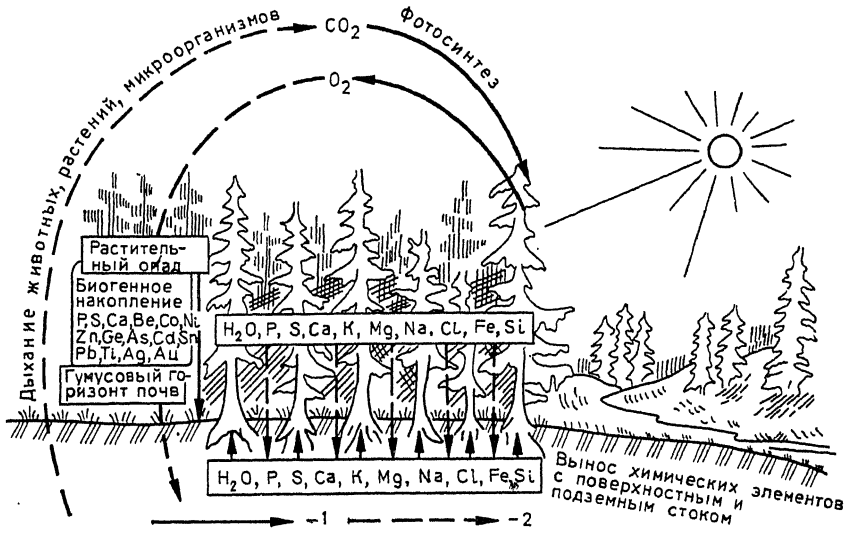


Рис. 2. Фотосинтез в системе биологического круговорота химических элементов в ландшафте (по А. И. Перельману, 1975):

1 — процессы биогенной аккумуляции элементов, идущие с поглощением энергии, приводящие к росту упорядоченности, сложности, разнообразия; *2* — процессы минерализации, идущие с выделением энергии и приводящие к уменьшению упорядоченности, сложности организации, разнообразия (энтропийные процессы)

различного рода трещинам и пустотам атмосферный воздух теряет сначала кислород, участвующий в реакциях окисления, затем углекислый газ, азот, признаки которого исчезают на глубине 3—4 км (А. А. Григорьев, 1952).

Если почва, взаимодействуя с атмосферой, «дышит», то это выражение еще более справедливо в отношении океана. Содержание газа в воде зависит главным образом от ее температуры. При 25°С растворяется до 4,9 $см^3/л$ кислорода и 9,1 $см^3/л$ азота, при 5 °С — соответственно 7,1 и 12,7 $см^3/л$. Вот почему зимой и ночью преобладает поглощение газов водами океана, летом и днем — выделение и отдача их обратно в атмосферу.

Процесс рассеивания кислорода и других газов атмосферы охватывает всю толщу океанических вод, что определяет высокий окислительный потенциал раствора океанической воды (А. М. Виноградов, 1967).

Помимо рассеивания, воздушной тропосфере присущ *динамический эффект* воздействия на другие структурные части географической оболочки. Его следствием на материках служит эоловая пыль, на океанах — поверхностные фрикционные, т. е. связанные с трением, морские течения (дрейфовые и ветровые), волнение, турбулентное перемешивание воды. «Главным источником энергии морских течений являются ветры, касательное напряжение кото-

рых вызывает и поддерживает на поверхности океанов движение вод»[1].

Активен процесс рассеивания в географической оболочке вещества *водной оболочки Земли.* Она — важнейший поставщик водяных паров в воздушную тропосферу. Водяной пар — обязательный компонент тропосферного воздуха, его нет, как известно, только в идеальной (теоретической) атмосфере, не существующей в природе. Распределение водяного пара и его производных с высотой оправдывает принятый ранее термин *рассеивание.* Если содержание водяного пара у земной поверхности колеблется в среднем от 0,2% по объему в полярных странах до 2,5% вблизи экватора, то уже на высоте 1,5—2 км оно падает вдвое, а на высоте 10—12 км — в 100 раз.

Рассеивание вещества водной оболочки в атмосферу имеет важнейшие для географической оболочки динамические последствия. Океан затрачивает огромное количество тепла на испарение — до 10^{24} Дж в год. Это тепло, освобождаясь при конденсации водяных паров в атмосфере, становится здесь основным источником энергии циркуляционных процессов. Турбулентный теплообмен между океаном и атмосферой в 9 раз меньше затрат тепла на испарение, причем во всех океанах, кроме Северного Ледовитого, тепло таким способом передается атмосфере. Турбулентный теплообмен океана с атмосферой играет ведущую роль в смягчении глобального климата. «Основная общепланетарная закономерность теплообмена состоит в его влиянии на повсеместное смягчение климата: в низких широтах с океана на сушу выносится более холодный воздух, а в высоких широтах — значительно более теплый»[2].

В литосфере вода, проникая на большую глубину, находится во всех трех фазах: жидкой, твердой, парообразной. Оказывая воздействие на вмещающие их горные породы, подземные воды сами испытывают влияние последних, что особенно сказывается на составе и степени их минерализации. В основном преобладают глубинные рассолы; пресных вод, находящихся в зоне активного водообмена, сравнительно немного. Тем не менее их роль в питании наших рек очень велика — 31% от полного речного стока приходится на подземный сток. Широко распространены минеральные воды, используемые в лечебных целях. Значительные запасы тепла заключены в гидротермальных водах, частично уже используемых человеком. Грунтовые воды — верхний горизонт подземных — испытывают сильнейшее воздействие биострома и легко подвержены антропогенному загрязнению.

В наземных условиях вода проникает в литосферу путем инфильтрации (просачивания) атмосферных осадков и поверхностных

---

[1] *Гембель А. В.* Общая география Мирового океана. М., 1979. С. 109.
[2] *Степанов В. Н.* Океаносфера. М., 1983. С. 73.

вод, а также путем конденсации водяных паров в почве. Но одновременно влажная поверхность Земли — и испаритель влаги, поставщик водяных паров в атмосферу.

Сказанное относилось в основном к *свободной воде*. Но в земной коре есть физически связанная вода и особенно много *химически связанной воды*. Если принять во внимание все эти виды, то в земной коре содержится, по подсчетам П. П. Тимофеева, В. Н. Холодова, В. П. Зверева (1988), 7, 31 — $8{,}44 \cdot 10^{23}$ г воды — примерно половина массы воды современного Мирового океана. При этом на химически связанную воду приходится $4{,}17 — 5{,}30 \cdot 10^{23}$ г, на свободную и физически связанную — $3{,}14 \cdot 10^{23}$ г воды.

Было бы глубоко ошибочным видеть в химически связанной воде инертную массу, просто присутствующую в земной коре. В процессе метаморфизации происходит выделение из осадочных пород химически связанных вод, сопровождающееся изменением механических свойств пород, их разуплотнением, образованием трещиноватости и гидроразрывов. Предположительно, процессы метаморфизма только в пределах континентального блока земной коры могли на протяжении всей геологической истории привести к выделению из осадочной оболочки массы воды, примерно соответствующей массе вод современного Мирового океана.

Рассеивание вещества биострома распространяется на значительную часть толщи географической оболочки, а в атмосфере даже выходит за ее пределы. Жизнеспособные организмы обнаружены на высоте более 80 км. В атмосфере нет автономной жизни, но воздушная тропосфера — транспортер, переносчик на огромное расстояние семян и спор растений, микроорганизмов, среда, в которой проводят значительную часть жизни многие насекомые и птицы. Рассеивание водно-поверхностного биострома распространяется на всю толщу океанических вод вплоть до донной пленки жизни. Закономерен вопрос: почему следует говорить о рассеивании живого вещества непосредственно ниже эвфотической (освещенной) зоны, хотя в смежных с нею слоях воды жизнь еще достаточно богата и разнообразна? Дело в том, что глубже эвфотической зоны сообщества практически лишены собственных продуцентов, энергетически они полностью зависимы от сообществ верхней зоны фотосинтеза и на этом основании не могут рассматриваться полноценными биоценозами в понимании Ю. Одума (М. Е. Виноградов, 1977). С нарастанием глубины биомасса и численность планктона быстро уменьшаются. В батипелагиали в самых продуктивных районах океана биомасса не превышает 20—30 мг/м^3 — это в сотни раз меньше, чем в соответствующих районах на поверхности океана. Глубже 3000 м, в абиссопелагиали, биомасса и численность планктона исключительно низкие.

В отличие от Мирового океана повсеместное, фронтальное рассеивание вещества биострома в земной коре ограничивается сравнительно тонким слоем — почвой и корой выветривания. *Кора выветр-*

ривания — совокупный продукт воздействия на горные породы не только воды и воздуха, но и биострома. Глубже ее проникновение живого вещества совершается выборочно в зависимости от состава горных пород, особенно их трещиноватости и наличия или отсутствия свободной и капиллярной воды. В США, в штате Алабама, при бурении колодца на глубине около 400 м была обнаружена саламандра (И. Сандерсон, 1979). В Поволжье и Западной Сибири при глубоком бурении активная анаэробная микрофлора найдена глубже 1—3 км.

По В. И. Вернадскому, нижний предел жизни в земной коре определяется температурой 100°С, достигаемой на глубине 2,5—3,5 км, глубже 3 км «от земной поверхности живые существа — в их современном виде — существовать не могут» (В. И. Вернадский, 1926). Эти представления о границах жизни в земной коре устаревшие. В конце 70-х годов была открыта новая группа микроорганизмов — *архебактерии*. Среди них есть аэробы и очень строгие анаэробы (погибающие даже в присутствии следов кислорода); автотрофы, синтезирующие компоненты клеток из источников углерода, азота, серы, и гетеротрофы, развивающиеся только за счет готовых органических соединений; мезофилы и экстремальные термофилы с оптимальной температурой развития от 85 до 105°С (В. И. Дуда, 1984). По-видимому, к архебактериям принадлежат микроорганизмы, обитающие на дне океанов в «черных гейзерах» на глубине 2500—2600 м при температуре 250—300°С. Источником питания этих удивительных организмов служит сера [1].

Воздействие биострома на другие структурные части географической оболочки. При некоторых различиях взглядов на генезис первичной *атмосферы* все исследователи сходятся на том, что современный состав ее со значительным участием кислорода обязан биострому, точнее — фотосинтезу зеленых растений. В. И. Вернадский всю атмосферу Земли считает биогенным образованием, что по меньшей мере дискуссионно. От биострома во многом зависят газовый режим и солевой состав *вод океана*. Почти $^3/_4$ кислорода, растворенного в Мировом океане, поступает туда путем продуцирования при фотосинтезе. Одновременно из воды растениями извлекаются сотни миллионов и миллиарды тонн азота, фосфатов, железа, известь, кремнезем. Погружаясь при отмирании, фито- и зоопланктон разлагается, обогащая океаническую воду органическими соединениями. На глубинах от 500 до 1500 м, где происходит полное разложение органической материи, наблюдается повышенное содержание углекислого газа, аммиака, фосфора, растворенных азота и извести. Значительно глубже опускаются известковые и кремнеземистые покровы некоторых групп растений и животных, а также скелеты морских животных. Достигая дна, они образуют илы биогенного происхождения.

---

[1] Природа. 1984. № 3. С. 107—108.

При благоприятных условиях известковые биогенные накопления достигают значительной мощности и затем входят в состав *земной коры* в форме известняков и писчего мела. В особую категорию выделяются коралловые известняки — результат жизнедеятельности колониальных коралловых полипов. Таким путем биостром стабилизирует состав океанских вод, освобождая их от избытка карбонатов, поставляемых в Океан реками.

В составе земной коры часты скопления «законсервированного» биострома, представленного каустобиолитами — углями, горючими сланцами, нефтью. Месторождения нефти и газа, биогенное происхождение которых сейчас является наиболее обоснованным, — прекрасная иллюстрация глубокого взаимодействия биострома с другими структурными частями географической оболочки. Рассеянное органическое вещество, накапливаясь в водоемах, погружается вместе с осадками, и в земной коре на глубине 2—4 км при температуре 80—150°С начинается процесс генерирования нефти, а еще глубже (4—6 км и более), при температуре 150—250°С, — газа. В образовании нефти и газа и последующего скопления их в форме месторождений, помимо внутреннего тепла, велика роль восходящих флюидных газово-жидких потоков, поступающих из разогретой до 1000—1200°С верхней мантии и использующих в качестве путей тектонические трещины, которые возникают при опускании слоев (Б. А. Соколов, 1985).

Биостром и биосфера. Биостром — основная и важнейшая часть биосферы.

Первые представления о биосфере как «области жизни» и наружной оболочке Земли восходят к Ж. Б. Ламарку. Термин «биосфера» ввел австрийский геолог Э. Зюсс, понимавший ее как тонкую пленку жизни на земной поверхности. Создание целостного учения о биосфере принадлежит В. И. Вернадскому. В его представлении биосфера не просто зона распространения жизни, а одна из геологических оболочек Земли, «резко sni generis» (своеобразной).

Некоторые географы ставят знак равенства между биосферой и географической оболочкой. И. П. Герасимов, например, учение А. А. Григорьева о географической оболочке сводит к тому, что геохимический подход в изучении биосферы он дополняет геофизическим подходом. Но если это так, то причем здесь география, почему заслуга внедрения *геофизического* метода в изучении биосферы приписывается не геофизике, а другой науке?

Биосфера не синоним географической оболочки, а зона рассеивания биостромом живого вещества в географической оболочке. Приняв вертикальные границы географической оболочки от тропопаузы в атмосфере до слоя Мохо на границе земной коры и мантии, приходим к заключению, что пространственно современная биосфера не совпадает с географической оболочкой: верхняя граница ее выходит за пределы географической оболочки, а нижняя — включает лишь часть земной коры. Правда, следы былых биосфер в виде по-

род соответствующего состава прослеживаются в земной коре значительно глубже современного распространения живых организмов, но это уже вопрос другой, палеогеографический, имеющий отношение к генезису вещественного состава нижних слоев земной коры.

Изучением биосферы занимаются многие специалисты — биологи и геохимики, геологи и геофизики, математики и экономисты. Ее познание приобретает не только естественное, но и социальное значение. I еографы видят в биосфере биологический аспект учения о географической оболочке.

МЕЖСТРУКТУРНЫЕ КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ И ЕДИНСТВО ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Взаимодействие структурных частей географической оболочки, рассеивание их вещества протекают не хаотически. Они представляют собой отдельные звенья общего *круговорота вещества и энергии,* связывающего воздушную тропосферу, водную сферу, земную кору и биостром в единое целое — географическую оболочку Земли. Так как конечным результатом *общего круговорота вещества и энергии* является обособление и функционирование географической оболочки, то и сам круговорот в дальнейшем будет именоваться *общегеографическим круговоротом вещества и энергии.* В основу его положены представления В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана, Б. Мейсона, Дж. Фортескью и других авторов о большом геохимическом цикле, или большом круговороте веществ (рис. 3).

Исходным звеном общегеографического круговорота вещества и энергии является земная поверхность. Под влиянием солнечной энергии здесь возникают динамические явления в воздушной тропосфере и водной оболочке, сопровождаемые переносом тепла и влаги, формируются биостром и кора выветривания — структурные части географических ландшафтов. Это зона гипергенеза в трактовке А. Е. Ферсмана, увенчанная тонким слоем современных ландшафтов.

Погружаясь, продукты выветривания коренных пород и биогенные накопления в процессе диагенеза превращаются в комплексы осадочных пород. Еще глубже, под влиянием очень высоких температур и давления, а также воздействия глубинных растворов, осадочные породы подвергаются метаморфизации. На больших глубинах метаморфические породы находятся в состоянии термодинамического равновесия, нарушение которого в силу разных причин (падения давления, поступления дополнительного тепла при радиоактивном распаде) влечет образование жидкой магмы. Находящаяся под давлением магма, насыщенная газообразными продуктами, прорывается в верхние слои земной коры и, охлаждаясь, переходит здесь в изверженные кристаллические породы, представленные глубинными интрузиями и излившимися на поверхность лавами. В зо-

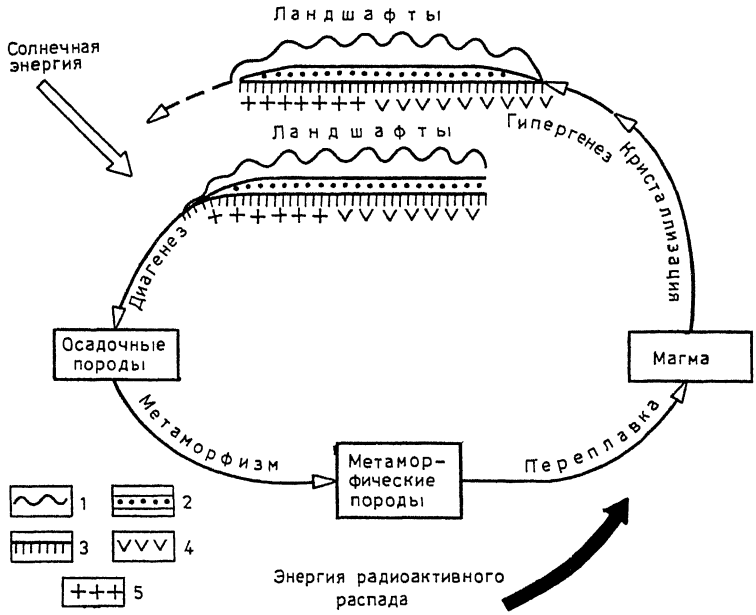


Рис. 3. Большой географический круговорот:
1 — приземные слои воздуха, *2* — биостром, *3* — кора выветривания, *4* — изверженные породы, *5* — коренные породы другого состава

не гипергенеза происходит разрушение кристаллических пород, на продуктах их выветривания формируются ландшафты — начальное звено нового географического цикла.

Общегеографические круговороты протекают медленно даже по геологическим масштабам времени. Они не являются *совершенно* замкнутыми. В разные геологические эпохи с неодинаковой силой проявляются тектонико-магматические процессы, значительные колебания испытывает вулканизм, воздействующий на состав атмосферы, а через нее — на биостром; в непрерывной эволюции находится органическая жизнь, качественно отличны ландшафты каждого круговорота.

Общегеографические круговороты вещества и энергии представляют синтез *частных* круговоротов. Главнейшие из них — геологический круговорот, круговорот воды, биологический круговорот.

АКТИВНОЕ ЯДРО ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ — ЛАНДШАФТНАЯ СФЕРА

Центром географической оболочки, ее активным ядром является *ландшафтная сфера* — тонкий слой прямого соприкосновения, контакта и энергичного взаимодействия земной коры, воздушной тропо-

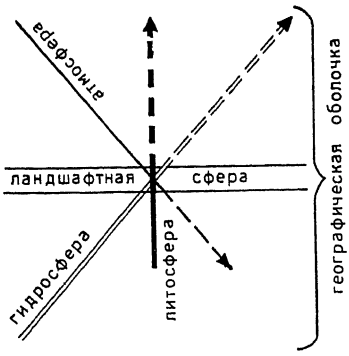


Рис. 4. Место ландшафтной сферы в системе географической оболочки

сферы и водной оболочки. По насыщенности органической жизнью *ландшафтная сфера представляет биологический фокус географической оболочки Земли.* Это место трансформации солнечной энергии в различные виды земной энергии, среда, наиболее благоприятная для развития жизни. Именно к ней приурочены, по выражению В. И. Вернадского, «сгущения жизни» биосферы (рис. 4).

Ландшафтная сфера — совокупность аквально-территориальных ландшафтных комплексов, выстилающих сушу, океаны и ледниковые покровы. Образуясь на стыке земной коры с атмосферой и гидросферой, ландшафты представляют качественно новое образование, которое нельзя отнести ни к одной из перечисленных сфер.

Пространственно ландшафтная сфера близка к биострому. Но между ними есть и различия, из которых наиболее существенны два. *Первое*: ландшафтная сфера имеет глобальное распространение, она развита даже там, где нет биострома (ледяной щит Антарктиды, свежие лавовые покровы). *Второе*: мощность ландшафтной сферы больше таковой биострома; помимо растительности и животного мира в ее состав на суше входят приземные слои воздуха, почва, современная кора выветривания. На фоне географической оболочки ландшафтная сфера если и не пленка, то очень тонкий ее горизонт мощностью от нескольких десятков до 200—250 м.

По функциональному назначению ландшафтная сфера выполняет роль *вибрирующего генератора и трансформатора* межструктурного вещества и энергии, рассеиваемых отсюда до внешних границ географической оболочки. Выделение ее не означает отрыва и тем более противопоставления географической оболочке. Познание как части целого возможно только в тесной связи и на фоне всей географической оболочки. При этом вертикальные границы фона все более раздвигаются по мере возрастания таксономического ранга ландшафтных комплексов.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Исключительный динамизм географической оболочки питается двумя мощными потоками энергии: экзогенным, главным образом солнечным, и эндогенным, связанным с глубокими недрами Земли. Наличие этих двух разных по происхождению потоков энергии составляет важнейшую отличительную черту географической оболоч-

ки. Экзогенный поток энергии во много раз превосходит эндогенный. У земной поверхности, по очень приближенным подсчетам, в географическую оболочку поступает $2{,}3 \cdot 10^{24}$ Дж/год экзогенной энергии и $1{,}1 \cdot 10^{21}$ Дж/год эндогенной (К. К. Марков, О. П. Добродеев, Ю. П. Симонов, И. А. Суетова, 1978).

Деление источников энергии на экзогенные и эндогенные по отношению к географической оболочке условно. Куда отнести, например, энергию, высвобождаемую при разложении органического вещества, антропогенное производство энергии и даже энергию приливного трения? По своей сути это *трансформированная энергия,* свойственная только географической оболочке.

Определением энергетики географической оболочки (в целом и отдельных потоков) занимались многие авторы. Полученные данные для ряда потоков предположительны, для некоторых требуют уточнения. Лучше других изучен поток солнечной энергии и, в частности, очень важный для формирования ландшафтов радиационный баланс земной поверхности. Ниже приводятся данные о притоке и аккумуляции энергии в географической оболочке, выраженные в эрг/(с·см^2) (по А. М. Алпатьеву, 1983):

Поступление на верхнюю границу атмосферы	$3{,}40 \cdot 10^5$
» в систему Земля — атмосфера	$2{,}30 \cdot 10^5$
Радиационный баланс у поверхности Земли	$1{,}00 \cdot 10^5$
Поступление геотермического тепла	$0{,}85 \cdot 10^2$
» тепла термальных вод	$1{,}00 \cdot 10^2$
Аккумуляция в захороняемом органическом углероде .	$0{,}70 \cdot 10^1$
» в гумусосфере и многолетних фитоценозах	$1{,}90 \cdot 10^2$
» геохимическая	$0{,}06 \cdot 10^{-1}$
Поступление от сжигания углеродного топлива . . .	$1{,}30 \cdot 10^1$
Аккумуляция от увеличения CO_2 в атмосфере	$0{,}90 \cdot 10^1$
Орошение и сооружение водохранилищ	$1{,}00 \cdot 10^2$

К приведенным количественным характеристикам сделаем два пояснения.

Экзогенный поток энергии состоит в основном из электромагнитного излучения Солнца (солнечная радиация). Небольшая часть его образована корпускулами — заряженными частицами вещества — солнечного и космического происхождения. Энергия корпускулярного потока по сравнению с электромагнитной солнечной радиацией примерно на четыре порядка меньше, что, по мнению А. М. Алпатьева, дает основания «пренебречь ею при рассмотрении энергетики Земли». Однако значение корпускулярного потока в функционировании географической оболочки очень велико. Это один из важных факторов ионизации атмосферы, причина полярных сияний

и геомагнитных бурь, некоторых динамических явлений в атмосфере, наряду с солнечной радиацией — источник изменений «жизненного тонуса макро- и микробиосферы» (А. Л. Чижевский, 1976).

Второе пояснение относится к водохранилищам. Они включены в энергетический баланс как комплексы, изменяющие альбедо естественной поверхности. И это справедливо, учитывая большие, продолжающие нарастать площади водохранилищ.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Географическая оболочка прошла долгий и сложный путь развития. Возраст Земли определяется в 4,5—4,6 млрд. лет. Как наглядно представить себе такой огромный промежуток времени? Американский океанолог П. Вейль (1977) советует вообразить, что каждый год соответствует листу бумаги, настолько тонкому, что 1000 листов укладываются в стопку толщиной 1 см. Если эти сантиметровые стопки бумаги, соответствующие тысячелетию, накладывать одна на другую на протяжении всей истории Земли, то поднимается бумажная башня высотой в 45 км.

О первом — **догеологическом — этапе развития Земли** (4,6—4,0 млрд. лет) известно мало. Горные породы этого возраста пока не обнаружены, и наши представления о нем предположительны [1]. Это этап интенсивной бомбардировки земной поверхности метеоритами и астероидами, активного вулканизма с излияниями базальтовой магмы, зарождения тонкой, в результате дифференциации вещества мантии, земной коры, становления добиологической атмосферы. В «примитивной» добиологической атмосфере было много азота, больше, чем сейчас, водорода и совсем отсутствовал кислород. Об атмосфере того времени Дж. Уолкер (1980) сказал, что достоверных фактов очень мало, зато имеется широкое поле для умозаключений. В это время не существовало ни водной оболочки, ни биострома; следовательно, нет оснований говорить и о географической оболочке.

Сформировавшаяся позже географическая оболочка Земли прошла в своем развитии три качественно различных этапа: добиогенный, биогенный, антропогенный.

Добиогенный этап (4 млрд. — 570 млн. лет) охватывает по времени бóльшую часть геологической истории Земли — катархей, архей и протерозой. В этот период происходил процесс наращивания и усложнения земной коры. Уже к концу архея (2,6 млрд. лет назад) на обширных пространствах сформировалась зрелая континентальная кора мощностью порядка 30 км, а в раннем протерозое произошло обособление протоплатформ и протогеосинклиналей.

---

[1] Временна́я граница догеологического этапа с катархеем дана по В. Е. Хаину и А. Е. Михайлову (1985).

Существовала гидросфера, но объем воды в ней был меньше, чем сейчас, а из океанов (и то лишь к концу раннего протерозоя) оформился один Тихий океан. Вода первичного океана была соленой, причем «общая концентрация солей, вероятно, мало отличалась от современной, поскольку ювенильная вода всегда сопровождалась летучими в тех же примерно отношениях, как и сейчас»[1]. Но, по-видимому, в водах древнего океана преобладание натрия над калием было еще большим, чем сейчас, больше было и ионов магния, что связано с составом первичной земной коры, продукты выветривания которой сносились в океан.

Жизнь, скорее всего, существовала с самого начала добиогенного этапа. Остатки простейших организмов микрофоссилий — бактериоподобных тел — обнаружены в породах, возраст которых 3,5—3,6 млрд. лет. По косвенным данным, микроорганизмы существовали уже 3,8—3,9 млрд. лет назад (Ф. П. Митрофанов, А. К. Запольнов, 1985). Находкам древнейших синезеленых водорослей — 3,4 млрд. лет. Академик Б. С. Соколов, известный советский геолог и палеонтолог, утверждает: «...даже на «сумасшедший вопрос»: что древнее — Земля или жизнь на ней, — строго говоря, мы не можем дать вполне определенного ответа. Возможно, они почти ровесники». С таким предположением трудно не согласиться. Только за последние 20 лет жизнь на Земле благодаря исследованиям палеонтологов «постарела» почти на целый миллиард лет, и можно предположить, что более древним находкам следов воспрепятствует отсутствие не самой жизни, а точно датированных горных пород. Появляются экспериментальные данные о выживании спор бактерий в условиях космоса, что если и не доказывает космическое происхождение жизни на Земле, то свидетельствует о ее исключительной пластичности и возможности существования микроорганизмов в догеологический этап развития Земли.

Эволюция органической жизни в добиогенный этап протекала медленно даже по геологическим масштабам. Тем не менее к его концу, в венде (650—570 млн. лет назад), жизнь в океанах была очень богатой. Поражают крупными размерами бесскелетные животные — медузоиды диаметром более полуметра, червеобразные дикинсонли длиной до метра, обилен и разнообразен был мелкий и крупный фитопланктон (Б. С. Соколов, 1984).

Если органическая жизнь существовала на протяжении всего рассматриваемого этапа, то закономерен вопрос: почему он назван *добиогенным*? Дело в том, что органическая жизнь с момента зарождения и до самого конца протерозоя не играла ведущей, определяющей роли в развитии географической оболочки. Многими отрицается присутствие органической жизни на суше. Следовательно, не было тогда и почв. Ведущая роль на протяжении этого этапа принадлежала абиогенным процессам, приведшим к формированию

[1] *Виноградов А. П.* Введение в геохимию океана. М., 1967. С. 30.

развитой земной коры и первичного океана. Что касается атмосферы, то она содержала очень мало свободного кислорода, озоновый экран отсутствовал и живые организмы, по-видимому, не могли существовать за пределами океана.

Согласно последним исследованиям М. И. Будыко, А. Б. Ронова, А. Л. Яншина (1985), масса кислорода в атмосфере продолжала оставаться ничтожной вплоть до 2 млрд. лет тому назад, так как весь кислород, возникавший тогда в процессе фотосинтеза, расходовался на окисление органического и минерального вулканического вещества, поступавшего на поверхность в большом количестве. Снижение вулканической активности привело к сравнительно быстрому нарастанию массы атмосферного кислорода, достигшей в позднем протерозое уровня 15—20% массы кислорода в современной атмосфере.

Биогенный этап (570 млн. — 40 тыс. лет) включает палеозой, мезозой и почти весь кайнозой, за исключением последних 40 тыс. лет. В конце венда содержание свободного кислорода в атмосфере достигало величины, приведшей к резкому качественному и количественному скачку в развитии биострома, особенно животного мира.

В кембрий-ордовик суша постепенно осваивается примитивными растениями и животными; в морях царствуют трилобиты, граптолиты, наутилоидеи, мшанки. В силуре появляются рыбы, в девоне — насекомые и земноводные. Помимо ксилофитовых, известных с докембрия, в девоне список наземных растений пополняется прапапоротниками, плауновидными. Сравнительно богатый наземный биостром девона говорит о возникновении к тому времени *озонового экрана* — этого удивительного «новообразования» географической оболочки. Располагаясь в стратосфере, на высоте 20—25 км, озоновый экран поглощает коротковолновую часть ультрафиолетовой солнечной радиации, губительной для органической жизни. Он создан жизнью для того, чтобы защитить жизнь, дать ей новые, почти неограниченные возможности для развития на нашей Земле. И уже в следующем геологическом периоде — каменноугольном — суша одевается влажными густыми лесами высокой биологической продуктивности из древовидных папоротников, гигантских плаунов и хвощей. Это прямое доказательство высокого, близкого к современному содержания кислорода в атмосфере.

Возрастание массы кислорода в атмосфере характеризовалось неоднократными подъемами и спадами (М. И. Будыко, А. Б. Ронов, А. Л. Яншин, 1985). Слабый максимум его наблюдался в среднем и позднем ордовике, более заметный максимум — в раннем карбоне и, наконец, самый высокий и продолжительный максимум имел место на протяжении большей части юрского и всего мелового периодов. Во время подъемов количество атмосферного кислорода в несколько раз превосходило таковое в эпохи спада.

Причин нарастающих волнообразных подъемов и спада количе-

ства кислорода в атмосфере много, но главная — колебания в масштабности процесса фотосинтеза, вызванные изменениями количества оксида углерода в атмосфере, влажности климата и условий захоронения органического углерода. И все это — на фоне эволюционно совершенствовавшегося биострома.

Эволюция биострома на протяжении биогенного этапа не была плавной: эпохи сравнительно спокойной эволюции сменялись периодами быстрых и глубоких преобразований, во время которых вымирали одни формы флоры и фауны и получали широкое распространение новые. «Великие массовые вымирания» обнаружены на границе ордовика и силура (480 млн. лет назад), перми и триаса (240 млн. лет назад), в конце триаса (195 млн. лет назад). Особый интерес вызывает «великое мезозойское вымирание» на границе мезозоя и кайнозоя (65 млн. лет назад). В конце мела вымерло 898 родов, 108 семейств, в морях исчезли широко распространенные ранее аммониты и белемниты, многие морские и все крылатые рептилии, на суше — динозавры; резко изменился состав микропланктона.

Есть много данных, говорящих за то, что «великое мезозойское вымирание» было связано с изменением природной обстановки, вызванной падением крупного космического тела, возможно, астероида от 5 до 30 км в диаметре. В пользу этого свидетельствует повышенное содержание иридия в осадках того времени (на 2—3 порядка выше его среднего содержания в земной коре). Вместе с тем «великие массовые вымирания», в том числе и мезо-кайнозойские, как считают некоторые геологи, могли быть связаны и с активизацией вулканической деятельности.

Не отрицая возможности космического вмешательства в развитие биострома на границе мезозоя с кайнозоем, обратим внимание на два фактора, несомненно, влияющих на скачкообразные изменения в растительности и животном мире.

Первый фактор — *изменение природной среды в эпохи горообразования.* Это были периоды, когда на месте геосинклиналей поднимались высокие складчатые горы, возрастала расчлененность рельефа, активизировалась вулканическая деятельность, обострялась общая контрастность сред, приводившая к усилению обмена веществом и энергией между структурными частями географической оболочки. Изменения внешней среды стали толчком к видообразованию в органическом мире.

Второй фактор — *эндобиогенный.* Он обусловлен генными изменениями в организмах, до конца еще не распознанными. Выражением их в наше время у животных являются колебания численности популяции с чередованием подъемов и спадов через определенные интервалы от нескольких лет до десяти и более. Такие «приливы» и «отливы» жизни, спроецированные на долгие даже по геологическим масштабам отрезки времени, не могут не влиять на качественные скачки в развитии биострома. Возможно, с этим фактором связано неожиданное появление в мелу покрытосеменных растений,

быстро одержавших победу в борьбе за существование над голосеменными.

Одновременно с появлением наземного биострома стали формироваться почвы в нашем современном представлении.

Антропогенный этап (40 тыс. лет назад — наше время). Хотя человек как биологический род *Homo* появился 2—3 млн. лет назад, его воздействие на природу длительное время оставалось крайне ограниченным. Оно резко усилилось с появлением человека разумного (*Homo sapiens*), к которому принадлежит и современный человек. Произошло это в верхнем палеолите, в разгар последнего (вюрмского) оледенения, 38—40 тыс. лет назад. Отсюда и берет отсчет антропогенный этап в развитии географической оболочки. Характеристика его приведена в гл. VIII «Человек и географическая оболочка».

Развитие географической оболочки на протяжении всей геологической истории Земли шло в направлении усложнения ее структуры и более четкого функционирования как парадинамической системы. Особенно важные последствия имело возникновение в процессе развития новой структурной части — биострома. Составной частью биострома является и человек, которому географическая оболочка обязана вступлением в новейший, антропогенный, этап своего развития.

ГЛАВА II. КОСМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕПЛАНЕТАРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОГРАФИЧЕСКУЮ ОБОЛОЧКУ

КОСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОГРАФИЧЕСКУЮ ОБОЛОЧКУ

Галактика, Солнечная система и их происхождение. В ясную ночь на небе светится огромное число звезд. Вместе с газово-пылевыми туманностями они образуют множество галактик Вселенной. Одна из них — наша Галактика. Вдоль ее главной плоскости неяркой светящейся полосой тянется Млечный Путь — область высокой концентрации звезд и межзвездного вещества.

По современным представлениям, наша Галактика является сплюснутой системой. Большой круг, по которому она пересекается с небесной сферой, совпадает со средней линией Млечного Пути. На удалении 25 парсек [1] к северу от плоскости Галактики находится Солнце. Установлено, что оно отстоит от центра Галактики на 10 тыс. парсек.

В границах Галактики насчитывается более 100 млрд. звезд. В их распределении обнаружено две тенденции. Во-первых, большая часть звезд концентрируется к галактической плоскости. Во-вторых, они тяготеют к центру Галактики.

Всю толщу Галактики пронизывают космические лучи, содержащие известные элементарные частицы. Поток частиц высоких энергий направляется к Земле почти со световой скоростью. Но и в этом случае они достигают ее только через несколько миллиардов лет.

Огромный объем пространства нашей Галактики находится в постоянном вращении. Особенности вращения укладываются в следующие четыре положения. Во-первых, вращение происходит по часовой стрелке, если смотреть на Галактику со стороны ее северного полюса. Во-вторых, угловая скорость вращения убывает от центра Галактики медленнее известных законов Кеплера. В-третьих, линейная скорость вращения непостоянна. В-четвертых, Солнце и ближайшие к нему звезды совершают полный оборот вокруг центра Галактики за 200 млн. лет. Этот срок принято считать *галактическим годом.*

Происхождение Галактики, а вместе с ней и Солнечной системы, остается до сих пор неразгаданной тайной природы. При реше-

[1] Парсек — единица измерения расстояний до небесных тел, находящихся за пределами Солнечной системы. Один парсек равен $30{,}86 \times 10^{12}$ км.

нии этой проблемы пользуются двумя основными подходами. Первый подход теоретический. Опираясь на физические законы, определяют условия, которые должны были существовать в прошлом, чтобы небесное тело приобрело современные свойства. Второй — экспериментальный. Сравнивая физико-химические характеристики небесных тел, находящихся на разных стадиях развития, устанавливают, в какой последовательности эти стадии сменяли друг друга.

В настоящее время считается, что наша Галактика образовалась из газового облака, состоявшего из водорода. Столкновение газового вещества приводило к потере скорости и переходу кинетической энергии в тепловую. При этом менялись форма и размеры газового облака, которое при быстром вращении приобретало форму сплющенного диска.

На начальной стадии эволюции Галактики из межзвездной газово-пылевой среды образовались первые звезды. Как показывают наблюдения, они появлялись и в более позднее время. Сейчас установлено, что возраст старых звезд равен 10^{10}, а самых молодых 10^6 лет.

Согласно современным представлениям, гравитационные изменения в одном из газово-пылевых облаков нашей Галактики привели 4,6 млрд. лет назад к образованию Солнечной системы. Механизм этого явления видится многим ученым в такой последовательности. В результате уплотнения вещество досолнечного облака разогревалось и постепенно достигло настолько высоких температур, что в нем начались гигантские ядерные взрывы. Их итогом стало образование Солнца. А накопление межзвездных пылинок с последующим увеличением и накоплением газа привело к возникновению планет и многих их спутников.

Земля в Солнечной системе. Вращающиеся вокруг Солнца девять крупных планет — Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон — с 42 их спутниками вместе с астероидами, кометами и межпланетным веществом образуют Солнечную систему (рис. 5). Свыше 99,9% массы ее вещества прихо-



Рис. 5. Земля среди планет Солнечной системы

дится на Солнце и только 0,1% на все остальные ее элементы. Планеты Солнечной системы по размерам, географическим показателям и химическому составу подразделяются на две группы: планеты типа Земля и планеты типа Юпитер.

В первую, наиболее близкую к Солнцу «земную» группу входят Меркурий, Венера, Земля, Марс. Расстояние Земли, ставшей эталоном планет первой группы, до Солнца составляет 149,6 млн. км Небольшие по размерам, они обладают высокой плотностью вещества — от 4,0 до 5,5 г/см^3. По современным данным космохимии, недра этих планет захвачены глубокой химической дифференциацией, выражающейся в существовании обвалакивающих друг друга концентрических оболочек.

Г. В. Войткевич и О. А. Бессонов (1986) в строении планет «земной» группы выделяют четыре главные оболочки: 1) плотное металлическое или сульфид-металлическое ядро; 2) покрывающую его силикатную, или окисно-силикатную, мантию; 3) пониженной плотности кору алюмосиликатного состава и 4) легкую газово-водную оболочку (исключая Меркурий). На поверхности всех четырех «землян» обнаружены следы тектонической деятельности.

Во вторую группу — группу планет-гигантов — входят Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Планеты этой группы при малой плотности вещества (1,3—1,6 г/см^3) отличаются большими размерами и массой. Так, Уран превосходит Землю в 14,6 раза, а Юпитер — в 318 раз.

Располагаясь на значительно большем расстоянии от источника энергии, планеты-гиганты (Юпитер, Нептун) получают в 19—425 раз меньше солнечного тепла, нежели планеты «земной» группы (Меркурий).

Самую удаленную планету Солнечной системы — Плутон — М. М. Ермолаев (1975) относит к третьей группе, поскольку за ее орбитой могут быть обнаружены новые планеты. Расчеты, проведенные в 1986 г. американскими астрофизиками Д. Уитмаиром и Дж. Матисом, позволяют предположить о существовании десятой планеты за орбитой Плутона. Они считают, что планета движется по очень вытянутой эллиптической орбите, делая полный оборот за 1000 лет[1].

Астероиды, или малые планеты, образуют самостоятельный пояс между Марсом и Юпитером. Лишь немногие тела движутся по сильно вытянутым орбитам, пересекая траектории Земли и Меркурия. Например, Икар сближается с нашей планетой до 7 млн. км. По оценке М. М. Ермолаева (1975), общее число астероидов в Солнечной системе достигает 50—60 тыс., но только для 2 тыс. определены элементы их движения. Диаметр малых планет колеблется от 1 до 1 тыс. км, а вся их масса составляет лишь $^1/_{700}$ массы Земли.

---

[1] Десятая планета Солнечной системы?//Природа. 1986. № 5. С. 107.

Кометы — особые небесные тела, движущиеся по сильно вытянутым эллипсам. С приближением к Солнцу у них резко обособляются «голова» и «хвост». Головная часть состоит из льда и частиц пыли. В разреженной газово-пылевой среде хвоста обнаружены ионы натрия и углерода.

Долговременный научный интерес к кометам объясняется очень просто. Вещество комет, как и астероидов, вероятнее всего содержит первичный материал, из которого 4,5—5,0 млрд. лет назад сформировались Земля и другие планеты с их спутниками.

В современном кометном каталоге, составленном американским астрономом Б. Мерсденом, содержатся сведения о 659 кометах, появившихся в Солнечной системе за последние 2 тыс. лет.

Одна из самых известных комет — комета Галлея. Каждые 76 лет она появляется в зоне видимости Земли. Последний раз комету наблюдали в начале 1986 г. С помощью нескольких межпланетных станций «Вега-1» и «Вега-2» (СССР), «Джотто» (Европейское космическое агенство) и «Планета-А» (Япония) удалось установить состав тела кометы Галлея, которое насыщено ионами водорода, кислорода, углерода, железа, гидроксо- и цианид-ионов. При встрече с «Вегами» комета выбрасывала в космическое пространство около 50 т газа ежесекундно (В. М. Балебанов, В. И. Мороз, 1986).

Межпланетное пространство неравномерно заполнено разреженным газово-пылевым веществом, состоящим преимущественно из атомов водорода. Общая масса межпланетного вещества Солнечной системы ничтожно мала. Она едва достигает $3 \cdot 10^{15}$ кг, что составляет двухтриллионную часть массы Земли. Но несмотря на малую плотность межпланетного вещества, в 60-х годах советскими космическими аппаратами в некоторых участках Солнечной системы были обнаружены большие скопления пылевых облаков. Линейные размеры этих сгущений составляют 3—5 млн. км.

Знакомство географа со схемой строения Солнечной системы вызвано необходимостью понимания существа тех последствий, которые возникают в границах географической оболочки. Пока в общем виде их можно сформулировать следующим образом. 1. Получаемая Землей доза солнечной радиации зависит от расстояния нашей планеты до Солнца. Известно, что из общего количества излучаемой Солнцем радиации к Земле доходит лишь двухмиллиардная часть. 2. Немалую роль в равномерном распределении энергии по земной поверхности играет практически круговая форма орбиты Земли. Так как ее эксцентриситет равен всего 0,017, то изменения внутригодового количества энергии лежит в пределах 5%. 3. От местоположения Земли в Солнечной системе зависит плотность вещества планеты, а с учетом ее размеров — и масса. Чем ближе планета к Солнцу, тем выше у нее средняя плотность вещества. Например, у Меркурия она составляет 5,42 г/см^3, Венеры — 5,25, Земли — 5,25, Марса — 3,97 г/см^3.

Космическое вещество и метеоритные формы рельефа. Известно, что часть вещества географической оболочки имеет космическую природу. При движении по орбите Земля захватывает всю встречаемую на своем пути материю. В ясное ночное небо за час наблюдений можно видеть 5—10 падающих звезд. Это метеоры[1]. Они бывают разных цветов — оранжевые, зеленые, с фиолетовыми оттенками. По спектру метеоров можно определить их химический состав и скорость полета. В настоящее время в спектрах метеоров обнаружено 1000 разных линий 19 химических элементов. Среди них установлены линии магния, кальция, натрия, железа (В. А. Смирнов, 1986). Число «падающих звезд» резко увеличивается, когда планета попадает в скопления движущихся вокруг Солнца метеорных частиц. Именно к этому сроку и приурочено выпадение метеорных дождей, получивших столь запоминающиеся названия — Персеиды, Дракониды, Лириды, Квадратиды и т. д. Широко известен и хорошо изучен дождь железных метеоритов, выпавший 12 февраля 1947 г. в западных отрогах Сихотэ-Алиня. К 1979 г. здесь было найдено 6 тыс. экземпляров, которые вместе с обломками расколовшихся метеоритов составили массу 27 т (Е. Л. Кринов, 1979). Еще один обильный каменный метеорный поток выпал зимой 1967/68 г. у с. Царев Волгоградской области. На площади в поперечнике 4 км найдено 15 образцов общей массой 800 кг, а метеорит, получивший наименование Царев,— самый большой каменный метеорит в нашей стране и третий по величине в мире (Р. Л. Хотинок, 1980). Метеорные дожди продолжаются до тех пор, пока Земля не пересечет весь метеорный пояс.

Ежедневно в сторону нашей планеты направляется до 10 млрд. метеоров. При встрече их с атмосферой выделяется огромное количество кинетической энергии. Мелкие тела при этом разрушаются до тончайшей пыли, медленно оседающей на земную поверхность. Пылинки размером от нескольких микронов до миллиметра называются микрометеоритами. Их присутствие в границах географической оболочки распознается несколькими способами. А. К. Лавелл (1961) пишет, что частицы с диаметром в несколько тысячных миллиметра собираются с крыш, из дождевой воды и на специально приготовленных листах. От обычной земной пыли их отличают особая форма и состав, делающие весьма вероятным их внеземное происхождение. Кроме того, образцы проб со дна океана содержат некоторое количество пыли с большим содержанием никеля.

Метеориты по химическому составу и структуре разделяются на три большие группы: железные, каменные, железокаменные. Железные содержат в среднем 91% железа, 8,5% никеля и 0,6% кобальта; каменные — 36% кислорода, 26% железа, 18% кремния и 14% магния.

[1] Метеор — вспышка твердого тела, влетевшего в земную атмосферу из межпланетного пространства. Достигшее земной поверхности метеорное тело называется метеоритом.

Каждый год на поверхность Земли выпадает в среднем 34—40 млн. т метеоритного вещества, основная часть которого состоит из микрометеоритов. Однако огромная масса космической пыли не образует сколько-нибудь заметных изменений в рельефе географической оболочки.

Иные последствия вызывают крупные метеориты, пробивающие многокилометровую толщу атмосферы. При соприкосновении космических пришельцев с земной корой высвобождающаяся кинетическая энергия расходуется на торможение, плавление, дробление метеорита и разрушение горных пород. Ударный эффект бывает настолько силен, что по мере углубления в месте падения метеорита образуется несколько зон: 1) испарения, 2) плавления, 3) пластических деформаций, 4) тонкого дробления и 5) грубого разрушения (А. И. Дабижа, В. В. Федынский, 1975). К этому следует добавить, что падение крупных космических тел становится причиной возникновения на земной поверхности кратерных форм рельефа диаметром от нескольких метров до десятков километров.

Долгое время господствовало мнение, что в отличие от Луны, поверхность которой буквально испещрена метеоритными кратерами, следы их на поверхности Земли малочисленны. Действительно, эти соображения имеют немалые основания. Во-первых, планета защищена достаточно плотной атмосферой, и летящие к ней метеориты сгорают прежде, чем достигнут ее поверхности. Во-вторых, маловероятно длительное существование метеоритных форм, если они и могли возникать, в условиях энергично протекающих на Земле эрозионных процессов выветривания.

Космические наблюдения в сочетании с наземными методами (гравиметрическими, сейсмическими, электромагнитометрическими) позволили обнаружить более 100 крупных форм метеоритного происхождения. По разным регионам известные ныне метеоритные формы распределены следующим образом: Северная Америка — 62, Евразия (без СССР) — 31, Африка — 16, Южная Америка — 5, СССР — 26 (А. И. Дабижа, И. Т. Зоткин, В. В. Федынский, 1979).

В истории метеоритной бомбардировки Земли различают два периода: ранний, аккумуляционный, длительностью около 4 млрд. лет, и поздний, продолжающийся и в настоящее время. Однако возраст большинства крупных метеоритных кратеров не превышает 500 млн. лет.

За большой срок своего существования округлые очертания ударных структур нередко претерпевают значительные изменения. Именно так произошло со структурой Садбери (Канада), образовавшейся около 1,8 млрд. лет от столкновения с метеором диаметром около 10 км. За такой большой срок движения земной коры преобразовали ее цирковидную форму в эллипс размером 27×50 км.

Приливно-отливные явления. Под влиянием гравитационного взаимодействия Земли с Луной и Солнцем в географической обо-

лочке возникают приливно-отливные явления. Наиболее отчетливы и важны по своим следствиям приливно-отливные явления в водной оболочке (см. гл. III). В атмосфере они фиксируются полусуточным изменением давления с амплитудой колебаний в тропиках 1,2 мбар. Установлены приливно-отливные явления и в земной коре. Максимальной величины — до 51 см — приливные волны достигают в экваториальной области (Н. П. Грушинский, А. М. Грушинский, 1985).

Солнечно-земные связи. Так принято называть ответные реакции географической оболочки на изменения солнечной активности. В настоящее время солнечную активность связывают с регулярным образованием в атмосфере Солнца пятен, факелов, вспышек, протуберанцев. В середине XIX в. швейцарский астроном Р. Вольф вычислил количественный показатель солнечной активности, известный во всем мире как число Вольфа. Этот индекс используют в тех случаях, когда стремятся установить число групп солнечных пятен и строение каждой из них. Обработав накопленные к середине прошлого века материалы наблюдений за солнечными пятнами, Вольф смог установить средний 11-летний цикл солнечной активности. Фактически же интервалы времени между годами максимальных или минимальных чисел Вольфа колеблются от 7 до 17 лет. Одновременно с 11-летним циклом протекает вековой, точнее 80—90-летний, цикл солнечной активности. Несогласованно накладываясь друг на друга, они вносят заметные изменения в процессы, совершающиеся в географической оболочке. Энергетической базой солнечно-земных связей выступает энергия электромагнитного и корпускулярного излучения. На пути к поверхности Земли солнечное излучение преодолевает несколько преград: межпланетную среду, нейтральную атмосферу, ионосферу и геомагнитное поле (рис. 6).

На тесную связь многих земных явлений с солнечной активностью еще в 1936 г. указывал А. Л. Чижевский (1975), писавший о том, что подавляющее большинство физико-химических процессов на Земле представляет результат воздействия космических сил. В причинную зависимость от степени напряженности солнечной активности поставлены следующие физические явления: магнитные бури, частоты полярных сияний, количество ультрафиолетовой радиации, интенсивность грозовой деятельности, температура воздуха, атмосферное давление, осадки, уровень озер, рек, грунтовых вод, соленость и ледовитость морей и др. (А. Л. Чижевский, 1976; Ю. И. Витинский, 1983). Велико воздействие солнечной активности на общую циркуляцию в тропосфере. Установлено, что интенсивность ее изменяется в максимумы 11-летних циклов, а вместе с ней и тип атмосферной циркуляции. Бесспорно установленным фактом в проблеме солнечно-земных связей является углубление циклонов и усиление антициклонов в периоды солнечной активности. Л. И. Мирошниченко (1981) считает, что из 50% изменчивости

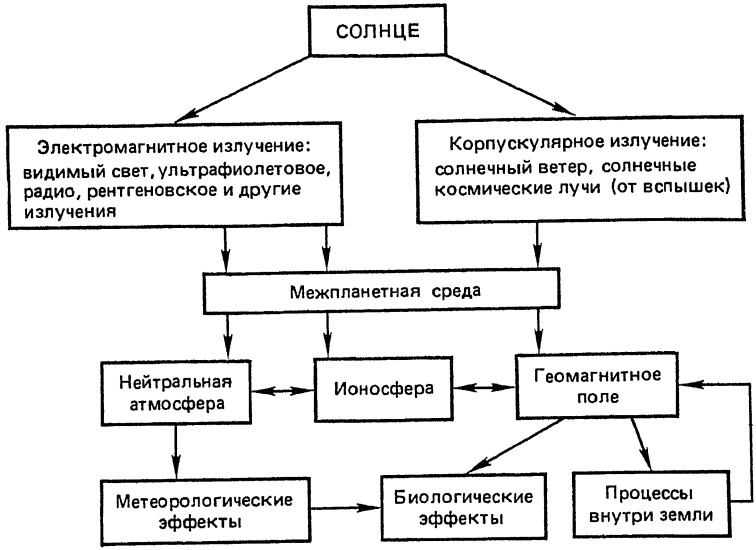


Рис. 6. Схема солнечно-земных связей (Л. П. Мирошниченко, 1981)

климата Земли под влиянием внешних воздействий (приливообразующих сил, солнечной активности, колебаний земных полюсов) около 20% приходится на солнечную активность.

Э. О. Мустель, В. Е. Чернопруд, Н. Б. Мулюкова (1980), анализируя почти столетние (1880—1974) наблюдения распределения атмосферного давления в северном полушарии Земли на широтах 15—90°, уточняют особенности влияния протонов высоких энергий на тропосферные процессы. По их представлениям, при вхождении планеты в корпускулярный поток увеличивается суточная разность давления, что приводит к усилению нестабильности атмосферы. И это несмотря на то, что величина энергии, поступающей с протонами, на несколько порядков меньше энергии характерных процессов тропосферы (испарение, циркуляция воздуха). Вот почему большинство исследователей солнечно-атмосферных связей считают воздействие корпускулярного излучения «спусковым» механизмом, приводящим в движение ту часть энергии тропосферы, которая до его внедрения остается не вовлеченной в активные атмосферные процессы. Корпускулярный поток нарушает устойчивость атмосферы в тех местах, где эта устойчивость особенно уязвима, а уж затем развитие тропосферных процессов происходит с затратой тепловой энергии самой атмосферы.

Наиболее неустойчива атмосфера в северном полушарии в зимний период на границе холодных континентов и относительно теплых океанов. В северной Атлантике это области, располагающиеся

у побережья Скандинавского полуострова и на северо-востоке Северной Америки. Районы с аналогичными свойствами атмосферы на севере Тихоокеанского бассейна лежат между Азией и Северной Америкой на широтах 50—60°. Как показали наблюдения, именно в этих областях и отмечаются заметные отклонения в атмосферном давлении при вхождении в тропосферу корпускулярного излучения. Существующие здесь в холодный период два минимума давления — Исландский у южной оконечности Гренландии и Алеутский в районе одноименных островов — одинаково реагируют углублением его в обоих депрессиях. Более того, на синоптических картах видно, как с запада на восток в сторону Исландии перемещается центр депрессии, траектория которого совпадает с линией распространения циклонов. Таким образом, становится более понятным, что солнечный корпускулярный поток, приходящий к Земле, в первую очередь усиливает циклоническую деятельность на границе материков и океанов.

Проблему Солнце — живое вещество географической оболочки исследует наука *гелиобиология* (от греч. helix — Солнце). Одним из основоположников гелиобиологии был наш соотечественник А. Л. Чижевский. Согласно данным гелиобиологов, существуют два типа связей между солнечной активностью и органическим миром Земли. Первый тип характеризует прямое воздействие солнечных возмущений на живые организмы. В частности, установлена достоверная связь поведения микроорганизмов с солнечной активностью. Второй тип осуществляется опосредованно через гидроклиматические условия. В настоящее время доказано, что изменение увлажнения в периоды активного и спокойного Солнца влияет на прирост древесины. Этот факт был многократно подтвержден исследованиями в разных регионах планеты. Так, например, в районах со сходным режимом атмосферной циркуляции древесно-кольцевые хронологии совпадают между собой, хотя места наблюдения отстоят на тысячи километров.

С 11-летним циклом солнечной активности связано массовое появление вредителей леса и сельскохозяйственных культур, в частности саранчи; определена корреляция между солнечной цикличностью и сроком вегетационного периода у растений, размножением и миграцией грызунов, промысловых рыб и пушных зверей.

С периодической деятельностью Солнца связаны многие заболевания человека. Достижения гелиобиологии теперь успешно используют в профилактике сердечно-сосудистых, нервно-психических и вирусных заболеваний.

Международной программой организованы систематические наблюдения Солнца десятками обсерваторий Европы, Азии и Америки, регистрирующих изменения, происходящие во всех слоях солнечной атмосферы.

Международная служба Солнца начала складываться со второй половины XIX столетия, советская была организована в 1932 г.

В настоящее время в работе советской службы Солнца принимают участие 16 обсерваторий. Информация, получаемая ими, передается всем заинтересованным организациям.

ОБЩЕПЛАНЕТАРНЫЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОГРАФИЧЕСКУЮ ОБОЛОЧКУ

Магнитное поле Земли. Кто пользовался компасом, тот знает, что, сколько бы ни отклоняли свободно подвешенную стрелку от первоначального направления, она всякий раз будет к нему возвращаться. Это значит, что в географической оболочке и в околоземном пространстве существует магнитное поле, в каждой точке которого стрелка компаса будет располагаться параллельно магнитным силовым линиям. При этом один конец стрелки указывает на северный магнитный полюс, а другой — на южный.

Магнитные полюсы и полюсы географические не совпадают. Известно, что положения магнитных полюсов со временем меняются. Северный полюс дрейфует со скоростью 5—6 км/год. Так, в 1950 г. северный магнитный полюс имел координаты 72° с. ш., 96° з. д., а южный — 70° ю. ш., 150° з. д.; в 1970 г. соответственно 75°42′ с. ш., 101°30′ з. д. и 65°30′ ю. ш., 140°18′ з. д.

Магнитное поле характеризуется напряженностью. В некоторых местах Земли магнитные силовые линии отклоняются от нормального поля, образуя аномалии. Например, в районе Курской магнитной аномалии (КМА) напряженность поля в четыре раза выше нормы.

Предположительно образование магнитного поля связано с динамическими процессами в мантии и ядре Земли. На расстоянии, равном 10—14 земным радиусам от центра планеты, магнитное поле встречается с потоком заряженных скоростных (400 км/с) частиц, именуемых солнечным ветром. Геомагнитное поле, взаимодействуя с солнечным ветром, образует магнитосферу. Под ударами солнечного ветра магнитосфера сжата со стороны Солнца и, напротив, сильно вытянута в антисолнечном направлении. Так образуется хвост магнитосферы, вытянутый на 900—1050 земных радиусов.

Строение магнитного поля Земли меняется в зависимости от широты. Ю. И. Витинский, А. И. Оль, Б. И. Сазонов (1976) различают три широтные зоны в каждом полушарии. 1. Экваториальная зона (25° с. ш.— 25° ю. ш.), отличающаяся малым проникновением протонов высоких энергий в атмосферу Земли. Заслон им создают магнитные силовые линии, которые здесь идут практически параллельно земной поверхности и становятся непробиваемыми для частиц Космоса. 2. Зона умеренных широт (30° с. ш. и 55° ю. ш.), характеризующаяся нарастанием интенсивности потоков. В сторону полюсов проницаемость магнитного поля увеличивается. 3. Зона над полярными областями Земли. Здесь силовые линии магнитно-

го поля более или менее перпендикулярны земной поверхности и образуют воронкообразную конфигурацию или каспов. Через них часть солнечного ветра с дневной стороны проникает в магнитосферу, а затем и в верхнюю атмосферу. Сюда же в период магнитных бурь устремляются частицы из хвостовой части магнитосферы, достигая границ верхней атмосферы в высоких широтах северного и южного полушария. Именно эти заряженные частицы вызывают здесь полярные сияния.

Магнитное поле становится главным препятствием для проникновения в географическую оболочку губительного для живого вещества корпускулярного излучения Солнца. Одновременно магнитосфера пропускает к поверхности планеты рентгеновские и ультрафиолетовые лучи, радиоволны и лучистую энергию, которая служит основным источником тепла и энергетической базой происходящих в географической оболочке процессов.

Экспериментально доказаны связи между различными функциями растений и животных в зависимости от их ориентации в магнитном поле. Многоразовые опыты с культурными и дикими растениями показали, что особое расположение зародыша семян по отношению к направлению геомагнитного поля влияет в будущем на темпы роста и ориентацию корней. Это явление в органическом мире Земли получило название магнитотропизма.

Разные группы растений не одинаково реагируют на изменения напряженности геомагнитного поля. Семена одних при искусственном от него экранировании образуют больше корней ростовых почек, а у других, например хвойных пород, в этом случае растягивается период покоя, уменьшается всхожесть, снижается поглощение кислорода и в среднем на 30% падает содержание сухого вещества (Ю. Г. Мизун, П. Г. Мизун, 1984). Накоплено много достоверных фактов о высокой чувствительности к магнитным полям насекомых, птиц, рыб, моллюсков, червей и даже водорослей.

Форма и размеры Земли, их географические следствия. Проблема определения формы и размеров Земли была поставлена в древности и остается одной из важнейших в современном естествознании. Сфероидальная форма нашей планеты была первой приближенной моделью.

Такое представление о Земле удовлетворяло ученых вплоть до второй половины XVII в., когда стали известны факты изменения ускорения силы тяжести на разных широтах. Объяснить это можно было лишь отказавшись от сфероидальной модели Земли. Так появилась новая модель планеты — эллипсоид вращения.

В 1940 г. под руководством советского астронома-геодезиста Н. Ф. Красовского были определены размеры основных элементов эллипсоида. Экваториальный радиус a оказался равным 6 378 245 м, полярный b — 6 356 863 м, а полярное сжатие $\left(\frac{a-b}{a}\right)$ составляет 1: 298,3. Разница между экваториальным и полярным радиусами

достигает всего 21 382 м. Вычислена и общая площадь поверхности эллипсоида вращения, которая округленно равна 510 млн. км². Земной эллипсоид Н. Ф. Красовского с 1946 г. принят для геодезических и картографических работ в СССР и странах СЭВ.

Однако форма Земли полностью совпадала бы с фигурой эллипсоида вращения только при условии правильного концентрического распределения плотностей слагающего ее вещества. Так как это условие не соблюдается, то, следовательно, фигура Земли не эллипсоид вращения. Вот почему еще в 1873 г. немецкий геодезист Е. Листинг предложил сравнить форму Земли с уровенной спокойной поверхностью Мирового океана, продолженную под континентом. Эта фигура Земли была названа геоидом, что значит «подобный Земле».

Геоид — фигура не геометрическая. Ее поверхность обусловлена физическими свойствами самой планеты. По мнению С. В. Калесника, «задача определения формы геоида по своей трудности приближается к задаче изучения реальной физической поверхности Земли»[1]. Многие поколения ученых занимались ее решением. Новый этап поиска совпадает с началом запуска искусственных спутников. Детальные исследования фигуры планеты из Космоса показали, что максимальные возвышения геоида наблюдаются в Тихом океане севернее Австралии (77 м), в Атлантике вблизи Гренландии (66 м) и южной части Индийского океана (51 м), а минимальные отметки — у о. Шри-Ланка (—105 м), в Центральной Азии (—58 м), в районе Бермуд (—52 м) в Атлантике.

Нарастающая точность в определении фигуры Земли имеет важное теоретическое и практическое значение. Но для рассмотрения глобальных общеземлеведческих закономерностей из трех известных моделей достаточно избрать самую простую — шар.

С шарообразной формой Земли связано важное географическое явление — неравномерное распределение солнечной энергии по широтам. Для доказательства справедливости выдвинутого положения проведем следующий эксперимент. Расположим три одинаковые по площади пластины (a, b, c) под разными углами (рис. 7, *А*). Из рисунка видно, что идущие от Солнца параллельные лучи не только падают на пластины под разными углами, но и количество их не одинаково. Чем больше угол падения, тем большее количество лучей соприкасается с ними ($a>b>c$). А так как каждый луч это определенная величина солнечной энергии, то отсюда следует, что интенсивность солнечной энергии пропорциональна синусу угла падения лучей: $I_1=I_0 \sin \alpha$.

Теперь распределим те же самые пластины на экваторе в средних и высоких широтах (рис. 7, *Б*). По аналогии с рассмотренным вариантом наглядно видно, что вблизи экватора приходится максимум солнечного тепла, а чем дальше от него к северу и югу, тем

[1] *Калесник С. В.* Основы общего землеведения. М., 1955. С. 23.

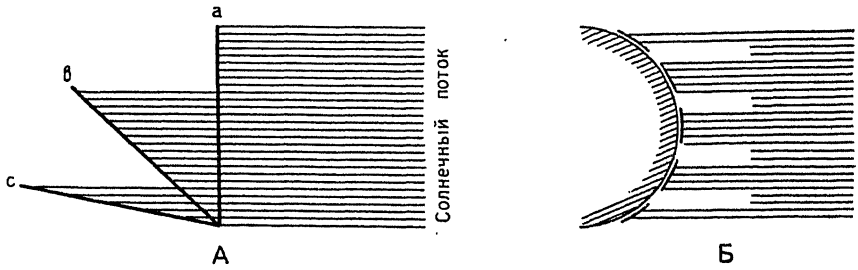


Рис. 7. Зависимость нагревания поверхности от угла падения солнечных лучей (*А*) и их распределение на шарообразной поверхности Земли (*Б*)

его меньше на единицу горизонтальной плоскости. Изображенная на рис. 7, *Б* зависимость может быть выражена следующим образом: $I_1 = I_0 \cos \varphi$.

Фактически измеренная величина солнечной радиации практически не нарушает выведенной закономерности. Максимум тепла (7542—9218 МДж/м², или 180—200 ккал/см²) приходится на тропические широты, несколько ниже за счет высокой облачности на экваторе (5866 МДж/м², или 140 ккал/см²), а в высоких широтах оно снижается до (2514 МДж/м², или 60 ккал/см²). При этом отмечается одна особенность в снижении среднегодового тепла в направлении полюсов: в экваториальных и тропических широтах уменьшение солнечной энергии происходит очень медленно, а в умеренных и субполярных широтах резко возрастает.

Неодинаковое поступление солнечного тепла на разных широтах сказывается на особенностях обменных процессов в атмосфере и водной оболочке Земли. В настоящее время известно, что на глобальный водоворот Мирового океана, движимый ветром, дополнительно накладывается циркуляция, «движимая Солнцем». Последнюю называют *термохалинной* циркуляцией. «Термо» указывает на связь течения с температурой, «халина»— с соленостью вод. Термохалинные течения, энергия которых непосредственно обусловлена солнечным излучением, по сравнению с ветровыми менее интенсивны. Их скорость, как правило, не превышает 10 см/с, а дрейфовые потоки — Бразильское, Самолийское, Восточно-Австралийское и др.— перемещаются со скоростью 25—50 см/с, а местами в 2—3 раза быстрее.

Происхождение термохалинного переноса океанических вод связывают с образованием морских льдов в высоких широтах. Формирование льдов сопровождается охлаждением и ростом плотности воды. Механизм этого явления состоит из нескольких взаимосвязанных звеньев. В полярные широты обоих полушарий с поверхностными течениями из тропиков поступает теплая и соленая вода, которая здесь охлаждается до температуры замерзания. При этом значительная часть высвобождающихся солей остается в незамерз-

шей воде, что и увеличивает ее плотность. Холодные и плотные подледные воды постепенно опускаются на дно и дают начало возвратному стоку в направлении тропиков. Приблизившись к зоне экваториального апвеллинга, глубинные антарктические или североарктические воды поднимаются к поверхности, чтобы вновь повторить свой путь в высокие широты.

Итак, шарообразная форма Земли в сочетании с параллельным потоком солнечных лучей становится первопричиной, подробно рассмотренной дальше зональности процессов, компонентов и ландшафтов географической оболочки.

Иные географические следствия связаны с *размерами Земли.* Средняя плотность вещества планеты, площадь ее поверхности и объем в конечном итоге определяют массу Земного шара, равную $5{,}975 \cdot 10^{21}$ т. В свою очередь, масса Земли, создавая величину притяжения, препятствует рассеиванию атмосферного воздуха (диссоциации) в космическое пространство и одновременно влияет на его газовый состав.

Определить скорость «убегания» газов атмосферы из зоны притяжения планеты можно по формуле $V^2 = 2fM/R$, где V — скорость диссоциации, м/с; f — постоянная притяжения $(6{,}5745 \cdot 10^{-11})$; M — масса планеты, г; R — радиус планеты, см. Как показывают расчеты, для того чтобы частица какого-либо газа атмосферы могла преодолеть притяжение Земли, она должна обладать скоростью не ниже второй космической — 11,2 км/с. Понятно, что стоит молекуле газа атмосферы приобрести эту скорость, он в ней не удержится. Средняя скорость молекул атмосферных газов колеблется от 0,3 до 1,1 км/с. Это означает, что Земля может сохранить любой газ в своей атмосфере. Но наблюдения показывают очень медленное улетучивание некоторых газов в космос. Это происходит потому, что в высоких слоях атмосферы Земли температура намного выше, чем у поверхности планеты. А значит, здесь намного выше и скорость молекул газов.

В первую очередь кандидатами на космическое «путешествие» оказываются гелий и водород. Сила земного тяготения недостаточна для прочного их удержания. Этому способствует и то, что водород и гелий как менее плотные газы стремятся занять самое верхнее положение. Отсюда становится понятным парадокс — гелий на Солнце и планетах-гигантах составляет четверть их массы, в земной атмосфере его практически нет. Но зато Земля имеет устойчивую и гарантированную кислородно-азотную атмосферу.

Цепочка связей размеры Земли — атмосфера имеет продолжение. С существованием атмосферы в прямой зависимости находится наличие водной оболочки планеты, без которой бы не могло быть многих динамических и биохимических процессов в географической оболочке. Атмосфера регулирует приходно-расходную часть тепловой энергии, ее озоновый экран защищает живые организмы от губительного воздействия избытка ультрафиолетовых лучей. Не будь

атмосферы, среднегодовая температура понизилась бы на материках до —23,6 °С и океанах до —20 °С вместо +14,4 и +17,4 °С в настоящее время.

Географические следствия годового движения и суточного вращения Земли. Со сверхкосмической скоростью почти 30 км/с движется наша планета по эллиптической орбите вокруг Солнца. В афелии, самой удаленной от светила точке, расстояние до Солнца составляет $152 \cdot 10^6$ км и приходится на 5 июля, а спустя полгода, в перигелии, оно уменьшается на $5 \cdot 10^6$ км. Полный оборот вокруг Солнца Земля совершает в течение года. Продолжительность его равна 365 суткам 6 часам 9 минутам 9 секундам. Вот почему для удобства пользования гражданским летосчислением принято измерять три года подряд по 365 суток каждый, а к четвертому году, високосному, добавляют 1 сутки. Прохождение Земли через афелий и через перигелий приходится соответственно на летнее и зимнее время, а это значит, что орбитальная скорость планеты выше в зимнее и меньше в летнее полугодие в северном полушарии. Зимнее полугодие в этом случае будет длиться 179, а летнее — 186 суток.

Важным моментом при рассмотрении годового движения Земли является неизменно наклонное положение земной оси, когда она постоянно остается параллельной самой себе. Угол наклона к плоскости орбиты составляет 66°33′. Наклон оси оказывает существенную роль в неравномерном распределении солнечной радиации по земной поверхности. Для большей наглядности рассмотрим положение оси вращения в наиболее характерные сроки.

Например, наклон оси в дни равноденствий 21 марта и 23 сентября оказывается нейтральным по отношению к Солнцу, а обращенные к нему участки планеты равномерно освещены от полюса до полюса. На всех широтах в эти сроки продолжительность дня и ночи равна 12 часам. Солнечные лучи на экваторе падают отвесно. В день летнего солнцестояния 21 июня Земля занимает такое положение, что северный конец ее оси наклонен в сторону Солнца. И лучи падают ответно уже не на экватор, а на северный тропик, широта которого равна 23°27′. Круглые сутки освещенными оказываются не только приполюсные районы, но и пространство за ними до широты 66°33′ (Полярный круг). В южном полушарии в это время освещенной оказывается лишь та ее часть, которая лежит между экватором и южным Полярным кругом (66°33′). За ним 21 июня земная поверхность не освещается.

В день зимнего солнцестояния 22 декабря все происходит наоборот. Солнечные лучи уже отвесно падают на южный тропик. Освещенными в южном полушарии оказываются участки, лежащие не только между экватором и тропиком, но и вокруг южного полюса. Такое положение продолжается до 21 марта, когда наступает день весеннего равноденствия.

Годовое движение Земли вокруг Солнца при постоянном наклоне оси вращения ведет к регулярной смене времен года. Зиме,

весне, лету и осени в северном полушарии соответствуют лето, осень, зима и весна в южном. Продолжительность астрономических времен года по срокам развития природы существенно отличается в разных географических поясах. Весна содержит 92,8, лето — 93,6, осень — 89,8 и зима — 89,0 суток. Такое неравномерное распределение года между сезонами объясняется тем, что линии солнцестояний и равноденствий делят эллиптическую орбиту Земли на неравные части, для прохождения которых требуется разное время.

Сезонный ритм в связи с годовым движением прежде всего сказывается на освещенности земной поверхности. Различают два типа освещенности: 1) пульсирующую в высоких широтах, продолжительность которой колеблется в зависимости от времени года от нуля до определенного максимума; 2) суточную ритмику освещенности, ярко выраженную в экваториальной области, где она ежесуточно в течение всего года то падает до нуля, то снова достигает некоторого максимума.

А. П. Шубаев (1977) предлагает выделять семь поясов освещенности в каждом полушарии (рис. 8).

Экваториальный пояс (0—10° с. ш. и ю. ш.), где практически не существует разницы между долготой дня и продолжительностью ночи. Сумерки очень короткие. Полуденная высота Солнца здесь колеблется от 90 до 56,5°. Дважды в году — в дни равноденствий — на экваторе Солнце бывает в зените. Времена года отсутствуют.

Тропические пояса (10—23,5° с. ш. и ю. ш.) характеризуются появлением различий в продолжительности дня и ночи. Изменения варьируют от 10,5 до 13,5 часов. Сумерки короткие. Полуденная высота солнца в тропическом поясе меняется от 90 до 47°. В дни солнцестояний Солнце на крайней северной и крайней южной границах поясов находится в зените. Существует два времени года.

Субтропические пояса (23,5—40° с. ш. и ю. ш.) отличаются нарастающей разницей в продолжительности дня и ночи, изменяющейся от 9 до 15 часов. Сумерки не продолжительные. Высота Солнца летом вблизи тропиков приближается к 90°, на противоположной стороне зимой она опускается до 26,5°. Зенитальное положение Солнца отсутствует. Четко выражены два основных времени года, слабее выделяются переходные сезоны.

Умеренные пояса (40—58° с. ш. и ю. ш.) выделяются ощутимыми контрастами в продолжительности дня и ночи, которые меняются от 18 до 6 часов. Сумерки продолжительны. Полуденная высота Солнца находится в пределах 8,5° зимой и 55,5° летом. Впервые четко обособляются четыре времени года, причем лето и зима почти равны по продолжительности.

Пояса белых летних ночей и коротких зимних дней (58—66,5° с. ш. и ю. ш.) существуют непродолжительный срок. С приближением дня летнего солнцестояния наступает время белых ночей, а зимой — сумеречные дни. Появление белых ночей связано с преломлением лучей в земной атмосфере, вследствие чего светила кажутся выше

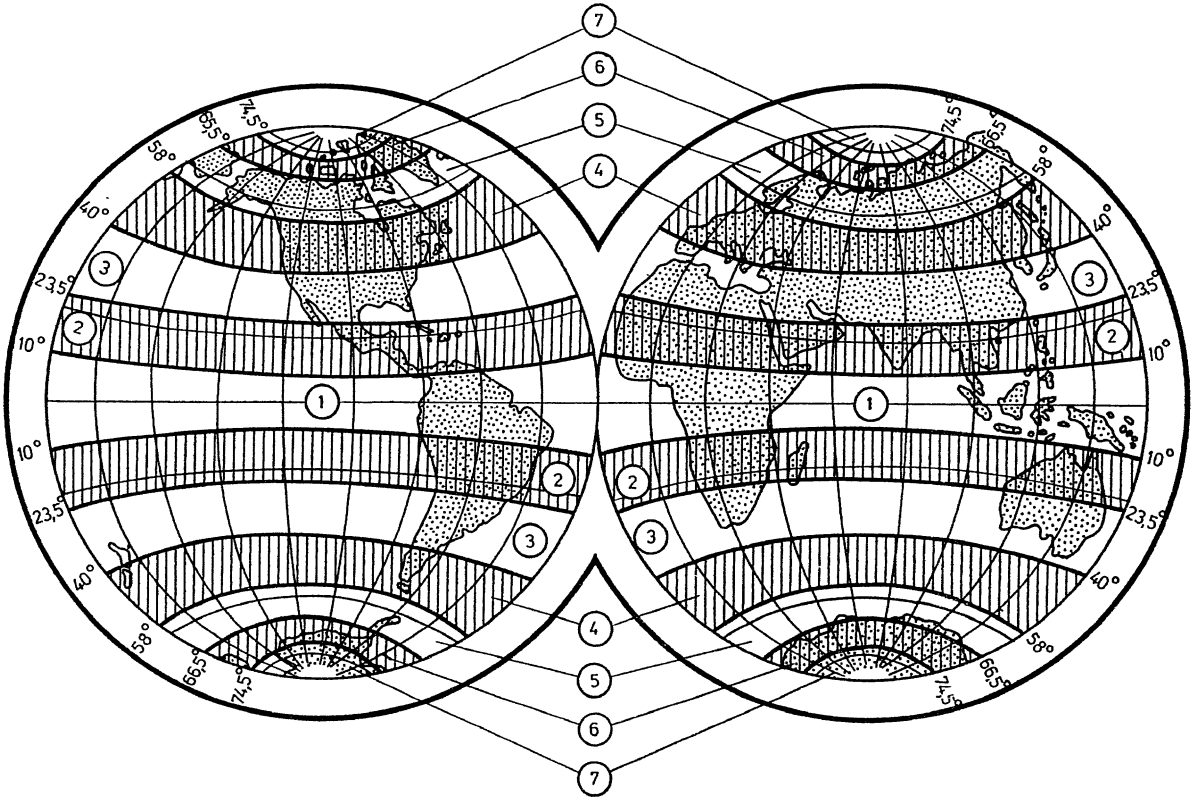


Рис. 8. Пояса освещенности Земли (Л. П. Шубаев, 1977):

1 — экваториальный, *2* — тропические, *3* — субтропические, *4* — умеренные, *5* — белых летних ночей и коротких зимних дней, *6* — субполярные, *7* — полярные

своего действительного положения над уровнем горизонта. Высота Солнца в полдень на границах полярных кругов колеблется от 53,5° летом до 0° зимой. Выражены четыре времени года, но зима длиннее лета.

Субполярные пояса (66,5—74,5° с. ш. и ю. ш.) отличаются исключительной контрастностью продолжительности полярной ночи, которая у полярных кругов длится около одних суток, а на полярных границах до 103. Ближе к полярному поясу Солнце опускается на 8° ниже горизонта, отчего полярная ночь носит характер сумерек. Летом высота Солнца изменяется от 47 до 39°.

Полярные пояса (74,5—90° с. ш. и ю. ш.) располагаются вблизи полюсов. В северном полушарии от 103 до 179 суток Солнце не поднимается над горизонтом. Из-за неравномерного движения Земли продолжительность полярной ночи в южном полушарии на 8 суток короче, а день на 8 суток длиннее. Максимальная высота Солнца на полюсах 23,5°. Два сезона года совпадают по времени с полярным днем и ночью.

В конечном итоге можно говорить о том, что под контролем годового движения Земли вокруг Солнца находятся не только смена сезонов и связанная с ними неравномерность освещенности земной поверхности по широтам, но и значительная часть процессов в географической оболочке: сезонная смена погоды, режим рек и озер, ритмика в жизни растений и животных и даже виды и сроки сельскохозяйственных работ.

Вращение Земли вокруг оси — еще одно важное свойство, которым обладает наша планета. Ось вращения отклонена на 23°27′ от перпендикуляра к плоскости эклиптики. Если смотреть с северного полюса, то вращение Земли происходит против часовой стрелки или, как принято считать, с запада на восток. Полный оборот вокруг оси планета совершает за одни сутки. Угол поворота на всех широтах одинаков. За один час каждая точка на поверхности Земли передвигается на 15° от ее первоначального положения. Но при этом линейная скорость находится в обратно пропорциональной зависимости от географической широты. На экваторе она равна 464 м/с, а на широте 65° — только 195 м/с.

С осевым вращением Земли связано несколько географических следствий. Первое следствие относится к сжатию земного сфероида. Деформация фигуры Земли объясняется тем, что на любую точку планеты одновременно действуют две силы: сила тяготения, направленная к центру, и центробежная, перпендикулярная оси вращения. От сложения этих сил образуется третья, направленная в сторону экватора. Под ее воздействием Земля становится выпуклой вблизи экватора и сплюснутой у полюсов.

Второе следствие — смена дня и ночи. Оно характеризуется чередованием нагрева и охлаждения подстилающей поверхности и приземного слоя воздуха в дневную и ночную части суток. Максимум температуры отмечается в середине дня, а минимум ее прихо-

дится на предрассветные часы. К суточной ритмике освещенности и тепла теснейшим образом приспособлены многие явления и процессы географической оболочки: жизнедеятельность живого вещества, выветривание, температурный режим водоемов, движение воздуха, испарение воды, изменение атмосферного давления и т. д.

Третье, наиболее существенное, значение вращения Земли состоит в образовании поворотной силы, или *силы Кориолиса*. В XIX в. она была впервые рассчитана французским ученым в области механики Г. Кориолисом: $F_{кор}=2mwv \sin \varphi$, где m — масса движущегося тела, w — угловая скорость, v — линейная скорость, φ — широта места.

В чем же суть силы Кориолиса? Допустим, что некоторое тело движется с определенной скоростью по меридиану со стороны северного полюса к экватору (рис. 9, *А*). Через некоторое время оно должно будет оказаться в точке *В*, находящейся на более низкой широте. Значит, тело перемещается из широт, где каждая точка движется с меньшей линейной скоростью, в широты с большей линейной скоростью точек. Так как Земля вращается с запада на восток, то за время, пока тело движется к точке *В*, она уже переместится в положение B_1. Нетрудно установить, что тело отклонилось вправо. Если же тело будет двигаться в обратном направлении на север, то оно будет пересекать широты с меньшей скоростью точек и также отклонится вправо в северном полушарии. Те же причины будут влиять на отклонение движущегося тела в южном полушарии, с той лишь разницей, что отклоняется оно в противоположную сторону — влево. Из вышеприведенной формулы становится ясным, что на экваторе сила Кориолиса равна нулю. Таким образом, всякое движущееся тело в северном полушарии отклоняется вправо, а в южной — влево (рис. 9, *Б*). Это правило не исключение и для тел, перемещающихся в широтном направлении.

Действия силы Кориолиса распространяются на многие явления географической оболочки. Ее отклоняющий эффект особенно заме-

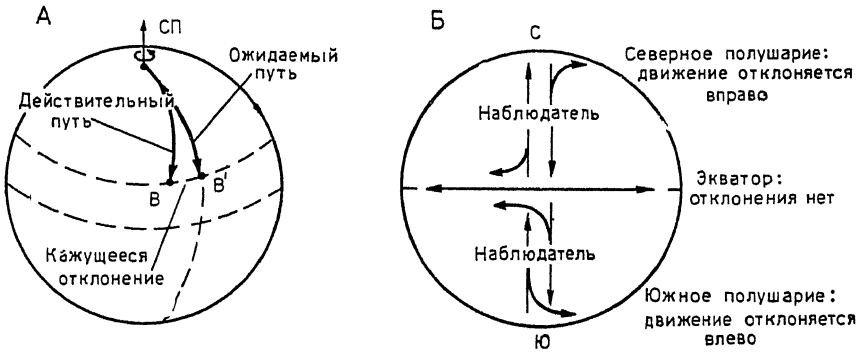


Рис. 9. Сила Кориолиса (*А*) и результат ее действия на разных широтах (*Б*)

тен в направлении движения воздушных масс. Под влиянием отклоняющей силы вращения Земли ветры умеренных широт обоих полушарий принимают преимущественно западное направление, а в тропических широтах — восточное (пассатное). Аналогичное проявление силы Кориолиса обнаруживается в направлении движения океанических вод. Однако морские течения не повторяют направления разгоняющих их ветров. Как показывают наблюдения, под действием силы Кориолиса они смещаются от направления господствующих ветров под углом 30—35° вправо или влево в зависимости от полушария. На это явление впервые обратил внимание известный норвежский исследователь Ф. Нансен во время дрейфа во льдах Арктики на судне «Фрам».

В 1905 г. шведский ученый В. Экман создал теорию ветрового течения, получившую математическое и графическое выражение, известное как спираль Экмана. Согласно ей, поток воды должен быть направлен под прямым углом к направлению ветра, с глубиной он настолько отклоняется силой Кориолиса, что начинает течь в противоположном ветру направлении. Одно из следствий переноса воды, по теории Экмена, состоит в том, что пассатные ветры становятся причиной смещения потока, направленного к северу и югу от экватора. Для компенсации оттока здесь происходит подъем холодных глубинных вод. Вот почему температура поверхностной воды на экваторе оказывается ниже на 2—3 °С, чем в соседних с ним тропических областях. Медленный подъем глубинных вод в верхние слои океана называют апвеллингом, а опускание — даунвеллингом.

Кроме экваториального апвеллинга (рис. 10, *А*), подъем или опускание вод происходит вблизи береговой полосы водоемов (рис. 10, *Б*, *В*).

Кориолисовой силой можно объяснить закон Бэра, согласно которому правые берега рек северного полушария круче левых, а в южном полушарии — наоборот.

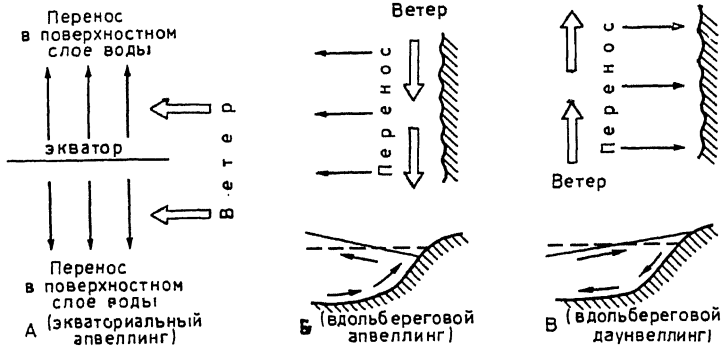


Рис. 10. Сила Кариолиса и ее географические следствия: экваториальный апвеллинг (*А*), вдольбереговой апвеллинг (*Б*) и даунвеллинг (*В*)

ГЛАВА III. СТРУКТУРНЫЕ ЧАСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

ЗЕМНАЯ КОРА И РЕЛЬЕФ ЗЕМЛИ

Вещество земной коры. Земная кора образована горными породами разного состава. Геохимический анализ показывает наличие в земной коре 93 химических элементов. Наиболее распространены (%): O — 47,2; Si — 27,6; Al — 8,3; Fe — 5,1; Ca — 3,6; Na — 2,64; K — 2,6; Mg — 2,1; Ti — 0,6; H — 0,15; C — 0,1. На долю этих 11 элементов приходится 99,99% массы земной коры, все остальные 82 элемента в общей сумме дают не более 0,01% массы.

По сравнению с мантией и тем более ядром Земли земная кора «легче» — в ней меньше содержание железа, магния, никеля, хрома, кобальта. Такая особенность земной коры находит хорошее объяснение в гипотезе известного геохимика А. П. Виноградова о формировании земной коры в процессе зонной плавки вещества «бездонной» мантии.

Горные породы, слагающие земную кору, очень разнообразны и меняются от места к месту. Однако в размещении их давно замечена очень важная черта — закономерное изменение их состава с глубиной. Сверху вниз обособляются три слоя земной коры: осадочный, гранитный, базальтовый.

Осадочный слой образован осадочными и вулканогенно-осадочными породами. В нем преобладают глины и глинистые сланцы, широко представлены песчаные, карбонатные и вулканогенные породы. Мощность осадочного слоя колеблется в широких пределах — от полного отсутствия в некоторых районах суши до 20—25 км в глубоких впадинах.

Гранитный слой состоит из метаморфических и изверженных кислых пород (с содержанием кремнезема SiO_2 свыше 65%), близких по своим свойствам к граниту. Наиболее распространены здесь гнейсы, гранодиориты и диориты, граниты, амфиболиты, кристаллические сланцы. Встречается гранитный слой не везде, но на континентах, где он хорошо выражен, его мощность может достигать нескольких десятков километров.

Базальтовый слой образован кристаллическими породами, близкими к изверженным базальтам. Это метаморфизованные магматические породы основного состава (с содержанием SiO_2 55—40%), более плотные по сравнению с породами гранитного слоя.

Выделение в земной коре гранитного и базальтового слоев, основанное на косвенных данных, условно. Как уже говорилось ранее, данные бурения Кольской сверхглубокой скважины не под-

тверждают существования базальтового слоя на платформенных щитах. Напротив, основные породы древнего протерозоя сменяются глубже на более кислые породы архея. Резкое изменение скорости прохождения сейсмических волн на глубине, как оказалось, вызвано не переменной состава горных пород, а их разуплотнением, связанным с выделением свободной воды в процессе метаморфизации (Е. А. Козловский, 1988). Но закономерность это или исключение, покажет будущее, когда появятся материалы других сверхглубоких скважин, заложенных в аналогичных условиях.

Структурная география земной коры. Мощность и вертикальная структура земной коры обнаруживают четкую географическую закономерность: *толщина и сложность строения земной коры падают при переходе с континентов к океанической абиссали.* В. В. Белоусов и Н. И. Павленкова (1985) выделяют шесть типов земной коры, отличающихся друг от друга толщиной и строением (табл. 1). Толще всего (55—70 км) земная кора под молодыми складчатыми горами, тоньше всего (4—6 км) — под срединными океаническими хребтами и некоторыми абиссальными впадинами.

Континентальная и океаническая кора различна не только по толщине, но и составу пород. Гранитный слой, характерный для континентальной коры, отсутствует в океанической коре. Да и сам базальтовый слой океанической коры, сложенный основными магматическими породами, весьма своеобразен, отличен от аналогичного слоя континентальной коры, в котором наряду с основными значительное участие принимают кислые магматические породы.

В ряде работ последнего времени разрабатываются модели более сложного строения земной коры (В. Е. Хаин, А. Е. Михайлов, 1985). В континентальной коре обосновывается существование четырех слоев: осадочного, гранитного, диоритового и базальтового: в океанической — трех: осадочного, базальтового, габбрового.

Таблица 1. Типы земной коры по В. В. Белоусову и Н. И. Павленковой

Тип коры	Мощность, км	Примеры
I. Континентальная толстая	47—70	Альпы, Кавказ, Тянь-Шань, Скалистые горы
II. Континентальная нормальная	35—50	Русская, Сибирская, Северо-Американская платформы
III. Континентальная тонкая	25—35	Французский массив, герциниды Западной Европы
IV. Переходная, микроконтиненты	15—30	Шотландия, Камчатка
V. Переходная, глубокие прогибы	15—40	Донбасс, впадины Прикаспийская, Вилюйская, Ферганская, Черного и Средиземного морей
VI. Океаническая	4—15	Срединные хребты, абиссальные впадины и океанические поднятия

Память географической оболочки. Геохронологическая шкала. Земная кора — каменная летопись, книга, рассказывающая о становлении и развитии всей географической оболочки. Состав слоев горных пород, последовательность и условия их залегания, остатки ископаемой фауны и флоры дают достаточный материал, чтобы восстановить очертания суши и морей, особенности климата и атмосферы, глубину водоемов и соленость морских вод, уровень развития биострома, интенсивность проявлений орогенеза и вулканизма. Таким образом, земная кора — память географической оболочки, хранитель разнообразной информации о ландшафтах геологического прошлого.

Общепринятая в XIX и XX вв. геохронологическая шкала опиралась на самые приближенные данные об абсолютном возрасте геологических эр и периодов. С момента использования *радиологических методов определения абсолютного возраста горных пород,* основанных на учете явления самопроизвольного распада радиоактивных элементов и определении содержания этих элементов и продуктов их распада в минерале, данные стали точнее.

Наиболее крупные геохронологические подразделения — *эоны* (от греч. aīon — век, эпоха): *криптозой* (от греч. — скрытый и жизнь), охватывающий весь докембрий, в отложениях которого нет остатков скелетной фауны; *фанерозой* (от греч. phanerós — явный, zōé — жизнь) — от начала кембрия до нашего времени, с богатой органической жизнью, в том числе скелетной фауной. Эти эоны не равноценны по продолжительности — 3—5 млрд. лет (криптозой) и 0,57 млрд. лет (фанерозой). С включением в архей катархея продолжительность криптозоя приближается к 4 млрд. лет.

Эоны делятся на *эры.* В криптозое различают *архейскую* (от греч. archaios — изначальный, древнейший, aión — век, эпоха) и *протерозойскую* (от греч. próteros — более ранний, zōé — жизнь) эры; в фанерозое — *палеозойскую* (от греч. — древний и жизнь), *мезозойскую* (от греч. mésos — средний, zōé — жизнь) и *кайнозойскую* (от греч. kainós — новый, zōé — жизнь).

Эры расчленяются на *периоды,* установленные лишь для фанерозоя. Количество и возраст их приводятся в табл. 2.

Термический режим земной коры. Приповерхностный, тонкий (в среднем до 30 м) слой земной коры имеет температуру, определяемую солнечным теплом. Это *гелиометрический слой* (от греч. гелио — Солнце), испытывающий сезонные колебания температуры. Ниже — еще более тонкий горизонт постоянной температуры, соответствующий среднегодовой температуре места наблюдений. Глубина залегания его увеличивается в условиях континентального климата. При отрицательных среднегодовых температурах воздуха в горизонте постоянной температуры образуется *вечная (многолетняя) мерзлота.* Площадь ее огромна — 35 млн. км², из них 11,1 млн. км² на территории СССР. Мощность вечной мерзлоты в высоких широтах достигает 1000 м и более. Современная вечная мерзлота

Таблица 2. Геохронологическая (стратиграфическая) шкала (по В. В. Ершову, А. А. Новикову, Г. Б. Поповой, 1986)

Эон	Эра	Период (система)	Возраст, (начало), млн. лет назад	Органический мир
Фанерозой	Кайнозойская KZ	Четвертичный Q	1,8	Развитие современного животного и растительного мира
		Неогеновый N	23±1	Расцвет покрытосеменных
				Появление форм млекопитающих, близких современным. Развитие человекообразных обезьян. Из беспозвоночных — брюхоногие и двустворчатые моллюски
		Палеогеновый Ꝑ	65±3	Развитие покрытосеменных растений. Бурный расцвет примитивных млекопитающих
				Из беспозвоночных — фораминиферы, брюхоногие и двустворчатые моллюски
	Мезозойская MZ	Меловой K	130±5	Появление покрытосеменных растений. Вымирание во второй половине аммонитов, белемнитов
		Юрский J	204±5	Хвойные, цикадовые, гингковые растения. Расцвет рептилий (пресмыкающихся), населяющих воду, землю, воздух. Появление птиц. Из позвоночных — аммониты и белемниты
		Триасовый T	245±10	Развитие хвойных, гингковых, цикадовых растений. Появление млекопитающих. Широкое развитие аммонитов и белемнитов
	Палеозойская PZ	Пермский P	290±10	Появление и развитие хвойных и цикадовых растений. Развитие рептилий. Из беспозвоночных — аммоноидеи, брахиоподы
		Каменноугольный C	360±10	Пышная древовидная растительность (хвощи, плауны). Развитие амфибий (земноводных). Появление насекомых. Из беспозвоночных — брахиоподы, фораминиферы, кораллы, иглокожие
		Девонский D	400±10	Появление предков папоротников. Расцвет панцирных рыб. Появление земноводных стегоцефалов. Из беспозвоночных наиболее развиты брахиоподы и кораллы
		Силурийский S	418±15	Дальнейшее развитие псилофитов
		Ордовикский O	495±20	Появление панцирных рыб. Широкое развитие беспозвоночных — три-

Продолжение табл. 2

Эон	Эра	Период (система)	Возраст, (начало), млн. лет назад	Органический мир
				лобиты, граптолиты, головоногие, моллюски, брахиоподы, развитие кораллов, мшанок
		Кембрийский Е	570±10	Появление простейших наземных растений — псилофитов. Развитие водорослей и бактерий. Из беспозвоночных — трилобиты, археоциаты
Криптозой	Протерозойская PR		2600±100	Водоросли, бактерии. Плохо сохранившиеся остатки беспозвоночных.
	Архейская AR		4500±100	Следы примитивных органических форм

имеет четвертичный возраст. Максимальная продолжительность непрерывного мерзлого состояния горных пород составляет более 1 млн. лет.

Вся нижележащая толща земной коры выделяется в *геотермический слой,* температура которого определяется внутренним теплом Земли и нарастает с глубиной.

Величину нарастания температуры горных пород с глубиной, выражаемую в °С/м, называют *геотермическим градиентом.* Он колеблется в довольно широких пределах — от 0,1 до 0,01 °С/м — и зависит от состава горных пород, условий их залегания и ряда других факторов. Обратная геотермическому градиенту величина — *геотермическая ступень* — соответственно колеблется от 10 до 100 м/°С. На Кольской сверхглубокой скважине температура на глубине 12 км оказалась более 200 °С. В США в осадочных породах на глубине 9,5 км температура достигла 243 °С. Предполагают, что температура на глубине 20 км составляет 380 °С, 50 км — 700 °С. Под океанами температура с глубиной нарастает быстрее, чем на континентах.

Тепло недр земной коры — важный энергетический источник будущего. Пока крайне незначительно используются лишь гидротермальные ресурсы.

Наружная морфология земной коры и гипсографическая кривая Земли. Земная кора снаружи образует рельеф земной поверхности с ее горами и низменностями, абиссальными равнинами и впадинами на дне океанов. Разница высот между самой высокой вершиной на суше, горой Джомолунгмой в Гималаях (8848 м) и Марианской впадиной в Тихом океане (11022 м) составляет 19870 м.

Наиболее общую картину рельефа рисует гипсографическая

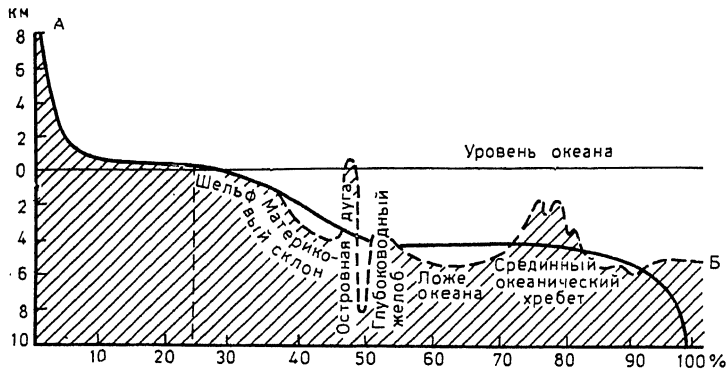


Рис. 11. Гипсографическая кривая Земли (*А*) и обобщенный профиль дна Океана (*Б*)

кривая Земли (рис. 11. *А, Б*). При ее построении по вертикали откладываются высоты суши и глубины океана, по горизонтали — площади. Гипсографическая кривая дает не все детали рельефа, а лишь генерализованные площади *ступеней высот* земной поверхности (табл. 3).

Таблица 3. Площади гипсометрических ступеней материков

Высота суши, м	Площади			Название высотных ступеней
	млн. км²	% от площади суши	% от площади Земли	
Ниже 0	0,8	0,54	0,1	Депрессии
0—200	48,2	32,35	9,5	Низменности
200—500	33,0	22,15	6,4	Возвышенности
500—1000	27,0	18,12	5,3	Низкие горы
1000—2000	24,0	16,10	4,7	Средние горы
2000—3000	10,0	6,71	2,0	То же
Выше 3000	6,0	4,03	1,2	Высокие горы
	149,0	100	29,2	

Площади гипсометрических ступеней дна Мирового океана

Глубины, м	*Площади, млн. км²*	*Глубины, м*	*Площади, млн. км²*
0—200	27 242	4000—5000	117 653
200—1000	16 311	5000—6000	72 108
1000—2000	16 249	6000—7000	4 016
2000—3000	30 527	7000—8000	264
3000—4000	76 661	>8000	91

Совмещенный анализ гипсографической кривой и мелкомасштабной физической карты полушарий показывает, что:

1. Большая часть земной коры покрыта водой — 71%. Океаны занимают 361 млн. км², суша — остальные 149 млн. км² планеты. Основная масса суши сосредоточена в северном полушарии, при этом наиболее материковой является полоса, расположенная между 40 и 70° с.ш. Примечательно, что именно те же широты, только южного полушария, оказываются наиболее океаническими. Земной шар можно разделить на два таких полушария, в одном из которых будет сосредоточена подавляющая часть суши Земли. Это полушарие принято называть материковым, противоположное ему — океаническим (рис. 12).

2. На суше при ее средней высоте 970 м преобладают равнины и низкогорья высотой до 1000 м; горные поднятия выше 4000 м занимают незначительную площадь.

3. В океанах, при его средней глубине 3704 м, господствуют глубины от 3000 до 6000 м; на долю глубоководных впадин и желобов приходится лишь около 1,5% площади океана.

Граница суши и океана (нулевая отметка) не фиксирует перехода континентальной земной коры в океаническую. На гипсографической кривой находит отчетливое морфологическое выражение *материковая отмель*, или *шельф*, — затопленная водой низменная окраина континентов, а также *материковый склон*, у подножия которого, в среднем на глубине 2450 м, происходит замещение континентальной коры океанической. Заслуживает внимания совпадение отметок подножия материкового склона со средним (выравненным) уровнем земной коры — 2430 м ниже уровня океана. Если выравненную поверхность земной коры покрыть водой, содержащейся в Океане, уровень последнего окажется на 250 м выше современного.

Тектоническая неоднородность земной коры и крупнейшие морфоструктуры рельефа Земли. Греческое слово «тектоника», означающее строительство, строительное искусство, послужило названием важнейшего раздела геологии, изучающего строение земной коры, характер залегания слоев и движения, возникающие в процессе внутреннего развития Земли. Своими корнями тектонические движения уходят в верхнюю мантию. Взаимодействие земной коры с верхней мантией — причина глубинных тектонических движений, зона их проявления до глубины около 700 км получила название *тектоносферы*.

Существует несколько классификаций тектонических движений, каждая из которых отражает одну из сторон — направленность (вертикальные и горизонтальные), место проявления (поверхностные, коровые, глубинные) и т. п. С географической точки зрения удачным представляется деление тектонических движений на колебательные и дислокационные (В. В. Ершов, А. А. Новиков, Г. Б. Попова, 1986).

Колебательные, или эпейрогенические, тектонические движения

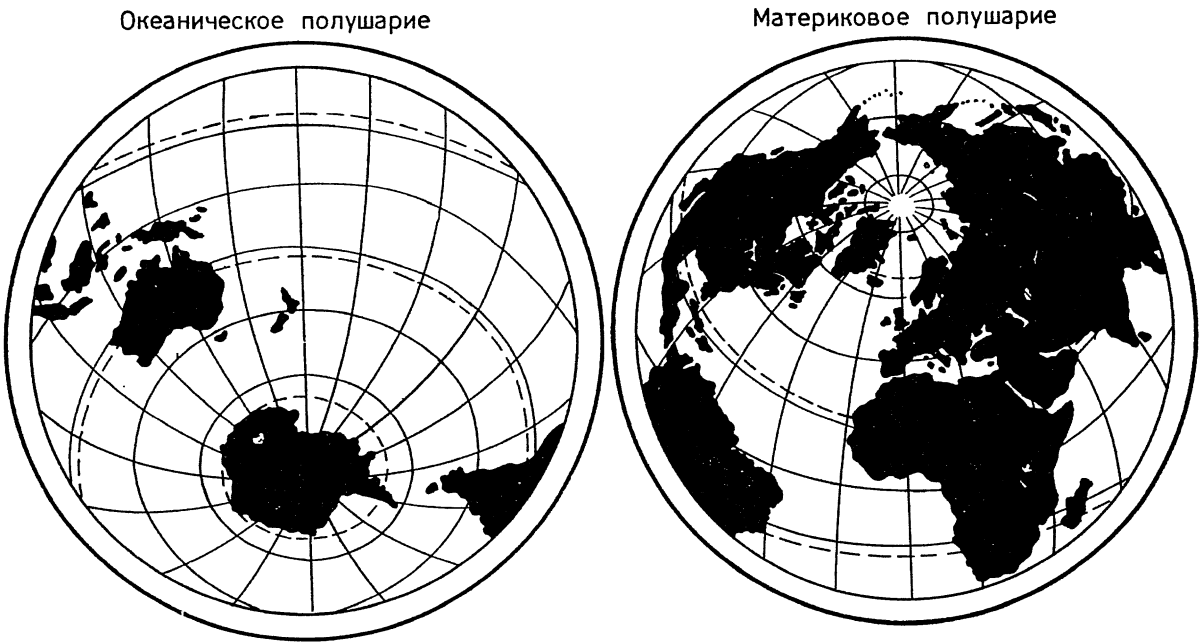


Рис. 12. Океаническое и материковое полушария

(от греч. эпейрогенез — рождение материков) являются «существенно вертикальными», общекоровыми или глубинными. Проявление их не сопровождается резким изменением первоначального залегания горных пород. На земной поверхности сейчас и в геологическом прошлом нет участков, которые бы не испытывали колебательных движений. Скорость и знак (поднятие — опускание) колебательных движений меняются и в пространстве, и во времени. В их последовательности наблюдается цикличность с интервалами от многих миллионов лет до нескольких тысяч и столетий.

Для становления современных ландшафтов большое значение имели колебательные движения недавнего геологического прошлого — неогена и четвертичного периода. Они получили название *новейших* или *неотектонических*. Размах неотектонических движений очень значителен. В горах Тянь-Шаня, например, их амплитуда достигает 12—15 км и без неотектонических движений на месте этой высокой горной страны существовал бы *пенеплен* — почти равнина, возникшая на месте разрушенных гор. На равнинах амплитуда неотектонических движений намного меньше, но и здесь многие формы рельефа — возвышенности и низменности, положение водоразделов и речных долин — связаны с неотектоникой.

Новейшая тектоника проявляется и в настоящее время. Скорость *современных тектонических движений*, определяемая с помощью точных инструментальных методов (повторное нивелирование) и анализа историко-археологических материалов, измеряется миллиметрами и, реже, первыми сантиметрами (в горах). На Русской равнине максимальные скорости поднятия до 10 мм в год установлены для Донбасса и северо-востока Приднепровской возвышенности, максимальные опускания, до 11,8 мм в год, — в Печорской низменности.

Как ни малы скорости современных тектонических движений, они за короткий исторический отрезок времени могут вызвать существенную перестройку природной среды. В Южной и Северной Европе есть города, которые в средние века были известными портовыми центрами, а сейчас в результате поднятия суши отодвинуты от берега моря на десятки километров. В других местах, напротив, под влиянием опускания суши прибрежные земли и населенные пункты скрываются под морскими водами. Устойчивые опускания за историческое время свойственны территории Нидерланд, где человек уже много столетий борется с наступающими водами Северного моря путем создания дамб. Почти половину этой страны занимают *польдеры* — возделанные низменные равнины, лежащие ниже уровня Северного моря, остановленного дамбами.

Современные тектонические движения следует учитывать при строительстве таких долговременных промышленных объектов, как плотины и портовые сооружения. Недооценка их может привести к большим материальным потерям. Вот один из примеров. В Лонг-Бич на Тихоокеанском побережье США в 1941—1943 гг. была по-

строена верфь, которая вскоре могла оказаться под водой, так как строители не учли опускания берегов, происходящего здесь с высокой скоростью. Строительство защитной дамбы обошлось правительству США в 6 млн. долларов (Ю. А. Мещеряков, М. И. Синягина, 1961).

К *дислокационным движениям* (от лат. дислокатиос — смещение) относятся тектонические движения различной направленности, в основном внутрикоровые, сопровождающиеся резким нарушением залегания горных пород в виде складок и разрывов. Распространенным синонимом складчатых дислокаций служит термин *пликативные дислокации* (от лат. пликатус — складчатость).

В отличие от колебательных движений дислокационные не являются повсеместными. Они характерны для геосинклинальных областей и слабо представлены или совсем отсутствуют на платформах.

Геосинклинальные области и платформы образуют главнейшие структурные блоки земной коры, находящие отчетливое выражение в современном рельефе.

Геосинклинали — подвижные линейно вытянутые области земной коры, характеризующиеся разнонаправленными тектоническими движениями высокой интенсивности, энергичными явлениями магматизма, включая вулканизм, частыми и сильными землетрясениями. На *ранней стадии* развития в них наблюдается общее погружение и накопление мощных толщ морских осадочных и вулканогенных пород. Из осадочных пород для этой стадии характерны *флиши* (закономерное тонкое чередование песчаников, глины и мергелей), а из вулканических — лавы основного состава. На *средней стадии*, когда в геосинклиналях накапливается толща осадочно-вулканических пород мощностью 8—15 км, процессы погружения сменяются постепенным воздыманием, осадочные породы подвергаются складкообразованию, а на больших глубинах — метаморфизации, по трещинам и разрывам, пронизывающим их, внедряется и застывает кислая магма. В *позднюю стадию* развития на месте геосинклинали под влиянием общего воздымания поверхности возникают высокие складчатые горы, увенчанные активными вулканами с излиянием лав среднего и основного состава; впадины заполняются континентальными отложениями, мощность которых может достигать 10 км и более. С прекращением процессов воздымания высокие горы медленно, но неуклонно разрушаются, пока на их месте не образуется холмистая равнина — пенеплен — с выходом на поверхность «геосинклинальных низов» в виде глубоко метаморфизованных кристаллических пород. Весь геосинклинальный цикл длителен даже по геологическим масштабам времени и не укладывается в рамки одного геологического периода.

Пройдя геосинклинальный цикл развития, земная кора утолщается, становится устойчивой и жесткой, не способной к новому

складкообразованию. Геосинклиналь переходит в иной качественный блок земной коры — *платформу.*

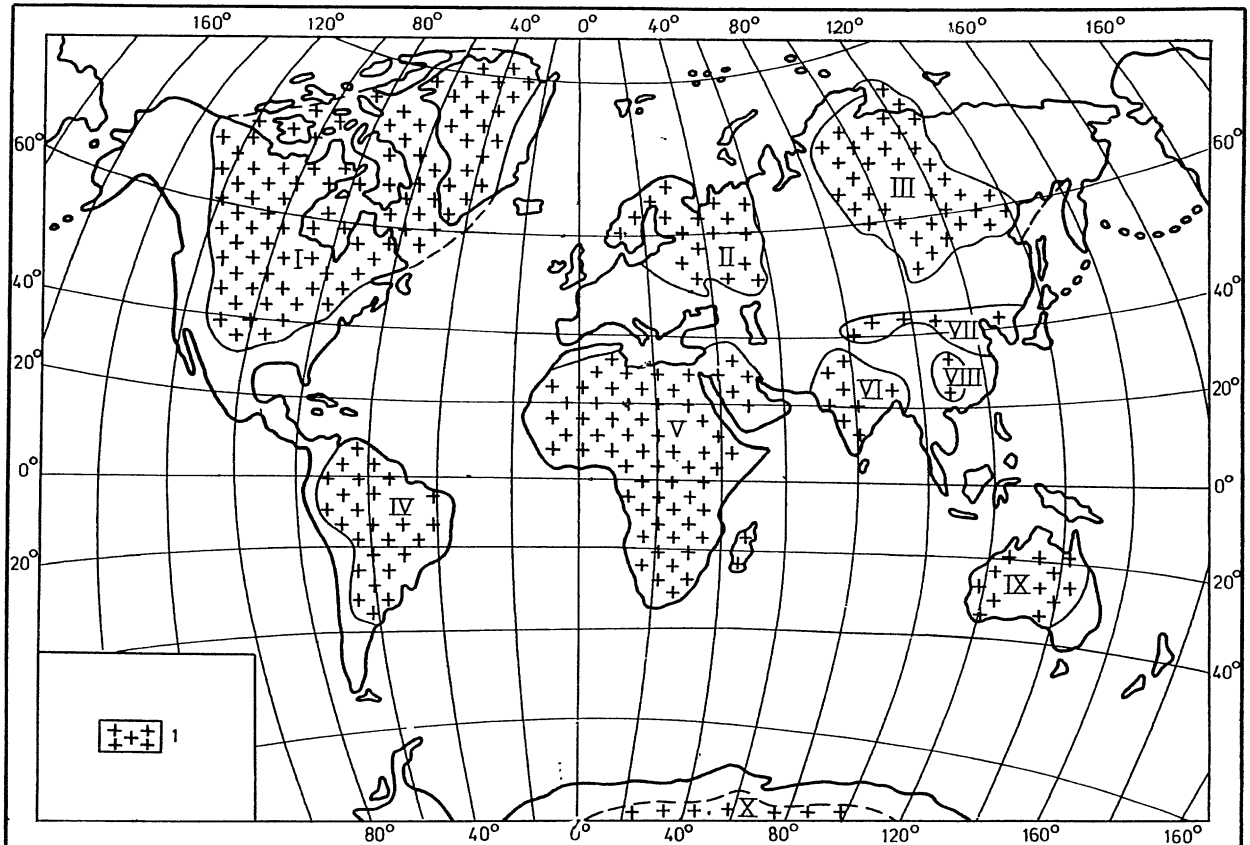
На протяжении геологической истории Земли наблюдался ряд эпох интенсивного складчатого горообразования с последующей сменой геосинклинального режима на платформенный. Наиболее древние из эпох складкообразования относятся к докембрийскому времени, затем следуют *байкальская* (конец протерозоя — начало кембрия), *каледонская*, или *нижнепалеозойская* (кембрий, ордовик, силур, начало девона), *герцинская*, или *верхнепалеозойская* (карбон, пермь, триас), *мезозойская, альпийская* (конец мезозоя — кайнозой).

В. Е. Хаин и А. Е. Михайлов (1985) дают следующие временны́е рамки начала и конца эпох складкообразования в абсолютном летосчислении: байкальской — 1000—550 млн. лет, каледонской — 550—400, герцинской — 400—210, мезозойской — 210—100, альпийской — 100—0 млн. лет.

Общей чертой всех платформ, помимо их жесткости, *служит двухэтажная структура.* Нижний этаж — наследие геосинклинального режима — образован сильно дислоцированными и метаморфизованными породами, верхний — морскими осадочными отложениями небольшой мощности, что свидетельствует о небольшом размахе колебательных движений, вызывавших трансгрессии (наступание) мелководных морей, сменявшихся затем регрессиями (отступанием) морей.

Возраст платформ различен и определяется по времени становления нижнего структурного этажа. Наиболее древними из них являются докембрийские платформы, нижний этаж которых образован смятыми в складки кристаллическими породами докембрия. Таких платформ 10: Северо-Американская, Восточно-Европейская, Сибирская, Южно-Американская, Африкано-Аравийская, Индийская, Восточно-Китайская, Южно-Китайская, Австралийская, Антарктическая (рис. 13).

Чтобы получить некоторое представление о строении докембрийских платформ, познакомимся с одной из них — *Русской* (Восточно-Европейской платформой в границах СССР). Поверхность докембрийского кристаллического фундамента очень неровная. В одних местах он выходит на поверхность или залегает вблизи нее, образуя *щиты* и *антеклизы* (от греч. — против и наклонение). Щитов с выходом на поверхность архея и протерозоя два: Балтийский и Украинский. В других местах, *синеклизах* (от греч. sýn — вместе, énklisis — наклонение), докембрий опущен на 2000—4000 м и глубже, будучи перекрыт осадочными отложениями. Осадочные породы, образующие второй этаж Русской платформы, обладают спокойным, близким к горизонтальному залеганием. Местами, однако, они собраны в пологие валы, куполовидные поднятия, флексуры (ступенеобразные изгибы), а иногда наблюдаются и разрывные нарушения с вертикальным смещением пластов. Нарушения в залегании осадочных


160°
120°
80°
40°
0°
40°
80°
120°
160°
160°
60°
40°
20°
0°
20°
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
1

пород обусловлены неодинаковой скоростью и разными знаками колебательных движений блоков кристаллического фундамента. Сибирскую платформу отличает от Русской наличие залегающих с поверхности траппов — магматических пород основного состава.

Древнейшие докембрийские платформы по возрасту фундамента — *надпротерозойские*, или *эпипротерозойские* (от греч. epi — после, над). К ним примыкают более молодые платформы — *эпибайкальские, эпикаледонские, эпигерцинские*. Области мезозойской складчатости не принято называть платформами, хотя они и являются таковыми на сравнительно раннем этапе развития, не пройдя стадии пенепленизации.

Эпохи складкообразования в фанерозое имели глобальный характер и не могли не отразиться на структуре сложившихся к тому времени платформ. Докембрийские платформы сохраняли стабильность, но более молодые, эпипалеозойские, в ряде крупных регионов испытали серьезную перестройку, выразившуюся в общем сводовом поднятии, глубоких разломах и крупных вертикальных перемещениях глыб относительно друг друга. В результате *вторичного, эпиплатформенного орогенеза* возникают *складчато-глыбовые горы*. Классический пример их — Тянь-Шань, где возрождение горного рельефа произошло во время альпийского орогенеза. Более сложный путь прошли складчато-глыбовые горы Забайкалья, возрождение которых началось в мезозойскую складчатость и возобновилось в альпийскую.

На протяжении всей геологической истории в континентальной коре происходило наращивание площади разновозрастных платформ и сокращение геосинклинальных зон. Современным «живым» геосинклиналям наиболее полно отвечают Тихоокеанская материковая окраина в районе Курильских и Алеутских островов, район Антильских островов в Атлантике: архипелаги островов с дымящими вулканами сопряжены с глубокими морскими впадинами, интенсивные и разнонаправленные движения земной коры дополняются частыми землетрясениями. В очень далеком будущем все геосинклинали, по-видимому, прекратят существование (рис. 14).

Рис. 13. Докембрийские платформы Мира (по В. В. Ершову, А. А. Новикову, Г. Б. Попову, 1986): докембрийские платформы: *I* — Северо-Американская; *II* — Восточно-Европейская; *III* — Сибирская; *IV* — Южно-Американская; *V* — Африкано-Аравийская; *VI* — Индийская; *VII* — Восточно-Китайская; *VIII* — Южно-Китайская; *IX* — Австралийская; *X* — Антарктическая

По А. Б. Ронову (1978), с исчезновением геосинклиналей прекратится вулканизм, а с ним — выделение из недр в атмосферу углекислоты, поддерживающей функционирование органической жизни. Это в конце концов приведет якобы к гибели биосферы, так как содержащиеся и непополняемые запасы кислорода в атмосфере будут использованы на окисление. В высказываниях А. Б. Ронова есть один существенный просчет: вулканизм на Земле связан не только с геосинклиналями, но и с рифтовыми зонами.

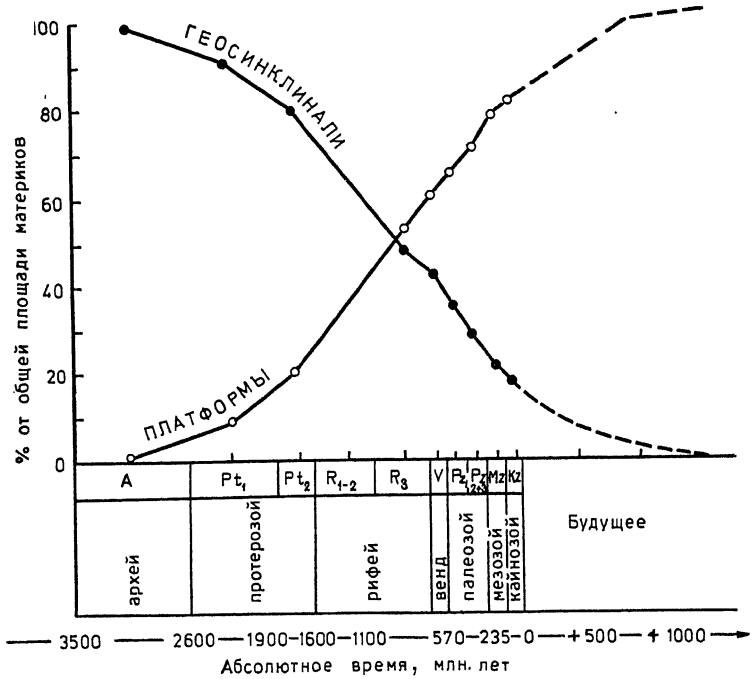


Рис. 14. Общая тенденция сокращения во времени (отмирания) площади геосинклиналей и роста площади платформ в пределах современных материков (по А. Б. Ронову, 1978)

Континентальные рифты (рифт — от англ. rift — щель, разлом). Подобно геосинклиналям, рифтовые зоны отличаются повышенной подвижностью земной коры, высокой сейсмичностью и вулканизмом. Сходство с геосинклиналями придает и вытянутость на многие сотни и тысячи километров при небольшой ширине. Наконец, зарождение и тех и других начинается с горизонтального растяжения земной коры, вследствие чего начальную стадию развития геосинклинальных областей можно называть рифтоподобной (Е. Е. Милановский, 1983, 1984).

В главном рифтовые зоны и геосинклинали как структурные элементы земной коры — полная противоположность. В геосинклиналях за погружением следует накопление мощных толщ осадков, затем орогенез и как конечный результат — *утолщение континентальной коры.* Ничего этого нет в рифтовых зонах. Они возникают под влиянием восходящих движений в мантии, которая, внедряясь в земную кору, приподнимает, дробит и частично перерабатывает ее. Осью рифтовой зоны является узкая тектоническая впадина — грабен (от нем. — ров). В случае далеко зашедшего рифтогенеза происходит «раскрытие» рифтовой зоны, переход континентально-

го рифта в межконтинентальный (Красное море, Аденский и Калифорнийский заливы) и далее в континентальный.

Рифтовые зоны на материках — это области деградации континентальной коры, ее перерождения в кору океаническую (рис. 15). *Рифтогенез в настоящее время геологи стали рассматривать в качестве одного из важнейших процессов развития земной коры, сравнимого по своему значению с геосинклинальным процессом.*

Рифты, играющие столь важную роль в структуре земной коры, разновозрастны. Древние рифтовые зоны платформ, развивавшиеся на протяжении очень длительного времени, от рифея до кайнозоя, называют *авлакогенами* (от греч. áulax — борозда, genés — рождающий). На Русской платформе крупнейшим авлакогеном является Припятско-Днепровско-Донецкий, заложенный в рифее, но окончательное обособление которого, сопровождавшееся глубинными разломами кристаллического фундамента, произошло в девоне. Этот и подобные ему древние «борозды» земной коры давно уже прекратили свое развитие и сглажены — заполнены осадочными отложениями. А что касается Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена, то его восточная окраина в конце палеозоя даже подвергалась складкообразованию.

Современные активные рифтовые системы были заложены в

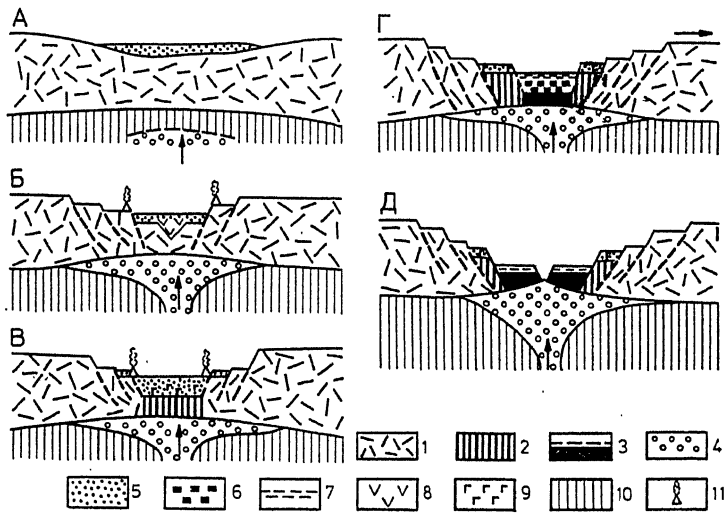


Рис. 15. Зарождение (*А*) и развитие (*Б*) континентального рифта, его переход в межконтинентальный (*В*), начало (*Г*) и развитие (*Д*) спрединга (по В. Е. Хаину, 1984):

1 — континентальная кора, *2* — кора «переходного» типа (утоненная и переработанная континентальная), *3* — океанская кора (вверху — слой осадков), *4* — разогретая и разуплотненная мантия, *5* — континентальные осадки, *6* — эвапориты, *7* — мелководные морские осадки, *8* — щелочные вулканиты, *9* — толеитовые базальты, *10* — нормальная мантия, *11* — вулканы

кайнозое. В их числе — *Восточно-Африканская рифтовая система,* вытянутая более чем на 3000 км и сопровождаемая цепью недавно потухших и действующих вулканов, среди которых Килиманджаро (5895 м) — самая высокая вершина материка. Через Эфиопский рифт и впадину Афар Восточно-Африканская рифтовая система сочленяется с рифтами Красного моря и Аденского залива.

Классический пример рифта в Западной Европе — Верхнерейнский грабен. Это отчетливо выраженная в рельефе долина шириной в 30—40 км, ограниченная высокими бортами, получившими название гор Шварцвальд и Вогезы.

На территории СССР активно проявляет себя *Байкальская рифтовая система.* Она состоит из серии рифтов, вытянутых в северо-восточном направлении. Собственно Байкальский рифт протяженностью около 1000 км характеризуется утоньшением земной коры, высокой сейсмичностью и частым в прошлом излиянием лав (последние извержения имели место уже в четвертичном периоде). Рифт молодой, формирование его началось с конца палеогена и продолжается в настоящее время со средней скоростью опускания на 6 мм/год и раздвига 2—3 мм/год.

Кольцевые структуры. В последние два десятилетия пристальное внимание геологов стали привлекать кольцевые структуры земной коры. Хотя о существовании их знали давно, им не придавали большого значения, считая редким исключением, а не правилом. Положение изменилось, когда стали анализировать мелкомасштабные (обзорные) аэрофотоснимки и особенно снимки из космоса. Выяснилось, что *кольцевые структуры составляют характерную и непременную черту строения континентальной земной коры* (В. А. Буш, В. Н. Брюханов, Я. Г. Кац, Е. Д. Сулиди-Кондратьев, 1985). Размеры поперечника их колеблются в широких пределах — от нескольких тысяч до 10—15 км.

Генезис кольцевых структур различен, не одинаков и возраст. Крупные кольцевые структуры принадлежат к образованиям длительного развития (миллиарды — сотни миллионов лет), возникшим в результате сложного переплетения метаморфических, магматических и тектонических процессов в земной коре. Подобные кольцевые макроструктуры непосредственно на местности проследить трудно, а чаще просто невозможно. Лучше просматриваются более мелкие кольцевые структуры, связанные с падением метеоритов. Но сохранилось их мало — около 130 или немного более, из них 25 на территории СССР.

Самая крупная из метеоритных кольцевых структур — Попигайская котловина в бассейне р. Хатанги. Глубина котловины до 200—400 м, а диаметр внешнего кратера 100 км. В метеоритном кратере расположено оз. Янисъярви в Карелии, а в кратере Риз в ФРГ — город Нордлинген. Очень эффектен Аризонский кратер в США. Диаметр его невелик — 1,2 км, глубокую (до 180 м) чаше-

образную впадину окаймляет четко очерченный вал, поднимающийся на 30—60 м над окружающей равниной.

Примечательно, что кольцевые структуры — общая черта планет земной группы.

Основные морфоструктуры материков. Между строением земной коры, ее тектоникой и рельефом существует тесная связь. Формы рельефа, в создании которых ведущая роль принадлежит тектоническим особенностям земной коры, получили у геоморфологов наименование *морфоструктур* (от греч. morphé — форма, и лат. structura — строение). Основные материковые морфоструктуры — платформенные равнины, плоскогорья, складчатые горы, складчато-глыбовые горы, нагорья.

Равнины — наиболее распространенный тип рельефа докембрийских и эпипалеозойских платформ. Общая черта равнин — небольшие (меньше 200 м) колебания высот при значительной протяженности. Они располагаются на разной *высоте над уровнем моря,* в связи с чем различают: 1) лежащие ниже уровня моря — *отрицательные* равнины и *депрессии.* Такова, например, южная половина Прикаспийской низменности с отметками на берегу Каспийского моря — 28 м; 2) *низменные равнины* высотой от 0 до 200 м (Русская, Западно-Сибирская, Амазонская); 3) *возвышенные равнины* высотой от 200 до 500 м; 4) *нагорные равнины,* поднимающиеся выше 500 м. Чередуясь с приподнятыми над ними сильно разрушенными горными хребтами, они образуют нагорья (Армянское, Иранское, Мексиканское), входящие составной частью в обширные горные системы.

Крупные участки возвышенных и нагорных равнин, ограниченные крутыми уступами от соседних более низких равнинных пространств, известны под названием *плато* (Устюрт, Заангарское, Тунгусское и другие плато на Среднесибирском плоскогорье).

По геологическому строению и истории развития равнины делят на денудационные и аккумулятивные.

Денудационные равнины свойственны тем платформам или их участкам, которые на протяжении почти всей своей истории испытывали тенденцию к поднятию. Поверхность денудационных равнин представляет нижний складчатый этаж платформ, имевший в далеком прошлом горный рельеф, а затем превращенный процессами выветривания в пенеплен. На докембрийских платформах денудационные равнины характерны для щитов, хотя и здесь они занимают не всю площадь последних.

Аккумулятивные равнины обладают хорошо развитым покровом осадочных отложений, полностью скрывающих докембрийский и эпипалеозойский складчатый фундамент платформ. Подобные участки платформ принято называть *плитами.* Крупнейшие аккумулятивные равнины — Восточно-Европейская, Туранская, Западно-Сибирская, Амазонская, Великие равнины в Северной Америке.

Несмотря на «закрытость» аккумулятивных равнин, погружен-

ный складчатый фундамент то и дело проявляет себя в морфоструктурах второго и третьего порядка. *Возвышенности и низменности,* вносящие разнообразие в рельеф аккумулятивных равнин, часто являются прямыми морфоструктурами, отражающими на поверхности выступы (антеклизы) складчатого фундамента. Есть на равнинах и другие морфоструктуры — *наложенные* и *обращенные* (инверсионные), рельеф которых не совпадает с поверхностью погребенного фундамента.

В случае моноклинального (с наклоном в одну сторону) залегания пластов горных пород различной твердости образуется своеобразный *куэстовый рельеф.* Куэсты (от исп. — косогор) имеют вид несимметричных гряд, пологий склон которых совпадает с падением стойких пластов. В литературе хорошо известны куэсты Парижского бассейна во Франции. На Русской равнине куэстой является Валдайская возвышенность, уступ которой обозначает появление пластов каменноугольных известняков.

Шельфовые равнины — затопленные мелководными морями аккумулятивные равнины материков, сохраняющие реликтовые формы рельефа (например, речные долины), образовавшиеся в надводных условиях.

Плоскогорья характерны для платформ с длительно выраженной тенденцией к поднятию. Название хорошо передает их морфологию — плоские горы. Это крупные приподнятые участки суши со сглаженными волнистыми водоразделами и глубоко расчлененным эрозией горным рельефом вблизи рек. Наиболее ровные обособленные участки плоскогорий выделяются в плато, но чаще они напоминают мелкосопочник с останцовыми вершинами и кряжами. Множество таких плато, кряжей, «камней», окраинных гор составляют в совокупности *Среднесибирское плоскогорье,* размещающееся в пределах докембрийской Сибирской платформы. Другие крупнейшие плоскогорья — Бразильское, Декан, Восточно-Африканское — располагаются также на древних платформах. Плоскогорья есть и за пределами древних платформ, например Алазейское, Юкагирское, Оймяконское в Северо-Восточной Сибири (в области мезозойской складчатости), сложенные преимущественно вулканическими и метаморфическими породами [1].

Складчатые горы — молодые горы, образовавшиеся на месте геосинклиналей во время альпийской эпохи складкообразования. Отличаются большой высотой, чередованием хребтов с крутыми склонами, совпадающих обычно с антиклиналями, и узких долин, соответствующих синклиналям. По мере развития складчатых гор подобная прямая связь рельефа со складчатыми структурами становится менее определенной. К молодым складчатым горам отно-

[1] В литературе не всегда проводится четкое разграничение *плоскогорий и плато.* Чтобы избежать этого, в названиях следует руководствоваться последними изданиями географических карт и атласов, публикуемых Главным Управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР.

сятся Альпы, Кавказ, Гималаи, поражающие разнообразием и живописностью форм рельефа.

Складчато-глыбовые горы называют *возрожденными,* так как после своего возникновения в одну из древнейших эпох складкообразования они были пенепленезированы, а затем под влиянием неотектонических движений подверглись омоложению. Хребты, достигающие иногда очень значительных высот (свыше 7000 м на Тянь-Шане), плосковершинны — следы древнего пенеплена. Другими словами, это бывшие платформенные равнины, раздробленные на глыбы, одни из которых взброшены вверх, другие — опущены. Складчато-глыбовые горы встречаются чаще складчатых. На территории СССР к ним относятся Тянь-Шань, Алтай, Саяны, горы Забайкалья, Урал.

«Односторонние» горы материкового склона — отчетливо выраженный гигантский по высоте (свыше 2 км) и протяженности подводный уступ от шельфовых равнин к океаническому ложу. Средний уклон его достигает 1—4°, местами — до 20—40°, средняя ширина — 70 км (А. И. Конюхов, 1989). Отнесение материкового склона к горам не является преувеличением. Ф. Шепард, известный специалист по морской геоморфологии, пишет: «Может быть, вы думаете, что материковые склоны, несмотря на их огромную высоту, не такие крутые, как горные? Совсем нет. Они в этом не уступают им. Тогда, может быть, они не так сложно расчленены? Как бы не так! Вы бы посмотрели, сколько там каньонов!» [1]. И действительно, подводные каньоны с живописными обрывами и выходами коренных пород очень характерны для материкового склона в разных частях Мирового океана. Образование каньонов связано с тектоникой и деятельностью мутьевых потоков; не исключено также участие древней речной эрозии. Помимо мутьевых потоков в формировании рельефа материкового склона активную роль играют оползни, нередко гигантских размеров.

«Односторонние» горы материкового склона переходят в ложе океана не резко, а в форме *слабонаклонных равнин материкового подножия,* состоящего из конусов выноса и шлейфов разного рода терригенных осадков. По ширине материковое подножие в 5—7 раз превосходит материковый склон. Характерны подводные дельты, достигающие у крупных рек огромной величины. Подводная дельта у рек Ганга и Брахмапутры занимает почти всю котловину Бенгальского залива и даже выходит за его пределы, у Амазонки она простирается более чем на тысячу километров, вплоть до отрогов Срединно-Атлантического хребта. Таким образом, материковое подножие выдвигается в абиссаль океанического ложа, маскируя переход континентальной земной коры в океаническую.

Важнейшими морфоструктурами океанической коры являются океанические платформы и срединно-океанические хребты.

---

[1] *Шепард Ф.* Земля под морем. М., 1964. С. 112.

Океанические платформы (плиты других) — тектонически устойчивые, малоподвижные области ложа океана, выраженные в рельефе в виде абиссальных равнин, лежащих на глубине 4,5—6,0 км (до 7 км в зонах разломов). Сводово-глыбовые поднятия (без следов складчатости) расчленяют абиссальные равнины на отдельные котловины. Подводные хребты и валы возвышаются над котловинами на 2—3 км и более, иногда они венчаются вулканическими вершинами, выходящими на поверхность океана. Нередки, особенно в Тихом океане, *гайоты* — одиночные вулканические горы с плоской вершиной, расположенной на глубинах от 200 до 2500 м. Не исключено, что плоская вершина гайот вырабатывалась в надводных условиях.

Срединно-океанические хребты имеют глобальный характер (рис. 16). При общей протяженности около 80 тыс. км они встречаются во всех океанах — Атлантическом, Индийском, Тихом, Северном Ледовитом. В противоположность океаническим платформам срединно-океанические хребты отличаются повышенной мобильностью и высокой сейсмичностью с неглубоким залеганием очагов землетрясений. Морфологически наиболее хорошо они выражены в Атлантическом и Индийском океанах, где при высоте 3—4 км вытянуты в ширину на 80—200 км. В Тихом океане хребтами их можно называть лишь условно: при ширине в 2000 км и более высота их не превышает 1,0—1,5 км. Их положение здесь нельзя назвать *срединно-океаническим* — они сдвинуты на юго-восток океана.

У всех срединно-океанических хребтов есть общая черта — наличие вдоль осевой части рифтовых зон. Правда, в Тихом океане последние прослеживаются не везде. Поперечными разрывами

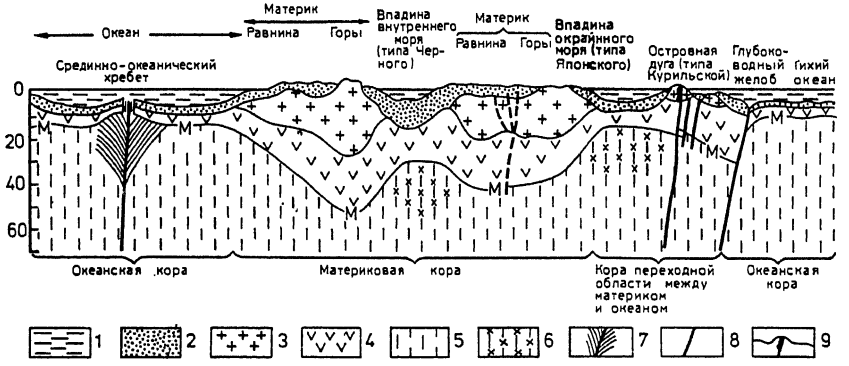


Рис. 16. Строение земной коры материков и океанов (по М. В. Муратову, В. М. Цейслеру, 1986):

1 — воды, *2* — осадочные породы, *3* — гранито-метаморфический слой, *4* — базальтовый слой, *5* — мантия Земли (М — поверхность Мохоровичича), *6* — участки мантии, сложенные породами повышенной плотности, *7* — участки мантии, сложенные породами пониженной плотности, *8* — глубинные разломы, *9* — вулканический конус и магматический канал

срединно-океанические хребты разбиты на блоки, смещенные по горизонтали (трансформные разломы). Кора в рифтовой зоне очень тонкая, почти всюду — свежие покровы базальтовых лав, очень высок (в семь раз выше нормы) тепловой поток. Возможно, магматические породы рифтовых зон представляют слабо измененное вещество верхней мантии и именно здесь в результате спрединга (растяжения) происходит зарождение новой океанической коры. В пользу такого предположения говорит нарастание мощности и увеличение возраста коры при движении от рифтовых зон к окраинам срединно-океанических хребтов.

Смена континентальной земной коры на океаническую происходит не постепенно, а скачкообразно, сопровождаясь образованием морфоструктур особого рода, свойственных *переходным,* точнее — *контактным, зонам.* Иногда их называют периферическими областями океанов. Главнейшими морфоструктурами их являются *островные дуги* с действующими вулканами, резко переходящие в сторону океана в *глубоководные желоба.* Именно здесь, в узких, глубочайших (до 11 км) впадинах Мирового океана, проходит структурная граница континентальной и океанической коры, совпадающая с глубинными разломами, известными у геологов под названием зоны *Заварицкого — Беньофа.* Разломы, падающие под материк, идут на глубину до 700 км.

Антисимметрия мегарельефа материков и океанов. Эту важнейшую закономерность в структуре географической оболочки впервые установил в 1935 г. А. А. Григорьев еще до открытия срединно-океанических хребтов как глобального явления. В работе «В поисках закономерностей морфологической структуры земного шара» он приходит к заключению о контрасте, противостоянии общего плана, морфологии материковой и океанической литосферы: в то время как материковые массивы характеризуются наличием срединного пояса низин и впадин, обрамленного боковыми поясами поднятий, в океанической литосфере в ее средней части (по длинной оси) наблюдается пояс поднятий, окаймленный справа и слева поясами значительно больших глубин. Общепринятого объяснения этой закономерности пока не дано. Скорее всего, она результат наложения неоднородности земной коры и мантии на глобальный ротационный эффект.

Генетические соотношения континентальной и океанической коры. Новая глобальная тектоника

Что старше — континентальная кора или океаническая? Вопрос этот окончательно не решен, хотя его основополагающее значение для восстановления геологического прошлого географической оболочки очевидно. Уже из того, что мы знаем о различиях в строении

континентальной и океанической коры, можно сделать два прямо противоположных заключения.

Первое: вся земная кора имела в прошлом континентальный характер; океаническая кора вторична, она возникла, как считают В. В. Белоусов и его ученики, в результате «базификации».

Второе: земная кора сначала повсеместно была океанической, так как всюду прослеживается «базальтовый» слой. Остатком такой первичной земной коры, покрывающей весь Земной шар, является ложе Тихого океана (М. В. Муратов, 1975). Превращение океанической коры в континентальную, наращивание ее мощности происходило в результате появления и последующего отмирания геосинклиналей.

И первое и второе заключения не больше чем предположения, гипотезы, объясняющие одни факты и противоречащие другим. С другой стороны, не совсем правомерна сама постановка вопроса: *что раньше?* — ибо есть основания — и это, скорее всего, соответствует действительности, — что и континентальная и океаническая коры одинаково стары, возникнув *одновременно в результате пространственной макродифференциации вещества земной коры с момента ее становления.* Причина — динамические явления в астеносфере, залегавшей тогда ближе к поверхности, усиленные «эффектом Кориолиса» (силой вращения Земли). Сказанное находит косвенное подтверждение в глобальной *антисимметрии размещения типов земной коры* — континентальному полушарию противостоит океаническое, материку Антарктида — океаническая впадина Северного Ледовитого океана. Закономерность эта Г. Н. Каттерфельдом (1962) именуется *антиподальностью* океанов и материков.

Поразительно *антиподальное* совмещение полярных районов Земли (рис. 17). Антарктида с большой точностью накладывается на Северный Ледовитый океан, одного порядка максимальная высота первой (5140 м) и наибольшая глубина второго (5527 м).

Возраст — лишь одна временная сторона проблемы генетического соотношения континентальной и океанической коры. Другая сторона — пространственная: насколько устойчиво, неизменно пространственное положение материков. По этому поводу следует сказать, что геологическая наука никогда, даже на самом раннем этапе своего развития, не рассматривала материки как неподвижную «твердь земную». Однако длительное время господствовали представления о ведущей роли в жизни Земли вертикальных движений, горизонтальные признавались незначительными и производными от вертикальных. Это направление в геотектонике получило название *фиксизма* (от лат. fixus — неподвижный).

Идеи фиксизма были поколеблены публикациями американского геолога Ф. Тейлора в 1910 г. и немецкого геофизика А. Вегенера в 1912 г. о значительных горизонтальных перемещениях — дрейфе материков. Эти работы положили начало другому

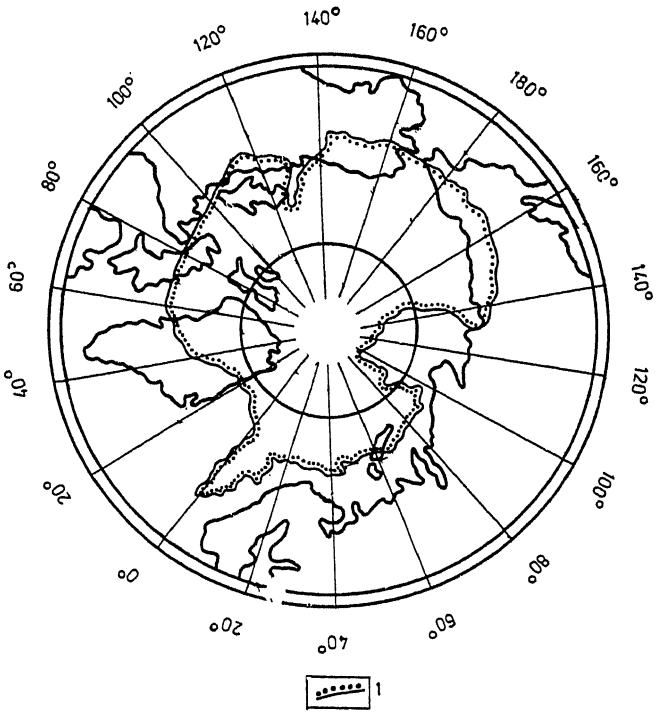


Рис. 17. Совмещение Северного Ледовитого океана и Антарктиды (I) (по В. Н. Шолпо, 1986)

важнейшему направлению в геотектонике — *мобилизму* (от лат. mobilis — подвижный). Гипотеза дрейфа материков стала очень популярной после выхода в свет в 1920 г. книги А. Вегенера «Возникновение материков и океанов». Она давала удовлетворительное объяснение таким фактам, как совместимость очертаний Южной Америки и Африки; сходство геологического строения Южной Америки, Африки, Индостана, Австралии; наличие некоторых общих черт в составе ископаемой и современной флоры и фауны разных материков. Но эта гипотеза не раскрывала самого механизма крупных горизонтальных перемещений материков, поэтому вскоре подверглась серьезной критике. В 60-х годах идеи мобилизма получили дальнейшее развитие в гипотезе *новой глобальной тектоники,* или *тектоники плит,* высказанной группой американских геологов (Г. Хесс, Р. Диц, К. Ле Пишон, Б. Айзекс и др.). Появление ее стало возможным после открытия общепланетарной системы срединно-океанических хребтов. По существу, новая глобальная тектоника есть не что иное, как интерпретация

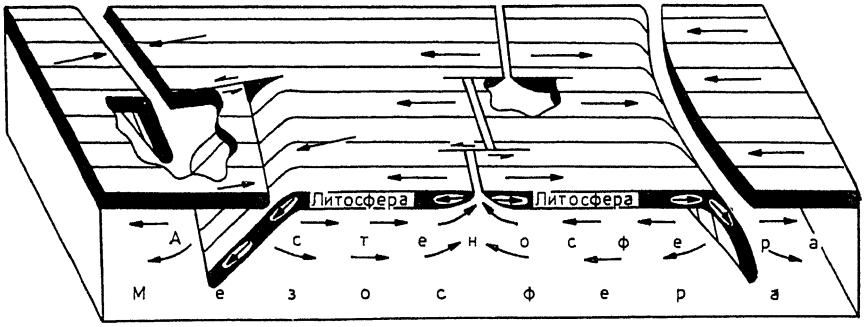


Рис. 18. Принципиальная схема движения литосферных плит (по Б. Айзексу, Дж. Оливеру, Л. Сайксу, 1974)

природы (генезиса) срединно-океанических хребтов и связанных с ними тектонических последствий в земной коре (рис. 18).

Согласно новой глобальной тектонике, вся литосфера разбита на небольшое число плит, крупнейшие из которых Евразийская, Индо-Австралийская, Тихоокеанская, Африканская, Американская, Антарктическая. Сами плиты, будучи жесткими, тектонически спокойны, испытывают смещения, очень сложные и по скорости и по знаку направленности, поэтому на границах их, где плиты сталкиваются между собой, возникают мощные тектонические напряжения, находящие выход в высокой сейсмичности и активной вулканической деятельности. «Главное положение тектоники плит гласит: сейсмические пояса представляют собой зоны, где происходят дифференциальные движения жестких плит» (К. Ле Пишон, Ж. Франшто, Ж. Боннин, 1977). В связи с этим границы плит определяются не границами материков и океанов, а поясами сейсмичности, сами же плиты состоят как из материковой, так и океанической коры. Исключение — Тихоокеанская плита, состоящая из океанической коры.

Новая глобальная тектоника (тектоника литосферных плит) выглядит очень убедительно по отношению к океанам. С позиций ее сторонников ложе океана представляет своего рода конвейер, где в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов вещество верхней мантии перерабатывается в базальтовую кору, которая вследствие спрединга медленно перемещается в ту или другую сторону от рифтов, утолщаясь и старея по мере удаления от них. В глубоководных желобах сейсмических зонах Заварицкого—Беньофа) океаническая базальтовая кора погружается в астеносферу. Что является причиной столь глубокого погружения базальтовой коры? «Грузилом» оказывается опускающийся край самой океанической плиты, породы которой под влиянием метаморфизма на глубине 40—60 км превращаются в эклогит, имею-

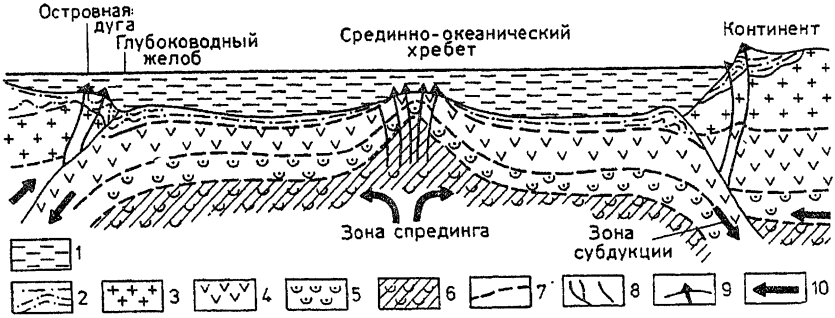


Рис. 19. Схема взаимоотношения литосферных плит по М. В. Муратову, В. М. Цейслеру, 1986):

1 — водная оболочка, *2—5* — литосфера (*2—4* — земная кора: *2* — осадочный слой, *3* — гранитометаморфический слой, *4* — базальтовый слой), *5—6* — верхняя мантия (*5* — надастеносферный слой, *6* — астеносфера), *7* — границы раздела слоев, *8* — разломы, *9* — вулканы, *10* — направления перемещений литосферных плит

щий более высокую плотность, чем подкорковая часть верхней мантии (рис. 19).

Пород более древних, чем юрские, в строении океанической коры не обнаружено. Поэтому принято считать (Р. Диц, Дж. Холден, 1974), что около 200 млн. лет назад существовал единый праматерик *Пангея* (от греч. — все и земля). Спустя 20 млн. лет море Тетис разделило Пангею на два материка — Лавразию на севере и Гондвану на юге — и появились зоны нового океанского дна, возникшего в процессе спрединга. Затем происходит разрушение Гондваны и Лавразии путем «раскрытия» Индийского и Атлантического океанов. Примерно 65 млн. лет назад очертания океанов и материков начинают напоминать современные, за исключением Северной Атлантики, которая еще не сформировалась (рис. 20). В то же время Тихий океан, существоваший с давнего времени, испытал «омоложение» своей коры путем спрединга.

Обобщая современные данные о раскрытии ложа Мирового океана, В. Е. Хаин (1985) на составленной им карте не указывает ни одного его сегмента, который был бы старше 180 млн. лет, при этом начало раскрытия самого древнего из них — северо-запада Тихого океана — относится к раннесредней юре (180—110 млн. лет назад). Но даже в отношении океанов у гипотезы тектоники плит есть слабые места. По мнению Е. М. Рудич (1983), материалы глубоководного бурения в Атлантическом и Индийском океанах исключают возможность в последние 160 млн. лет крупных горизонтальных перемещений континентов и формирование в океанах новой литосферы, отплывания ее от рифтовых зон и последующего опускания под краевые зоны материков. С позиций фиксизма рассматривает эволюцию земной коры И. А. Резанов (1985). Если присоединить сюда работы В. В. Белоусова, показывающие труд-

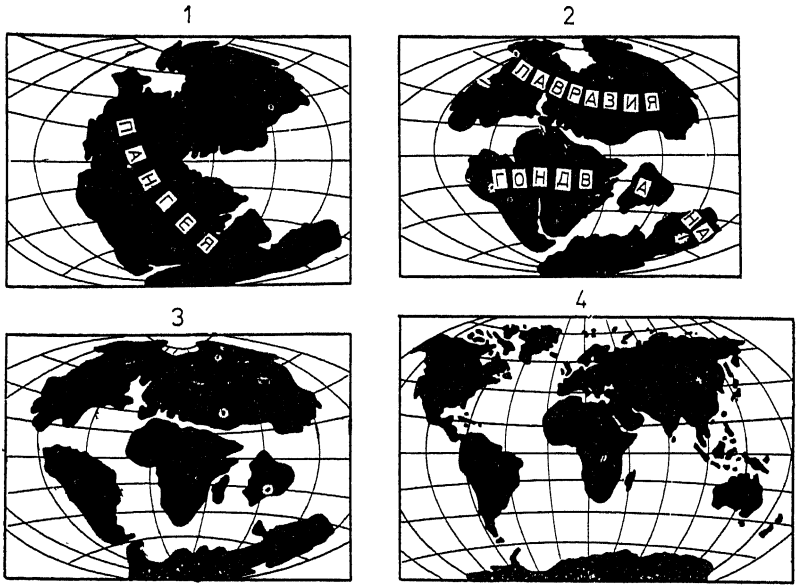


Рис. 20. Распад Пангеи и формирование современных материков (по Р. Диц и Дж. Холден, 1974):

1 — 200 млн. лет назад, *2* — 135 млн. лет назад; *3* — 65 млн. лет назад, *4* — современное положение

ность, если не невозможность, применения гипотезы тектоники плит к континентам, сложенным очень древними породами, с неоднократными проявлениями геосинклинальных процессов развития, то едва ли есть основания говорить, что «тектоника плит является первой в истории геотектоники теорией, а не гипотезой» (В. Е. Хаин, А. Е. Михайлов, 1985). Скорее правы в оценке гипотезы тектоники плит авторы, считающие, что «изложенная концепция пока не может претендовать на роль универсальной геотектонической теории, поскольку не в состоянии объяснить многие важные вопросы развития земной коры» (В. В. Ершов, А. А. Новиков, Г. П. Попова, 1986).

ВОЗДУШНАЯ ТРОПОСФЕРА И КЛИМАТ ЗЕМЛИ

Состав воздушной тропосферы

Воздух — смесь газов, отличающаяся, за исключением водяных паров, постоянством химического состава. В сухом воздухе у земной поверхности содержится (% по объему): азот — 78,08; кислород — 20,96; аргон — 0,93; углекислый газ — 0,03. Есть в воздухе и другие газы (криптон, ксенон, неон, гелий, водород, иод, радон, метан и некоторые другие), но их содержание ничтожно — тысяч-

ные и миллионные доли процента. Таким образом, химический состав воздуха, состоящего более чем на $^3/_4$ из азота, резко отличен от земной коры, бедной азотом.

Общая *масса атмосферы* равна $5{,}2 \cdot 10^{21}$ г, что соответствует 10^3г/см^2 земной поверхности. Масса атмосферы примерно в миллион раз меньше массы самого Земного шара.

В отличие от других газов содержание водяного пара вс влажном воздухе не постоянно и зависит от температуры воздуха и характера подстилающей поверхности. Его содержание у земной поверхности колеблется в среднем от 0,2% в полярных широтах до 2,5% в экваториальных[1].

Пять основных компонентов воздушной тропосферы — азот, кислород, аргон, углекислый газ, водяной пар — различны по своим свойствам, а отсюда — и функциональной роли в географической оболочке. Один из них — аргон — принадлежит к группе инертных газов и не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на процессы, протекающие в географической оболочке.

Азот, самый распространенный газ в воздушной тропосфере, химически мало активен. Являясь составной частью белков и их производных, он тем не менее усваивается большинством живых организмов не непосредственно из воздуха, а посредством азотфиксирующих бактерий и водорослей.

Кислород, в отличие от азота, химически очень активный элемент. И наличие большой массы свободного (несвязанного) кислорода в современной атмосфере представляется парадоксальным явлением. Парадокс этот находит объяснение в захоронении органического углерода и освобождении кислорода в процессе фотосинтеза растений. Атмосфера питает кислородом воды океанов, озер и рек. Специфическая функция кислорода — окисление органического вещества гетеротрофных организмов, горных пород и недоокисленных газов, выбрасываемых в атмосферу вулканами. Без кислорода не было бы разложения мертвого органического вещества.

Подсчеты показывают, что в результате фотосинтеза в атмосферу ежегодно поступает $20 \cdot 10^{16}$ г кислорода. При общем его содержании в атмосфере $1{,}2 \cdot 10^{21}$ г время одного оборота массы O_2 в атмосфере равно примерно 6 тыс. лет.

Углекислого газа в атмосфере немного, но его роль в функционировании географической оболочки исключительно велика. Как уже говорилось в гл. I, углекислый газ представляет основной строительный материал для создания органического вещества при фотосинтезе:

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{Энергия} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

[1] По другим данным, количество водяного пара в нижних слоях воздуха находится в пределах 0,1—1%, в отдельных случаях или уменьшаясь до сотых долей процента или возрастая до нескольких процентов.

В процессе фотосинтеза используется углекислый газ не только атмосферы, но и океана. При деструкции органического вещества большая часть углекислого газа, затраченного на его создание, возвращается обратно в атмосферу и гидросферу. Меньшая часть его захороняется в земной коре в виде каменного угля, нефти, горючих газов и рассеянного органического вещества. Возникающий дисбаланс углекислого газа в атмосфере исправляется выносом его из недр Земли вулканами.

Значение углекислого газа атмосферы для географической оболочки не ограничивается его участием в создании органического вещества. Важные последствия имеет свойство углекислого газа пропускать коротковолновую солнечную радиацию и поглощать часть теплового длинноволнового излучения, что создает так называемый *парниковый эффект,* выраженный в повышении температуры воздуха вблизи поверхности Земли.

При оценке *водяного пара* следует иметь в виду, что он: 1) поддерживает парниковый эффект, так как задерживает длинноволновое тепловое излучение земной поверхности; 2) представляет основное звено больших и малых круговоротов влаги; 3) влияет на климат, повышая температуру воздуха при конденсации водяных паров.

Соотношение газов в сухом воздухе в тропосфере почти не изменяется с высотой. Что касается водяного пара, то его процентное содержание с высотой уменьшается.

В воздухе тропосферы всегда присутствует *примесь аэрозолей — мельчайших жидких и твердых частиц,* находящихся во взвешенном состоянии. Это пыль земного и космического происхождения; твердые частицы дыма и пепла от лесных пожаров, сжигания топлива, извержения вулканов; частицы морской соли; пыльца и споры растений, бактерии. В среднем над каждым квадратным сантиметром в воздухе «висит» 10^8—10^9 аэрозольных частиц. Особенно много их в городах и крупных промышленных центрах, где к аэрозолям добавляются выбросы в атмосферу вредных газов, их примесей, образующихся при сжигании топлива.

Та или иная концентрация аэрозолей в атмосфере определяет ее прозрачность, что сказывается на солнечной радиации, достигающей поверхности Земли. Наиболее крупные аэрозоли — *ядра конденсации* — способствуют превращению водяного пара в водяные капли.

Радиационный баланс земной поверхности и тепловой режим воздушной тропосферы

В гл. I уже говорилось, что главным, практически единственным энергетическим источником географической оболочки является солнечная радиация. В конечном итоге солнечная радиация

определяет и температурный режим воздушной тропосферы — важнейшего климатообразующего фактора Земли.

Земля словно купается в мощном потоке солнечной радиации, пронизывающей космическое пространство. О размерах ее можно судить по тому, что общее количество солнечного излучения в 2,2 млрд. раз превышает количество энергии, получаемое Землей.

Несмотря на непрерывное облучение, Земля (вместе с ее атмосферой) находится в *состоянии радиационного равновесия:* она теряет столько же радиации, сколько и получает ее. Если принять за 100 единиц поток солнечной радиации на границе атмосферы, то уходящая радиация (длинноволновое излучение земной поверхности атмосферы, уходящее в Космос) составит 70 единиц, остальные 30 единиц приходятся на отраженную и рассеянную коротковолновую солнечную радиацию, выходящую за границы атмосферы.

Температурный режим воздушной тропосферы формируется не просто под влиянием солнечной радиации, прорывающейся до нее сквозь более высокие слои атмосферы, а **радиционного баланса земной поверхности** — разности между поглощенной суммарной радиацией и эффективным излучением Земли.

Радиация, достигающая земной поверхности, состоит из прямой и рассеянной. При прохождении через атмосферу примерно четвертая часть солнечной радиации рассеивается молекулами газов и примесями. Голубой цвет неба, рассеянный свет днем при сплошной облачности, сумерки и заря — все это последствия рассеянной радиации. Прямая и рассеянная радиация, взятые вместе, образуют *суммарную радиацию.* Часть ее отражается земной поверхностью. Отношение отраженной радиации к приходящей на данную поверхность находит выражение в альбедо (от позднелат.— белизна). Чем светлее и суше поверхность, тем выше альбедо: влажный чернозем — 5—10%, сухой белый песок — до 40%; лес, луг — 10—25%; свежевыпавший снег — 80—90%. В целом большая часть поступающей суммарной радиации поглощается земной поверхностью — почвой, растительностью, водами, где она переходит в тепло.

Длительное поглощение солнечной радиации не сопровождается прогрессирующим накоплением тепла в земной поверхности. Дело в том, что она сама излучает длинноволновую, невидимую глазом инфракрасную радиацию. Излучает радиацию, однако, не только земная поверхность, но и атмосфера, нагретая радиацией и теплом *земной поверхности.* Поток атмосферной радиации, направленной в сторону земной поверхности, называют *встречным излучением.* Оно хотя и значительно, но меньше земного. Разность между *собственным излучением земной поверхности* и встречным излучением образует эффективное излучение.

Радиационный баланс земной поверхности, меняясь в течение суток и по сезонам года, в среднем за год имеет положительное значение всюду, за исключением ледяных плато Антарктиды и

Гренландии. Максимальных значений он достигает в низких широтах — свыше $42 \cdot 10^2$ Дж/м^2 между 20° с. ш. и 20° ю. ш., на широте около 60° обоих полушарий снижается до $8 \cdot 10^2$ — $13 \cdot 10^2$ МДж/м^2. В Центральном Арктическом бассейне радиационный баланс близок к нулю.

Оставшаяся от эффективного излучения часть поглощенной радиации идет на обогрев земной поверхности и теплоотдачу приземным слоям воздуха и почве. Таким образом, радиационный баланс становится главным компонентом теплового баланса. С учетом других компонентов *тепловой баланс земной поверхности* можно выразить как: $R + P + B + LE = 0$, где R — радиационный баланс земной поверхности; P — турбулентный теплообмен между земной поверхностью и атмосферой; B — поток тепла между земной поверхностью и нижележащими слоями почвы или воды; LE — поток тепла, связанный с фазовыми преобразованиями воды (испарение, конденсация).

Тепловой режим воздушной тропосферы складывается из изменений ее температуры в горизонтальном и вертикальном направлениях, температурных колебаний во времени (от суточных и сезонных до многолетних).

Температура воздуха у земной поверхности измеряется на высоте 2 м. Суточный ход ее, как и многих других метеорологических явлений (влажность воздуха, скорость ветра и т. д.), хорошо прослеживается лишь в условиях устойчивой ясной погоды, обычно свойственной антициклонам. Минимум температуры воздуха наблюдается вскоре после восхода солнца, максимум — в 14—15 часов.

Суточная амплитуда температуры воздуха выше на суше, чем над океаном; она уменьшается при движении в высокие широты и возрастает в местах с оголенной почвой. Величина суточной амплитуды температуры воздуха — один из показателей континентальности климата. В пустынях она намного больше, чем в районах с морским климатом.

Годовая амплитуда температуры воздуха — разность средних месячных температур самого холодного и самого теплого месяца — обнаруживает закономерности, сходные с суточной амплитудой температуры. Над океанами она чаще не выше 5—10°С (редко до 15 °С), над внутренними районами Евразии возрастает до 50—60°С. Вблизи экватора средние месячные температуры воздуха мало отличаются друг от друга на протяжении года. В Джакарте, например, годовая амплитуда температуры составляет всего 1,0°С. Годовая амплитуда температуры увеличивается в направлении умеренных и высоких широт, где отчетливо обособляются морской и континентальный типы годового хода температуры воздуха (рис. 21).

Температура воздуха, получаемая на метеорологических стан-

циях, зависит от их высоты над уровнем моря. В горах, при пересеченном рельефе, становится невозможным проведение изотерм, а без них трудно сделать какие-либо широкие географические обобщения о температуре воздуха у земной поверхности. Поэтому наряду с картами температур на уровне станций широкое использование находят карты температур воздуха, приведенных к уровню моря. Составление *карт приведенных температур* предполагает уменьшение реально наблюдаемых температур на 0,65°С на каждые 100 м абсолютной высоты метеорологической станции.

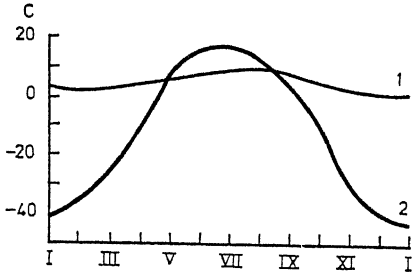


Рис. 21. Годовой ход температуры воздуха на широте 62° с. ш.:

1 — Торсхавн (морской тип), средняя годовая температура 6,3°С, *2* — Якутск (континентальный тип) — 10,7°С

Карты приведенных температур дают материал для определения средних температур широтных (зональных) кругов (табл. 4).

В январе самая высокая средняя температура на экваторе: 27 °С; самая низкая — на северном полюсе —41 °С. В июле самой теплой параллелью оказывается 20° с. ш. с температурой 28 °С; самое холодное место — южный полюс со средней месячной температурой —48 °С.

Таблица 4. Средние температуры широтных кругов на уровне моря

Широта	Январь	Июль	Год
90° с.	—41	—1	—23
80°	—30	—1	—17
70°	—25	7	—10
60°	—16	13	—1
50°	—7	17	5
40°	6	23	14
30°	15	28	21
20°	22	28	25
10°	26	27	27
Экватор	27	26	26
10° ю.	26	25	25
20°	26	21	23
30°	23	16	19
40°	16	11	13
50°	9	4	6
60°	2	—10	—4
70°	—3	—23	—13
80°	—11	—40	—25
90°	—14	—48	—30

В среднем за год самой теплой параллелью является 10° с. ш. с температурой 27°С. Это *термический экватор*, постоянная «прописка» которого в северном полушарии легко объяснима более широким распространением здесь материковых площадей по сравнению с южным полушарием. Та же причина обусловливает большую континентальность всего северного полушария по сравнению с южным: годовая амплитуда температуры в первом составляет 14°С, во втором — 7°С.

Для Земного шара средняя годовая температура воздуха у земной поверхности составляет 14°С.

Основные черты воздушной циркуляции в тропосфере

Движение воздуха — ветер — наибольшей сложностью отличается в нижней половине тропосферы. Здесь на движении воздуха в сильнейшей степени отражается тепловая неоднородность земной поверхности и ветры характеризуются чрезвычайной неустойчивостью в скорости и направлении. В верхней тропосфере и нижней стратосфере фактор подстилающей поверхности снимается, при низком давлении на полюсах повсеместно устанавливается западный перенос, сменяющийся вблизи экватора, в полосе высокого давления, на восточный поток.

Движение воздуха, будучи функцией термических различий, осуществляется с помощью изменения — повышения или понижения — атмосферного давления. Скорость ветра пропорциональна *горизонтальному барическому* (*барометрическому*) *градиенту* — изменению атмосферного давления в гектопаскалях (гПа) на 100 км расстояния [1]. На уровне моря среднее атмосферное давление составляет 1013 гПа.

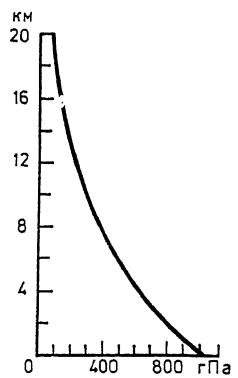


Рис. 22. Изменение атмосферного давления с высотой (по С. П. Хромову, 1983)

Естественно, что с высотой атмосферное давление будет уменьшаться (рис. 22). Высота, на которую надо подняться (или опуститься), чтобы давление изменилось на 1 гПа, называют *барической* (барометрической) ступенью. Она увеличивается при теплом воздухе и росте высоты над уровнем моря. У земной поверхности при температуре 0°С и давлении 1000 гПа барическая ступень равна 8 м/гПа, а на высоте 5 км, где давление около 500 гПа, при той же нулевой температуре она возрастает до 16 м/гПа.

Барическое поле с его *неровностями рель-*

[1] Другие единицы атмосферного давления: миллиметр ртутного столба (мм. рт. ст.), миллибар (мбар). 1 гПа=1 мбар; 1 мбар=0,75006 мм. рт. ст.

ефа атмосферного давления выступает той силой, которая дирижирует направлением и скоростью ветра. Оно состоит из разнородных структурных частей — *барических систем,* главнейшими из которых являются *циклоны* и *антициклоны,* обладающие замкнутыми *изобарами* (линиями, соединяющими пункты с одинаковым атмосферным давлением).

Циклоны представляют области пониженного давления с движением воздуха к его центру против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном. Подобно гигантской воронке, перемещающиеся циклонические вихри втягивают в себя воздушные массы с различной влажностью и температурой, сталкивают их между собой, вызывая во фронтальных зонах неустойчивую погоду с обильными осадками и шквалистым ветром. Поперечник крупных *внетропических циклонов* измеряется несколькими тысячами километров. Особенно глубоки, обширны и мощны *центральные циклоны.* Они малоподвижны, образуются от слияния нескольких циклонов и серий циклонов. Такие устойчивые циклоны часты на севере Атлантики и Тихого океана (Исландская и Алеутская депрессии).

Антициклоны — полная противоположность циклонам. Они выделяются повышенным атмосферным давлением, ветрами от центра к периферии с поворотом по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой стрелки в южном. В антициклонах наблюдаются нисходящие движения воздуха, увеличивающие его сухость, в нем нет фронтальных зон и погода в центральной части стоит ясная, почти безветренная. Перемещаясь с циклонами в умеренных широтах, они довольно быстро уходят с запада на восток. Но есть здесь и малоподвижные, очень высокие, на всю мощность тропосферы, антициклоны, нарушающие западный перенос и получившие название блокирующих.

В зимнее время над внутренними районами крупных материков формируются устойчивые *сезонные антициклоны* (Монгольский максимум; его отрог — Восточно-Сибирский антициклон на территории СССР).

Участвуя в западном переносе умеренных широт, антициклоны смещаются в более низкие широты. Достигнув субтропиков, они принимают участие в формировании *субтропической зоны высокого давления.*

Если к циклонической и антициклонической циркуляции добавить муссоны, бризы, горно-долинные и другие местные ветры, то это сложное движение воздуха в тропосфере покажется на первый взгляд хаотическим. Но только на первый взгляд. Обработка многолетних наблюдений, отражение их на средних картах и разрезах позволяют нарисовать достаточно стройную схему общей (глобальной) циркуляции воздушной тропосферы.

Наиболее ранняя схема общей циркуляции атмосферы была предложена в 1735 г. Дж. Гадлеем. В основе ее лежит замкнутая

циркуляция воздуха, обусловленная тепловыми различиями Земли с движением воздуха в сторону экватора у земной поверхности и противоположным — на высоте. Испытание временем выдержала лишь та часть схемы Дж. Гадлея, которая объясняет атмосферную циркуляцию субтропических и тропических широт с их пассатными ветрами. Симметрично расположенные к северу и югу от экватора циркуляционные системы получили название *ячеек Гадлея* (рис. 23).

К северу и к югу от экватора в субтропических широтах между 30—35-й параллелями достаточно четко обрисовывается *субтропическая зона высокого давления*.

Зона эта хотя и устойчива, но динамична — состоит из ряда перемещающихся и сменяющих друг друга в широтном направлении субтропических антициклонов. На океанах она известна под названием *конских широт*. Название связывают с тем, что во времена парусного флота моряки, попав в зону субтропического безветрия, из-за недостатка пресной воды и фуража вынуждены были выбрасывать за борт лошадей.

От окраины субтропических антициклонов в сторону экватора, где давление понижено, дуют устойчивые ветры средней скорости — *пассаты*, северо-восточные в северном полушарии и юго-восточные в южном. Сжатое и точное определение пассатов дал С. П. Хромов (1983): пассаты — это ветры в обращенных к экватору частях субтропических антициклонов. Имея антициклональное происхождение, пассаты даже над океанами являются сухими, конвекция с восходящими токами не идет дальше образования кучевых или слоисто-кучевых облаков, не дающих осадков.

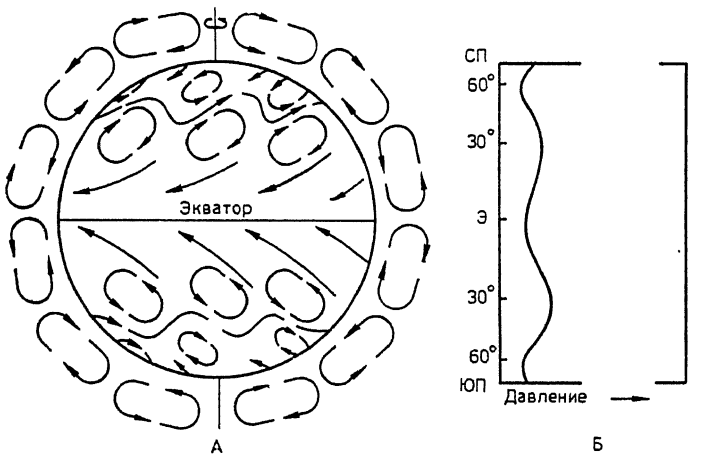


Рис. 23. Схема общей циркуляции атмосферы (*А*) и изменение приземного давления на уровне моря в зависимости от широты (*Б*) (по М. Нейбургу и др., 1985)

Вблизи экватора, во *внутритропической зоне конвергенции* (сходимости) северо-восточного и юго-восточного пассатов, атмосферное давление понижено. Это *экваториальная барическая депрессия.* Ветры здесь слабые, но вместе с тем нередко проносятся и шквалы. В некоторых районах Мирового океана межпассатное затишье разрывается относительно устойчивыми западными ветрами. Подобные «противопассатные» потоки, несмотря на их неспешное распространение, имеют, как увидим ниже, важные ландшафтные последствия для динамики водно-поверхностных и береговых ландшафтов экваториальных широт.

Большой высоты и интенсивности в приэкваториальной зоне достигают конвективные потоки, вызывающие образование мощных кучево-дождевых облаков и выпадение ливневых осадков. Это полоса ежедневно повторяющихся *зенитальных дождей,* совпадающих по времени с положением Солнца в зените. Освобождающееся при конденсации водяных паров огромное количество тепла служит дополнительным импульсом для восходящих конвективных токов и, скорее всего, является первопричиной зарождения *тропических циклонов.*

В верхних слоях тропосферы, снижаясь в сторону *субтропической зоны высокого давления,* дуют антипассаты — западные ветры со слабо выраженной северной (или южной в другом полушарии) составляющей. Опускаясь, они замыкают ячейку Гадлея. Структуру ячейки нарушают, однако, муссоны и тропические циклоны. *Муссоны* — ветры, дважды в год, зимой и летом, меняющие знак на противоположный. Основная причина их возникновения связана с различным прогревом и колебанием атмосферного давления над материками и океанами в зимний и летний сезоны года. Сказывается также перемещение летом на север, зимой на юг (в северном полушарии) экваториальной и субтропической термобарических систем и сопутствующих им пассатов. Закономерно, что основной ареал тропических муссонов приходится на южную и юго-восточную окраины самого крупного из материков — Евразию — с примыкающими к ним акваториями Индийского и Тихого океанов.

Что касается тропических циклонов, то они, при небольшом поперечнике, отличаются очень низким давлением в центре, штормовыми и ураганными ветрами. Обрушиваясь на побережья, тропические циклоны становятся стихийным бедствием — разрушают здания, линии электропередачи, губят сады и посевы, вызывают человеческие жертвы. В Индии 1 января 1876 г. тропический циклон унес 250 тыс. человеческих жизней. В 1959 г. в Японии *тайфун* (так называют тропические циклоны на Дальнем Востоке) «Вера» лишил крова свыше 1,5 млн. человек. За перемещением народившихся тропических циклонов ведется тщательное наблюдение с использованием наземной спутниковой информации, тем более что их не так уж много — около 70 в год на Земном шаре — и не все они достигают силы разрушительного урагана. Каждый тропиче-

ский циклон регистрируется под собственным именем — «Флора», «Нэнси», «Сара» и т. п.

В перемещении тропических циклонов над океаном есть своя закономерность: их траектория напоминает параболу с вершиной, обращенной к западу. Изменение знака перемещения циклона с северо-западного на северо-восточное совпадает с его выходом во внетропические широты, где он огибает с запада антициклональные системы.

Преобладающие ветры средних широт — западные. Они составляют нижнее, приземное звено *ячейки Феррела* — круговорота воздуха между субтропическими и субполярными широтами. Название ячейкам дано в честь американского метеоролога У. Феррела. Движение воздуха в них прямо противоположно движению воздуха в ячейках Гадлея. В общем виде западный перенос средних широт можно представить как движение воздуха от субтропического максимума атмосферного давления в сторону *субполярного минимума*, расположенного около 60—65-й параллели.

Существенной чертой западного переноса средних широт являются циклоны. При своем движении на запад циклоны обнаруживают тенденцию к смещению на север. И если антициклоны, смещаясь на юг, питают субтропическую зону высокого давления, то циклоны поддерживают низкое давление субполярного минимума. В средних широтах они служат основными переносчиками тепла и влаги в меридиональном направлении. В передней части циклон втягивает в себя тропический воздух, который, проникая далеко на север, трансформируется в воздух умеренных широт. В тыловой «холодной» части циклона воздух умеренных широт достигает субтропических широт, где в условиях антициклона трансформируется в тропический воздух.

От субполярного минимума в направлении северного и южного полюсов атмосферное давление в среднем за год снова растет. Однако устойчивые антициклональные условия сохраняются лишь в Антарктиде, да и то не на всей ее территории, а преимущественно в Восточной Антарктике, где циклоны очень редки. В Арктическом бассейне, за исключением внутренних районов и севера Гренландии, весьма активна циклоническая деятельность и повышенное давление здесь выявляется лишь на средних годовых картах.

Центры действия атмосферы, воздушные массы и фронтальные зоны

Крупные области устойчивого высокого или низкого давления, связанные с общей циркуляцией атмосферы, называют *центрами действия атмосферы*. Такое название не случайно. Они определяют господствующее направление ветров и служат *очагами формирования* географических типов *воздушных масс*.

Центры действия атмосферы принято подразделять на перма-

нентные и сезонные. В *перманентных центрах действия атмосферы* высокое или низкое давление существует круглый год. К ним относятся Экваториальная депрессия, Азорский, Гавайский, Южно-Атлантический, Южно-Тихоокеанский, Южно-Индийский субтропические антициклоны, Исландский и Алеутский минимумы, Арктический и Антарктический антициклоны. *Сезонные центры действия атмосферы* прослеживаются как области высокого или низкого атмосферного давления на протяжении одного сезона, сменяясь в другой сезон на центр действия атмосферы противоположного знака. Монгольский (Азиатский) и Северо-Американский антициклоны, хорошо выраженные зимой вследствие охлаждения материков, летом, когда материки прогреваются, сменяются на области пониженного давления.

Центрам действия атмосферы на протяжении недель и месяцев присущ определенный тип погоды. Это способствует тому, что воздух здесь сравнительно быстро приобретает свойства подстилающей поверхности — жаркий и влажный в Экваториальной депрессии, холодный и сухой в Монгольском антициклоне, прохладный и влажный в Исландском минимуме и т. д.

Таким образом, общие свойства *воздушных масс* зависят от того, на какой географической широте, на материках или океане, они формируются. В соответствии с этим различают арктические (антарктические), умеренных широт (полярные), тропические и экваториальные воздушные массы. Все они, за исключением экваториальных воздушных масс, представлены континентальным и морским вариантами.

Арктический воздух отличают низкая температура, невысокая влажность, повышенная прозрачность. Время от времени он прорывается до южных границ умеренного пояса, весной вызывая *майские возвраты холодов*. По мере продвижения на юг он трансформируется в сухой континентальный воздух умеренных широт. Частые вторжения арктического воздуха являются одной из причин весенне-летних засух на юге Русской равнины и Западной Сибири.

Континентальный воздух умеренных широт формируется над материками, поэтому обладает низкой влажностью, низкими температурами зимой и достаточно высокими летом. Ареной формирования *морского воздуха умеренных широт* служит север Атлантики и Тихого океана (Исландский и Алеутский минимумы). Воздух этот влажный (по сравнению с континентальным), более прохладный летом и более теплый зимой.

Вторжения морского воздуха умеренных широт на Русскую равнину в зимнее время вызывают оттепели, а частая повторяемость континентального воздуха умеренных широт, приходящего из Сибири, приводит к необычно суровым зимам.

В субтропических антициклонах — перманентных центрах действия атмосферы — формируется *тропический воздух*. Летом континентальный тропический воздух образуется также и на юге умерен-

ных широт — юг Западной Европы, Украина, Северный Кавказ, Казахстан, Средняя Азия. Высокая температура — общая черта тропического воздуха. Особенно жарким, исключительно сухим и запыленным, оказывается континентальный тропический воздух.

Экваториальный воздух, возникающий в области Экваториальной депрессии, очень теплый и влажный. Летом северного полушария экваториальный воздух, смещаясь на север, вовлекается в циркуляционную систему тропических муссонов.

В узкой пограничной полосе, разделяющей воздушные массы, возникают *фронтальные зоны* (фронты), характеризующиеся неустойчивым состоянием метеорологических элементов: температуры, давления, влажности, направления и скорости ветра. Здесь с исключительной наглядностью проявляется важнейший в физической географии *принцип контрастности сред*, выражающийся в резкой активизации обмена веществом и энергией в зоне соприкосновения (контакта) различных по своим свойствам природных комплексов и их компонентов (Ф. Н. Мильков, 1968). Активный обмен веществом и энергией между воздушными массами во фронтальных зонах проявляется в том, что именно здесь происходят зарождение, перемещение с одновременным наращиванием мощности и, наконец, угасание циклонов.

Фронты между географическими типами воздушных масс климатологи предложили называть главными. Но, учитывая, что они имеют, как и сами воздушные массы, глобальный характер, их лучше именовать *глобальными*, отличая тем самым от внутримассовых фронтов.

Наиболее активны в северном полушарии два глобальных фронта: арктический, разделяющий арктический воздух от воздуха умеренных широт, и полярный — на границе воздуха умеренных широт с тропическим; соответственно в южном полушарии — *антарктический и полярный. Тропический* фронт — на линии раздела тропического воздуха с экваториальным — совпадает с внутритропической зоной конвергенции. Здесь, как уже упоминалось, зарождаются тропические циклоны.

Глобальные фронты не следует представлять в виде непрерывных зон, опоясывающих Земной шар по определенной параллели. Они представлены рядом отрезков, смещающихся по мере прохождения серии циклонов, размыкаясь в одном месте и зарождаясь в другом. Климатологи наносят их на карту как осредненный результат, от которого в действительности наблюдаются большие отклонения.

Резкие термические и барические контрасты фронтальных зон прослеживаются во всей толще тропосферы. Они служат причиной возникновения *струйных течений* — «воздушных рек» протяженностью в тысячи километров с высокой скоростью ветра — от 28 до 100 м/с и более. Еще недавно считалось, что струйные тропосферные течения характерны лишь для ее верхних слоев и тропопаузы,

но исследования последних лет показали, что они пронизывают всю толщу тропосферы, являясь местами максимальной концентрации в ней кинетической энергии. Чаще всего они зарождаются в субтропических широтах, хотя распространены и в средних и высоких широтах.

Преобладающее направление струйных течений — с запада на восток. Изучение их как путей быстрого переноса на громандные расстояния частиц земной коры, водной оболочки и биострома представляет выдающийся интерес. Знание их необходимо для безопасности самолетовождения, так как резкие перепады в скорости ветра по вертикали, отмеченные, например, в районе Антарктиды уже на высоте 300—500 м (И. И. Цигельницкий, 1986), грозят аварией при взлете и посадке самолетов. Если погода во многом зависит от воздушной массы, которая господствует в данной местности, то закономерная повторяемость воздушных масс с разделяющими их фронтальными зонами определяет основные черты климата той же территории.

Географические закономерности в размещении атмосферных осадков. Соотношение тепла и влаги

С океанов, в меньшей мере с поверхности суши идет непрерывный процесс испарения воды, воздушная тропосфера наподобие губки впитывает водяной пар, с помощью ветра переносит его на большие расстояния, при определенных условиях конденсирует в воду и отдает ее земной поверхности в форме осадков — ливней, моросящих дождей, града и снегопадов. Осадки — один из главных элементов климата, важнейший ландшафтообразующий фактор.

Распределены *осадки* по земной поверхности крайне неравномерно. Карта *изогиет* (линий равных сумм осадков) за короткий период времени предсгавляет причудливый рисунок, по которому трудно составить предоставление о географии осадков. Закономерности прослеживаются на картах изогиет, составленных по многолетним средним данным. Анализ карт показывает, что на размещение атмосферных осадков решающее влияние оказывают два фактора:

1. *Знак вертикального движения воздуха.* Больше всего осадков выпадает там, где преобладают восходящие движения воздуха, и меньше — при нисходящих. Иллюстрацией сказанному служат ячейки Гадлея. Экваториальная барическая депрессия с ее сильными восходящими движениями воздуха является одновременно и зоной максимального на земной поверхности количества выпадающих атмосферных осадков (рис. 24). Годовая сумма их составляет здесь 2000—3000 мм и более. В субтропических зонах высокого давления

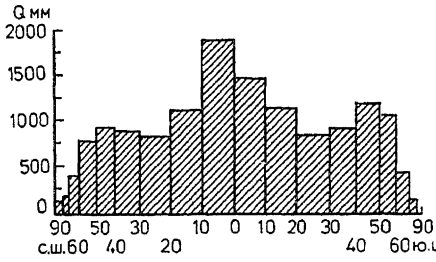


Рис. 24. Распределение средних зональных годовых сумм осадков (С. П. Хромов, 1983)

с нисходящими движениями воздуха годовые суммы осадков падают до 100—250 мм и ниже.

Выпадение обильных осадков при прохождении циклонов, так же как и их отсутствие в антициклонах,— результат восходящих движений воздуха в первых и нисходящих — во вторых.

В умеренном поясе наветренные склоны возвышенностей и горных хребтов получают больше атмосферных осадков, нежели рядом лежащие их подветренные склоны. В субтропиках максимальное количество осадков выпадает не на склонах гор, а в зоне предвосхождения («подпруживания») (А. Ц. Швер, 1984). И в том и в другом случаях различия в увлажнении обусловлены восходящими движениями воздуха у наветренных склонов и нисходящими у подветренных.

Самое дождливое место Земного шара расположено на наветренном склоне Гималаев на высоте около 1300 м в Индии. Это Черапунджи, получающее около 12 000 мм осадков в год. Максимальное для территории СССР количество осадков (по косвенным данным, до 4000—5000 мм в год) выпадает на наветренных склонах Большого Кавказа, обращенных в сторону Колхиды.

2. При прочих равных условиях количество осадков убывает от низких, приэкваториальных, широт к средним, от средних — к высоким. Объясняется это тем, что в том же направлении из-за понижения температуры падает абсолютная влажность воздуха. В холодном воздухе с его низкой влажностью обильных осадков не может быть даже в случае ясно выраженной конвекции. По этой причине годовая сумма осадков в умеренных широтах в среднем близка к 600—800 мм, возрастая на окраинах материков, на наветренных склонах гор и понижаясь во внутриматериковых районах. В полярных поясах годовые осадки составляют менее 400 мм, а на ледниковом плато Антарктиды — менее 100 мм.

Само по себе, вне ландшафтной обстановки, годовая сумма осадков — величина абстрактная. Так, одно и то же количество осадков — 300—400 мм — выпадает в тундрах Арктического побережья Сибири и в полупустынях Казахстана. Однако в тундрах Сибири растительность не страдает от недостатка влаги, а почвы испытывают даже переувлажнение. Напротив, в полупустынях почвы излишне сухи и растительность остро ощущает дефицит влаги. С ландшафтных позиций годовую сумму осадков следует рассматривать в их соотношении с температурными условиями приземного воздуха. Таким соотношением является *коэффициент увлажнения,*

использованный В. В. Докучаевым, а затем принятый Г. Н. Высоцким и Н. Н. Ивановым:

$$k = r/E,$$

где k — коэффициент увлажнения, r — сумма осадков за определенный промежуток времени (год, сезон, месяц), E — испаряемость (максимально возможное испарение при данных температурных условиях, не ограниченное запасами влаги, обычно с поверхности водоемов). Там, где коэффициент увлажнения больше единицы (осадки преобладают над испаряемостью), при наличии достаточного количества тепла получают развитие лесные ландшафты, где он меньше единицы (испаряемость превышает сумму осадков) — господствуют лесостепные, степные и пустынные ландшафты.

М. И. Будыко для характеристики увлажнения предложен *радиационный индекс сухости*, показывающий отношение годового радиационного баланса к сумме тепла, затрачиваемого на испарение осадков:

$$k = R/(Zr),$$

где k — радиационный индекс сухости, R — годовой радиационный баланс, Z — скрытая теплота парообразования, r — годовая сумма осадков. Влажный климат характеризуется радиационным индексом сухости менее 1, недостаточно влажный — от 1 до 3, сухой — больше 3.

Снежный покров

В высоких широтах бо́льшая, а в сре́дних широтах значительная часть атмосферных осадков выпадает в виде снега, который часто тут же тает, не образуя устойчивого покрова. Устойчивый снежный покров, залегающий не менее трех декад подряд, представляет своего рода феномен полярных и умеренных географических поясов.

Каждый год, по средним многолетним данным, снежный покров одевает 115 млн. км² Земли, из них $^2/_3$ падает на сушу, $^1/_3$ — на морские льды (табл. 5). Почти 70% площади, занимаемой ежегодно снежным покровом, приходится на северное полушарие (рис. 25).

СССР принадлежит к числу самых «снежных» стран. За исключением юга Средней Азии и низменностей Закавказья, вся территория СССР покрывается устойчивым снежным покровом. Эпизодически он выпадает и в субтропиках Закавказья. Тундры Средней и Северо-Восточной Сибири 9 месяцев в году погребены под снегом. Максимальная толщина его, достигающая 90—100 см, наблюдается в некоторых районах Камчатки, Кольского полуострова и севера Средней Сибири. Не удивительно, что наша страна стала родиной новой географической дисциплины — снеговедения. У истоков ее стоят А. И. Воейков и Г. Д. Рихтер.

Снежный покров, будучи производным климата, сам становится

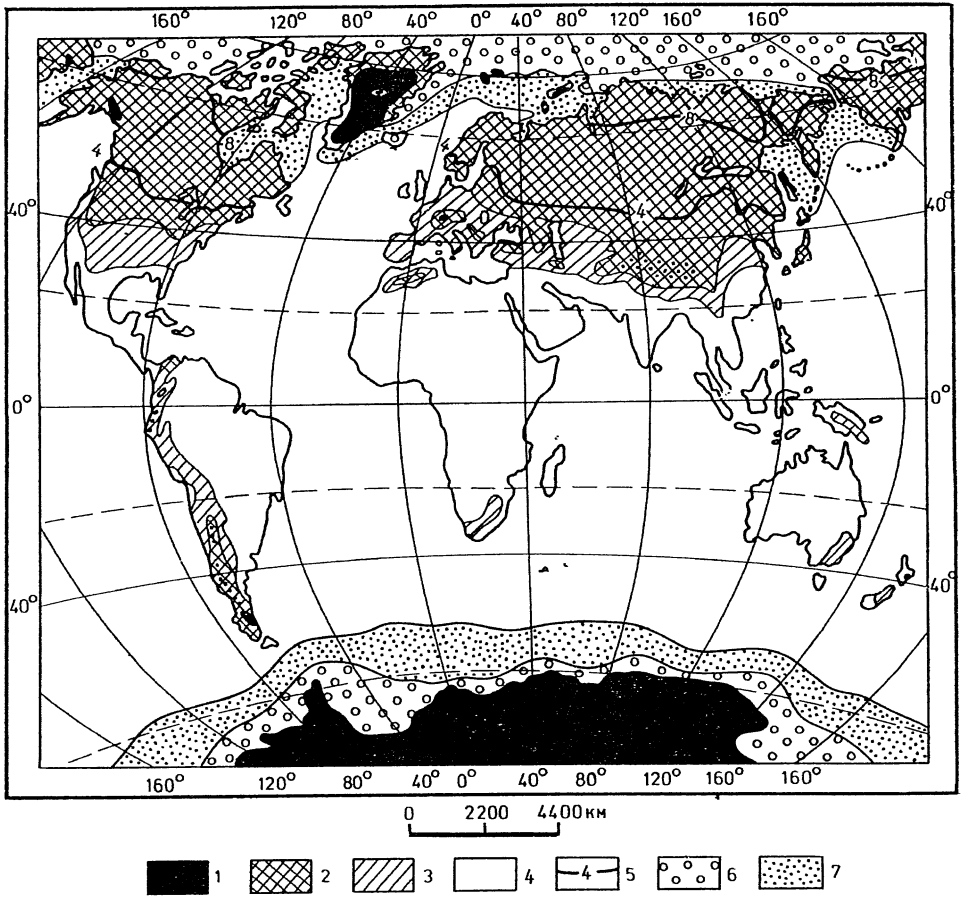


Рис. 25. Распространение снежного покрова на Земном шаре (В. М. Котляков, 1984):

1 — территории, постоянно покрытые снегом и льдом, *2* — территории, где образуется устойчивый снежный покров, но продолжительность залегания его различная, *3* — территория с неустойчивым снежным покровом, *4* — территория, где снежный покров не образуется, *5* — изолинии продолжительности залегания снежного покрова (в месяцах), *6* — снежный покров на постоянных морских льдах, *7* — снежный покров на сезонных морских льдах

Таблица 5. Площадь и масса ежегодно образующегося снежного покрова (средние цифры)

Снежный покров	Площадь, млн. км²	Средняя аккумуляция, г/см²	Масса сезонного снега, 10^{17} г
Северное полушарие			
Постоянный на суше	2	25	5
Временный на суше	59	14	83
На постоянных морских льдах	9	10	9
На сезонных морских льдах	9	12	11
Южное полушарие			
Постоянный на суше	14	16	20
Временный на суше	2	15	3
На постоянных морских льдах	5	18	9
На временных морских льдах	15	20	30
Всего	115	15	172

климатообразующим фактором. Обладая высокой отражательной способностью (альбедо), он снижает приходную часть радиационного баланса и усиливает охлаждение приземных слоев воздуха. Весной большие суммы тепла затрачиваются на таяние снега. В зимнее время снежный покров предохраняет почву от переохлаждения и глубокого промерзания, посевы и многих животных — от вымерзания. Больше того, он часто «съедает» ту мерзлоту, которая образовалась до выпадения снега. Оттаивание подснежной мерзлоты происходит снизу за счет тепла, накопленного почвой в летне-осеннее время. По этой причине места из-под сугробов снега весной быстро покрываются свежей зеленью, часто раньше тех участков, которые давно освободились из-под снега. Но в излишне снежные зимы резко сужается кормовая база для птиц и зверей. Не выдерживают глубокого снега и нередко гибнут к концу зимы кабан и олень. Талые снеговые воды — важный источник питания рек умеренного пояса, причина весеннего половодья.

Нельзя не сказать и еще об одной черте снежного покрова. По старому сугробу, как по хорошему геологическому разрезу, можно восстановить метеорологическую обстановку прошедшей зимы. В нем чередуются слои снега разной плотности и загрязненности — следы былых снегопадов и оттепелей.

Климат земной поверхности

Под климатом принято подразумевать среднее многолетнее состояние атмосферы — температуры воздуха, облачности, влажности, давления, направления и скорости ветра у земной поверхности. И хотя с климатом связывают явления, свойственные лишь *самым*

нижним слоям воздушной тропосферы, его следует представлять как *синтез взаимодействия процессов, протекающих во всей толще воздушной тропосферы, с подстилающей земной поверхностью.*

Отличающиеся исключительным разнообразием климатические условия нуждаются в систематизации. Классификацией климатов Земли занимались многие выдающиеся климатологи и географы — А. И. Воейков, П. И. Броунов, В. Кеппен, Л. С. Берг, Б. П. Алисов, А. А. Григорьев. В основу классификаций ими положены различные признаки, какая-либо одна или даже несколько характеристик климата. Так, В. Кеппен на первое место ставит температурный режим и степень увлажнения; Л. С. Берг — зональные ландшафтные особенности терригории, в частности характер растительности; Б. П. Алисов — господство одной или двух (для переходных областей) географических воздушных масс.

При любом подходе к типологии климата первым и главным его признаком является географическая широта. С нею в общим чертах связаны радиационный баланс и термические условия. В соответствии с этим различаются полярный, среднеширотный (умеренный), субтропический, тропический и экваториальный типы климата. Ареалы каждого из них образуют *климатические пояса*. Если типов климата пять, то климатических поясов девять, так как все типы климата, кроме экваториального, повторяются в северном и южном полушариях.

Обладая относительной радиационно-термической однородностью, *тип климата* — и соответственно климатический пояс — по условиям увлажнения *расчленяется на подтипы: влажный, сухой, полусухой.* Во влажном подтипе коэффициент увлажнения Докучаева—Высоцкого больше 1 (осадки больше испаряемости), в полусухом — от 1 до 0,5, в сухом — менее 0,5. Ареалы подтипов образуют в широтном направлении *климатические зоны*, в меридиональном — *климатические области.*

После этих общих замечаний по типологии и районированию климата охарактеризуем кратко климатические пояса Земли.

Экваториальный пояс. В наиболее низких широтах, примерно до 5—10° от экватора в северном и южном полушарии, развит экваториальный тип климата с равномерно высокими в течение всего года температурами воздуха и колебанием средних месячных температур в пределах от 24 до 28°С с двумя подтипами: зенитальных дождей и тропических муссонов.

Экваториальный климат зенитальных дождей — очень влажный (2000—3000 мм в год и более), с ежедневными после полудня ливнями, сопровождаемыми почти непрерывными раскатами грома и молниями. Солнечное утро, ливни с грозой во второй половине дня, ясный закат и лунная ночь — и так изо дня в день круглый год. Смена погоды в течение суток совершается так же, как и ход часов. А. Н. Краснов сообщает о погоде г. Бейтензорга на Яве: «По часам можете вы определить, когда будет вёдро и когда будет дождь, и

наоборот: видя наступающие тучи, вы без часов будете знать, сколько времени»[1].

Наиболее типично экваториальный климат зенитальных дождей представлен в бассейнах рек Амазонки и Конго, Малаккском полуострове, Зондских островах.

Климат тропических муссонов. Даже в экваториальном поясе встречаются области с неравномерным на протяжении года распределением атмосферных осадков. Например, в г. Манаусе (Бразилия), в Амазонской низменности, в июне — октябре, в зимний сезон южного полушария, выпадает лишь 377 мм осадков при годовой сумме 2001 мм. В Либревиле, столице Габона, полградусом севернее экватора, с октября по май включительно выпадает от 200 до 380 мм ежемесячно, а в июле — всего 3 мм осадков. Сухой период в экваториальном поясе связан с перемещением зенитальных дождей в северном (июль) и южном (январь) направлениях и проникновением сюда пассатных ветров. Так формируется в экваториальном поясе *климат тропических муссонов.*

Климатологи, следуя одностороннему подходу Б. П. Алисова к выделению климатических поясов, представляют экваториальный пояс в форме трех изолированных островов с климатом зенитальных дождей, расположенных внутри субэкваториального пояса, к которому отнесен и климат тропических муссонов. Здесь допущены по меньшей мере две ошибки: 1) климатический пояс — региональная, а не типологическая категория, каковыми являются тип и подтип климата, поэтому он должен обладать сплошным, без разрывов, ареалом; 2) помещать субэкваториальный пояс непосредственно на экватор — грешить против элементарной логики.

Тропические пояса размещаются к северу и к югу от экваториального пояса. Границей его на севере и соответственно на юге южного полушария служит (приближенно) широта 30°. Полярный фронт даже зимой не достигает этих широт, поэтому круглый год здесь господствует тропический воздух. По сравнению с экваториальным поясом в тропическом облачность несколько ниже, температура воздуха в северном тропическом выше, в южном — ниже (см. табл. 4). Средняя температура самого холодного месяца на уровне моря, за исключением холодных течений, не ниже 16°С. Растет годовая амплитуда температуры. По данным средних температур широтных кругов на уровне моря, она составляет: на экваторе —1°С; на широте 10° обоих полушарий — 1°С; у 30° северной широты — 13°С, южной широты — 7°С.

Увлажненность тропического пояса намного ниже экваториального, причем годовая сумма осадков понижается при движении в более высокие широты к внешним (полярным) границам пояса. Внутри пояса осадки распределены очень неравномерно. Количество и внутригодовой режим их определяются циркуляционными процессами. В зависимости от увлажнения обособляются три под-

---

[1] *Краснов А. Н.* Под тропиками Азии. М., 1956. С. 40.

типа тропического климата: пассатный, тропических муссонов, внутриматериковых пустынь.

Пассатный климат хорошо выражен на океанах. Его характерные черты: умеренный устойчивый ветер с восточной составляющей, невысокая облачность, небольшое количество осадков. В географии осадков есть одна важная черта — ничтожное количество их (250—100 мм и менее) на крайнем востоке океанов и нарастание осадков до 1000 мм и более в западных секторах океанов.

Климат тропических муссонов ограничен в основном Южной и Юго-Восточной Азией, севером Австралии с прилегающими к ним океаническими акваториями. При возросшем по сравнению с пассатным климатом количестве атмосферных осадков распределены они здесь неравномерно: отчетливо выражены зимний сухой и летний дождливый периоды. Годовая сумма осадков колеблется в широких пределах — от 1000 мм и менее до 2000—3000 мм и более на наветренных склонах гор.

Климат тропических пустынь (Сахара, Аравия и др.) отличается исключительно жарким летом и крайней бедностью атмосферных садков. Средняя температура июля в Сахаре 34°С и выше, местами близка к 40°С. Абсолютный максимум в Ливийской пустыне составляет 58°С — самая высокая из температур, наблюдавшихся на земном шаре. Зима намного прохладнее, годовые амплитуды достигают 15—20°С. Еще значительнее суточные колебания температуры, достигающие местами 40°С. Годовые суммы осадков 250—100 мм и менее. В Асуане (АРЕ) при средней температуре июля 33—34°С бывают периоды, когда дожди не выпадают несколько лет подряд.

Ряд особенностей имеют прибрежные тропические пустыни (западное побережье Сахары, пустыни Намиб и Атакама, юг Калифорнии). Омываемые холодными течениями, эти пустыни оказываются намного прохладнее внутриматериковых и, хотя очень бедны осадками, часто окутаны туманами.

Проанализировав климатическую структуру экваториального и тропических поясов, приходим к выводу об отсутствии между ними переходных субэкваториальных поясов. Переходным по своей сути от северного тропического к южному тропическому поясу является экваториальный пояс с его тропическими муссонами, где влажный экваториальный воздух летом сменяется зимой сухим пассатным ветром, свойственным тропическому поясу.

Субтропические пояса располагаются в среднем от 30 до 40° широты в северном и южном полушариях. Границы субтропических поясов определяются летним и зимним положениями полярного фронта. Летом, когда полярный фронт смещается в средние широты, на всей их территории развит жаркий сухой тропический воздух субтропических антициклонов. Зимой, при смещении полярного фронта в более низкие широты, субтропические пояса захватываются прохладным и относительно влажным воздухом умеренных широт.

При столь контрастной смене воздушных масс субтропики существенно отличаются от умеренных поясов тем, что температура воздуха самого холодного месяца положительная и вегетация многих растений не прекращается и зимой. Снег в субтропиках, по выражению Б. П. Алисова (1952), явление нормальное, хотя и сравнительно редкое. Выпадая, он на низменных равнинах тут же тает, не образуя сплошного покрова.

В субтропическом поясе четыре подтипа: внутриматериковый аридный, средиземноморский, муссонный, океанический.

Внутриматериковый аридный климат обладает очень жарким (средняя температура июля до 30—32°С), солнечным и сухим летом. Абсолютный максимум температуры воздуха почти такой же, как и в тропических пустынях. В Долине Смерти (штат Калифорния в США) наблюдалась температура в 56,7°С. Годовая сумма осадков 250—100 мм. В Байрам-Али, на юге Средней Азии, выпадает 135 мм осадков в год, причем в июле, августе и сентябре осадков совсем нет. Там же, в Термезе, 207 дней в году ясных и только 37 пасмурных. Преобладающие ландшафты в районах аридного климата субтропиков — пустыни и полупустыни.

Средиземноморский климат отличается относительно жарким и сухим летом, дождливой и мягкой зимой. Такая обстановка создается на западных побережьях материков, летом находящихся в зоне субтропических антициклонов, а зимой, когда последние смещаются на юг, — в полосе западного переноса с полярно-фронтовыми циклонами. Акваторию и берега Средиземного моря принято считать эталоном — отсюда дано и название этому подтипу климата. Другими районами распространения средиземноморского климата являются тихоокеанские побережья на юго-западе США, юго-западе Австралии, Чили. В СССР средиземноморский климат развит на Южном берегу Крыма. Здесь под защитой невысоких гор средиземноморский климат продвинут необычно далеко на север (до 44,5° с. ш.).

Муссонный климат субтропиков складывается на восточных окраинах материков Азии и Северной Америки с примыкающими к ним акваториями океанов. Годовой ход осадков здесь прямо противоположен средиземноморскому. Зимой полярный фронт на восточных побережьях опускается далеко на юг и субтропические широты заполнены холодным и сухим воздухом умеренных широт, сформировавшимся в материковых сезонных антициклонах. Зима стоит необычно холодная для субтропиков и сухая. Летом сюда проникает тропический воздух с океана, вызывающий обильные осадки. В Пекине при годовой сумме осадков 612 мм в декабре выпадает 2 мм, в июле — 235 мм.

Океанический климат субтропиков мягче и несколько влажнее климата материков. Погода и режим осадков, за исключением муссонных областей, носит средиземноморский характер: летом — ясно и тихо, зимой — дождливо и ветрено.

Умеренные пояса размещаются между 40 и 65° широты северного и южного полушарий. Их внешней (от экватора) границей принято считать летнее положение арктического и антарктического фронтов.

На территории СССР северную границу умеренного пояса климатологи на западе поднимают до 68—69° с. ш., а в Северо-Восточной Сибири опускают к 60° с. ш.

Характерные черты умеренных поясов: господство воздуха умеренных широт и западных ветров, активная циклоническая деятельность, связанная с полярным и отчасти арктическим фронтами; прохладная или холодная зима с устойчивым снежным покровом на материках и плавучими льдами на океанах в южном полушарии. Средняя годовая амплитуда температуры воздуха на широте 60° в северном полушарии равна 29°С, в южном — 12°С.

Климат умеренного пояса распадается на четыре подтипа: внутриматериковый континентальный, мягкий окраинно-материковый («морской»), муссонный, океанический.

Внутриматериковый континентальный климат умеренного пояса на территории СССР занимает большие площади. Теплое, на юге жаркое (средняя температура июля в Средней Азии равна 25—29°С) лето сменяется холодной зимой со снежным покровом. Средняя температура января в Восточной Сибири опускается до —40°С и ниже, а годовые амплитуды средних месячных температур достигают 60°С и более. Атмосферных осадков немного, но на севере пояса они превышают испаряемость, а на юге — в несколько раз меньше величины испаряемости. Осадки выпадают круглый год, но максимум их смещается при движении с севера на юг со второй половины лета на первую и весну. В соответствии с увлажнением происходит смена ландшафтов от лесных к пустынным.

Мягкий окраинно-материковый («морской») климат умеренного пояса характерен для западных берегов Евразии и Северной Америки. В течение всего года наблюдаются влажные западные ветры с океана — относительно теплые зимой и не очень жаркие летом. Средняя температура января близка к нулю или даже немного выше, устойчивого снежного покрова нет. Осадков больше, чем в предыдущем подтипе, и распространены они равномерно. Это климат широколиственных лесов. Типичен для Западной Европы, в Северной Америке из-за горного рельефа ограничен узкой прибрежной зоной.

Муссонный климат умеренного пояса хорошо выражен на тихоокеанской окраине Евразии — на северно-востоке Китая, севере Японии, в СССР — Приморском крае и на Сахалине. Зима холодная и малоснежная, лето, особенно его вторая половина, с обильными осадками. В Приморском крае на теплый период года (апрель—ноябрь) приходится 85—95% годовой суммы осадков. Нередки ливни, вызванные вторжениями летом тропического воздуха, а иногда и тайфунов в их заключительной стадии. На атлантическом побе-

режье Северной Америки муссонный подтип климата умеренных широт проявляется слабо или совсем отсутствует.

Океанический климат умеренных широт помимо бóльшей влажности, облачности и меньшей температурной контрастности сезонов года по сравнению с климатом материков примечателен устойчивыми западными ветрами, часто переходящими в шторм. В южном полушарии, где эти ветры не задерживаются материками, средняя скорость их составляет 10—15 м/с. Моряки назвали эти широты *ревущими сороковыми.*

Полярные пояса — *арктический и антарктический.* Вместо двух полярных поясов климатологи различают субарктический и арктический в северном полушарии, субантарктический и антарктический — в южном. Основанием для выделения субарктического и субантарктического поясов служат сезонное перемещение арктического (антарктического) фронта и смена летнего воздуха умеренных широт на зимний арктический (антарктический) воздух. Признание субарктики и субантарктики в качестве самостоятельных климатических поясов — некритическая дань схеме Б. П. Алисова, согласно которой между всеми смежными географическими типами воздушных масс должны выделяться переходные климатические полосы обязательно в *ранге поясов.* В действительности определить сезонную «миграцию» арктического фронта, а следовательно, и границы субарктического пояса не представляется возможным. «Арктический фронт летом возникает в виде мало связанных между собой отдельных ветвей и потому трудно установить какое-то общее его положение, в связи с этим и границы субарктической зоны в этом смысле менее определенны, нежели других поясов» [1].

С. П. Хромов (1983), на авторитет которого принято ссылаться при нанесении на карту климатических фронтов, при описании климатов Земли говорит не о субарктическом поясе, а о *субполярном климате*, отождествляя его с климатом тундры. Что касается арктического пояса, то даже в самом центре его, в Арктическом бассейне, установлена «интенсивная циклоническая деятельность», обязанная не только арктическому фронту, но и полярному.

Циркуляционные различия более явственны в полярных и субполярных широтах южного полушария, но здесь переходная — субантарктическая — полоса настолько узка (Географический атлас, 1985, карта 42), что значительно больше оснований рассматривать ее не в качестве самостоятельного пояса, а как одну из зон антарктического полярного пояса.

Общей чертой полярных поясов является низкая температура летнего сезона. Даже на юге более «теплого» северного полярного пояса средняя температура июля на материке Евразии составляет не более 12—13°С. Ближе к полюсу температура летних месяцев

---

[1] *Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С.* Курс климатологии. Ч. 1, 2. Л., 1952. С. 130.

неуклонно снижается: средняя температура июля на северном полюсе равна —1°С, января на южном полюсе составляет —14°С.

В полярном климате четко обособлены четыре подтипа: *материковых тундр и редколесий, полярных морей с многолетними льдами (льдов Арктического бассейна), безледных полярных морей, ледяных плато с морозным летом.* Наиболее контрастны первый и четвертый подтипы. В *климате материковых тундр и редколесий,* свойственном северному полушарию, средняя температура июля от 10 до 13°С. Но здесь же находится и *зимний полюс* холода северного полушария с пятнами замкнутых изотерм —40°С и ниже, с абсолютным минимумом температуры в Оймяконе —70°С. *Климат ледяных плато с морозным летом* своего крайнего выражения достигает в Восточной Антарктиде: средняя температура июля здесь имеет замкнутую изотерму —64°С, при абсолютном минимуме —89,2°С. Даже средние температуры января, самого теплого месяца года, составляют здесь —32°С, а наблюдавшийся на станции «Восток» абсолютный максимум равен —21°С. При годовом количестве осадков 50—30 мм Восточную Антарктиду можно охарактеризовать как *ультрахолодную ледяную пустыню.* Столь низкие круглый год температуры воздуха во внутренних районах Антарктиды являются результатом не только высокой широты и устойчивого антициклона, но и значительной высоты ледяного континента (по крайне мере его ледяного панциря) над уровнем моря. В северном полушарии таких ультрахолодных ледяных пустынь нет даже на севере ледяного плато Гренландии.

Климат полярных морей с многолетними льдами характерен для Арктического бассейна. Температура летних месяцев около 0°С, зимой — от —28 до —40°С. Сумма годовых осадков менее 250 мм. Атлантический сектор Арктики — Норвежское, Баренцево моря — обогревается южными воздушными и морскими потоками. Это климат *полярных морей, с теплой зимой, не замерзающих или,* во всяком случае, *лишенных старых льдов местного происхождения;* с высокой облачностью и влажностью, с годовой суммой осадков 500 мм и более.

ВОДНАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ

Общие сведения о гидросфере и водной оболочке Земли

Существует два толкования понятия гидросферы. Первое — узкое: гидросфера — прерывистая водная оболочка Земли, состоящая из Мирового океана и внутриматериковых водоемов. Второе — широкое — определяет ее как непрерывную оболочку Земли, состоящую из открытых водоемов, паров воды в атмосфере и подземных вод. Гидросферу в узком смысле и можно рассматривать только в качестве структурной части географической оболочки Земли. За ней

и остается название *водной оболочки Земли.* Пары воды в атмосфере будем в дальнейшем называть *рассеянной гидросферой,* а подземные воды — *погребенной гидросферой.*

Пространственно гидросфера (водная оболочка Земли+рассеянная и погребенная гидросфера) близка к географической оболочке, но имеет другие границы. В частности, ее верхняя граница располагается в стратосфере и весьма неопределенна, т. е. лежит выше географической оболочки, не выходящей за пределы тропосферы.

Водная оболочка хотя и не является сплошной, но она покрывает 70,8% земной поверхности (361 млн. км² из 510,1 млн. км²). Подавляющая часть площади и объема воды приходится на Мировой океан (рис. 26). В нем заключено 94% объема всей воды, содержащейся в гидросфере (табл. 6). Около 4% составляет погребенная гидросфера и 1,6% — законсервированная в полярных ледниках.

Анализируя объемный состав гидросферы, нельзя ограничиваться одной количественной стороной. При оценке компонентных частей гидросферы следует учитывать активность ее в круговороте воды. С этой целью М. И. Львовичем введено понятие *активности водообмена,* выражаемое числом лет, необходимых для полного возобновления объема. Так, во всех реках Земного шара одновременный объем воды невелик — 1,2 тыс. км³, но русловые воды полностью обновляются в среднем каждые 11 дней. Почти такая же активность водообмена свойственна парам воды в атмосфере. А вот

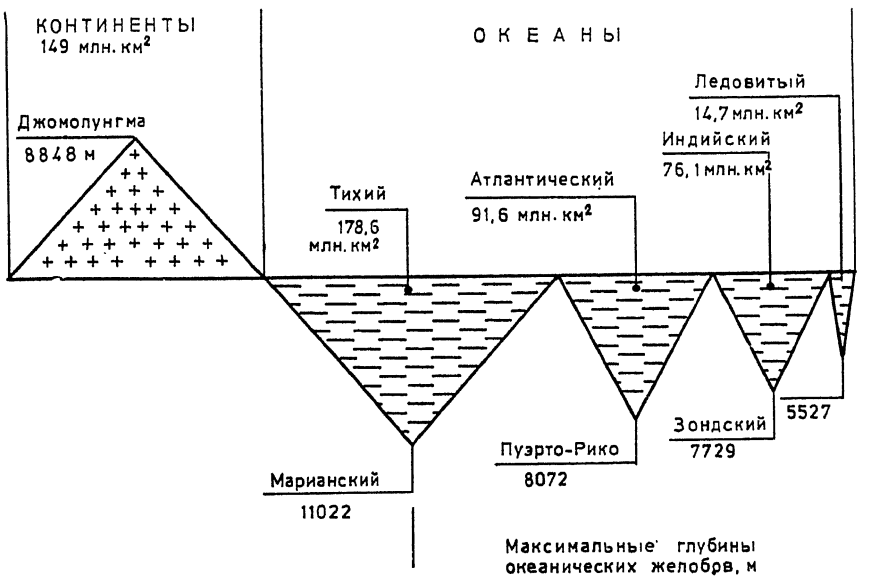


Рис. 26. Соотношение (площади) суши и Океана

Таблица 6. Объемный состав и активность водообмена гидросферы (М. И. Львович, 1986)

Часть гидросферы	Объем (с округлением), тыс. км³	Элемент баланса, тыс. км³ в год	Активность водообмена, лет
Океан	1 370 000	452	3000
Подземные воды	60 000	12	5000*
в том числе зоны активного водообмена	4 000	12	300**
Полярные ледники	24 000	3	8000
Поверхностные воды суши	280	40	7
Реки	1,2	40	0,030
Почвенная влага	80	80	1
Пары атмосферы	14	525	0,027
Вся гидросфера	1 454 000	525	2800

Примечание. С учетом подземного стока в океан минуя реки: * 4200 лет; ** 280 лет.

для полного обновления вод Океана, подземных вод и полярных ледников требуются тысячелетия. Того же порядка (2800 лет) активность водообмена всей гидросферы. Наиболее понижена она у полярных ледников. Поскольку в данном случае замедленный водообмен сопровождается переходом воды в твердое состояние, массы полярных льдов составляют *законсервированную гидросферу.*

Состав самых древних пород свидетельствует о существовании гидросферы в самом начале геологической истории Земли. Согласно самой распространенной модели происхождения гидросферы (как и атмосферы) путем выплавления и дегазации вещества мантии, объем ее с течением времени нарастал. Возможно, на ранних этапах формирования гидросферы бóльшую роль в ее становлении играла ударная (катастрофическая) дегазация, вызванная падением на Землю крупных метеоритных тел (М. В. Герасимов, Л. М. Мухин, 1986). Тем не менее первоначально возрастание поверхностной гидросферы протекало очень медленно, так как значительная часть воды, выделявшаяся при дегазации мантии, расходовалась на гидратацию минерального вещества, гранитизацию, а затем на образование химически связанных вод в процессе осадочного породообразования. Свободная гидросфера стала интенсивно расти после того, как темпы выделения связанных в горных породах вод превысили темпы их аккумуляции. Одновременно с этим шло поступление ювенильных вод. Фанерозой, особенно мезо-кайнозой, характеризовался образованием океанических впадин, сменивших обширные площади межконтинентальных морей, и ростом масс воды в поверхностной гидросфере. Объем гидросферы продолжает нарастать и сейчас со скоростью около 1 км³ воды в год.

В связи с этим предполагают увеличение объема водной массы Мирового океана в течение ближайшего миллиарда лет на 6—7% (Р. К. Клиге, 1982).

Глобальный круговорот воды и годовой водный баланс Земли

Рассеянная в воздушной тропосфере и погребенная в земной коре составляющие гидросферы играют исключительную роль в функционировании всей гидросферы как динамической системы, находящейся в непрерывном движении. Без них был бы невозможен глобальный (общий) круговорот воды, в котором рассеянная и погребенная гидросфера выполняет функцию горизонтальной составляющей. Движущей силой глобального круговорота воды служит солнечная энергия, вызывающая испарение с поверхности океанов и суши (с океанов в 6,6 раз больше, чем с суши). Поступившая в атмосферу влага переносится воздушными течениями в горизонтальном направлении, конденсируется и под влиянием гравитации падает на Землю в форме осадков. Если осадки выпадают на суше, часть их через реки достаточно быстро поступает в озера и океан, другая часть идет на увлажнение почвы и пополнение подземных вод, которые обновляются более замедленно, принимая участие в питании рек, озер и морей с помощью родников.

Количественное выражение глобальный круговорот воды находит свое выражение в годовом водном балансе Земли. При об-

Таблица 7. Годовой водный баланс Земли (М. И. Львович, 1986)

Элементы водного баланса	Объем, км³	Слой, мм
Периферийная часть суши (116 800 тыс. км²):		
осадки	106 000	910
речной сток	44 230*	380*
испарение	61 770	530
Замкнутая («бессточная») часть суши (32 100 тыс. км²):		
осадки	7 500**	238**
испарение	7 500	238
Мировой океан (361 100 тыс. км²):		
осадки	411 600	1140
приток речных вод	44 230*	120
испарение	455 830	1260
Земной шар (510 000 тыс. км²):		
осадки	525 100	1030
испарение	525 100	1030

* Включая 2400 км³, или 20 мм стока подземных вод в океан минуя реки, а также 300 км³ стока воды и льда с полярных ледников.

** В том числе 830 км³, или 26 мм речного стока.

щем объеме гидросферы в 1 454 000 тыс. км³ в годовой круговорот вовлечено 525,1 тыс. км³ воды (табл. 7). Такое количество воды ежегодно выпадает на земную поверхность и равное ему (соответствует слою воды в 1030 мм) испаряется. В течение года с каждого квадратного километра Земли в среднем испаряется 1030 мм и столько же выпадает в форме атмосферных осадков.

Глобальный круговорот воды, связывая между собой водную оболочку Земли, рассеянную в воздушной тропосфере, и погребенную в земной коре гидросферу, служит убедительным свидетельством единства географической оболочки. В круговорот вовлечены все структурные части географической оболочки, включая биостром (поглощение растительностью воды с последующей транспирацией). Одна из сторон глобального круговорота воды имеет исключительное значение для жизни человека. В процессе круговорота и только благодаря ему происходит быстрое возобновление ресурсов пресных вод. Это гигантский по своим масштабам, непрерывно действующий естественный опреснитель вод. Степень опреснения зависит от активности водообмена. Чем активнее водообмен, тем меньше минерализация воды. Наибольшая минерализация присуща *тупиковым*, по выражению М. И. Львовича, звеньям влагооборота (Океан, глубинные подземные воды, бессточные озера замкнутой части суши). Исключение составляют полярные ледники — законсервированная гидросфера.

О соотношении составных частей гидросферы с ландшафтной сферой Земли

Рассеянная и погребенная гидросфера составляют неразрывное целое соответствующей структурной части географической оболочки — земной коры и воздушной тропосферы. Поэтому они здесь не рассматриваются. *Водная оболочка Земли* состоит из Мирового океана, озер, рек, ледников, многолетних льдов. Реки, озера, ледники и многолетние льды входят в структурную ткань ландшафтной сферы Земли, обособляясь в ней в ранге отделов и классов комплексов. Характеристика их дана в гл. IV «Учение о ландшафте и ландшафтной сфере Земли». Дальнейшему рассмотрению в настоящей главе подлежит Мировой океан. К ландшафтной сфере относятся лишь тонкие поверхностные и придонные слои Океана, специфические черты которых формируются под воздействием динамических процессов, охватывающих всю толщу вод Океана.

Вторая половина XX столетия стала эпохой *великих географических открытий в Океане*. Из объекта исследований гидрометеорологов и гидробиологов Океан постепенно превращается в предмет изучения комплексной географии. Изучение природы Океана и его биологических и минеральных ресурсов больше, чем какой-либо другой вид географических исследований, нуждается в международном сотрудничестве ученых. Давно устарел взгляд о «свободе

рук» в якобы никому не принадлежащем Океане. 30 апреля 1982 г. Конференция ООН приняла Конвенцию по морскому праву, регулирующую использование Мирового океана практически в любых целях. Особое значение приобретают борьба с загрязнением и охрана биологических богатств Океана.

Особенности состава морской воды

Важнейшая особенность морской воды — ее соленость. В открытом океане в среднем соленость равна 35‰, т. е. в 1000 г воды содержится 35 г солей. Что же представляет «морская соль»? Более чем на $^3/_4$ (77,758%) это обыкновенная поваренная соль NaCl. Далее следует: $MgCl_2$ — 10,87%; $MgSO_4$ — 4,737; $CaSO_4$ — 3,600; K_2SO_4 — 2,465; $CaCO_3$ — 0,345; $MgBr_2$ — 0,217%.

Соленость пресных речных вод ничтожна — в среднем 0,146‰, в составе солей преобладают карбонаты (до 80%). Между тем современный солевой состав Океана, как показывают ископаемые остатки, сложился давно, не позже протерозоя. Есть основания предполагать, что на первых этапах формирования Океана его воды по солевому составу мало отличались от речных. Различия наметились и стали усиливаться после изменения горных пород в результате их выветривания и развития биосферы, избирательно использующей соли Океана.

Помимо хлоридов, сульфитов и карбонатов в морской воде обнаружены почти все известные на Земле химические элементы, в том числе и благородные металлы.

Полный состав элементов, образующих «морскую соль», в порядке количественного убывания выглядит так (Курьер ЮНЕСКО, 1986, март, с. 7):

Хлор	Литий	Уран	Кадмий
Натрий	Рубидий	Никель	Вольфрам
Магний	Фосфор	Ванадий	Ксенон
Сера	Йод	Марганец	Германий
Кальций	Барий	Титан	Хром
Калий	Индий	Сурьма	Торий
Бром	Цинк	Кобальт	Скандий
Углерод	Железо	Цезий	Свинец
Стронций	Алюминий	Церий	Ртуть
Бор	Молибден	Иттрий	Галий
Кремний	Селен	Серебро	Висмут
Фтор	Олово	Лантан	Ниобий
Аргон	Медь	Криптон	Таллий
Азот	Мышьяк	Неон	Гелий
			Золото

Содержание большинства элементов в морской воде ничтожно. Так, например, золота в кубометре воды выявлено лишь 0,008 мг, а на наличие олова и кобальта указывает присутствие их в крови морских животных и в донных осадках. Очень мало́ содержание со-

единений азота и фосфора, необходимых для органической жизни, поэтому повышенное или пониженное содержание в морской воде нитратов и фосфатов незамедлительно сказывается на уровне развития аквального биострома.

Соленость Океана — величина не постоянная. Она зависит от климата (соотношения осадков и испарения с поверхности Океана), образования или таяния льдов, морских течений, вблизи материков — от притока пресных речных вод. В открытом Океане соленость колеблется в пределах 32—38%; в окраинных и средиземных морях колебания ее значительно больше. Испытывая колебания в *количестве* растворенных солей, морская вода отличается исключительным постоянством их *соотношения* друг к другу. Соотношение растворенных веществ сохраняется в различных частях Океана, на его поверхности и в глубоких слоях. На учете этой закономерности построен метод определения солености морских вод по количеству содержащегося в них какого-либо одного элемента, чаще всего хлора.

Горизонтальные и вертикальные колебания солености вод имеют важнейшие для Океана динамические следствия. Дело в том, что с ростом солености увеличивается плотность воды. При солености 35‰ и температуре 0°С *плотность морской воды* составляет 1,02813 (масса каждого кубометра такой морской воды на 28,13 кг больше, чем соответствующий объем дистиллированной воды). Но плотность воды зависит еще и от ее температуры. Вдобавок температура замерзания морской воды не 0°С, как у пресной, а ниже (—1,91°С при солености 35‰), и температура наибольшей плотности не +4 °С, как у пресной, а отрицательная (—2,47 °С при солености 30‰, —3,52 °С при солености 35‰). Все это прямым образом влияет на циркуляцию вод Океана, причем механизм этого влияния отличен от аналогичных процессов в пресной воде.

Раствор солей, каким представляется морская вода, всегда загрязнен мельчайшими частицами минерального и органического происхождения, находящимися во взвешенном состоянии. От содержания взвешенных коллоидных частиц зависит прозрачность морской воды. Вблизи материков взвешенного материала больше и прозрачность воды здесь уменьшается.

Температурный режим и газовое «дыхание» Океана

Температурный режим Океана специфичен. Это связано с высокой теплоемкостью воды, во много раз превышающей теплоемкость воздуха. Она такова, что теплоемкость только десятиметрового слоя Океана в четыре раза больше теплоемкости всей атмосферы. Благодаря этому обстоятельству Океан медленно нагревается и медленно отдает тепло, а с помощью морских и воздушных потоков перераспределяет его по земной поверхности. Будучи гигантским

аккумулятором тепла, Океан выполняет функцию *терморегулятора планеты.*

Бюджет тепла Океана складывается из поглощения солнечной радиации, очень значительных затрат тепла на испарение и турбулентный теплообмен с атмосферой. Доля тепла, расходуемого на турбулентный теплообмен, сравнительно невелика, но значение его огромно, так как именно с его помощью через атмосферу происходит планетарное перераспределение тепла.

В соответствии с особенностями морской воды температура ее даже на поверхности лишена резких контрастов, свойственных приземным слоям воздуха, и колеблется в пределах от —2°С (температура замерзания) до 29°С в открытом Океане (до 35,6°С в Персидском заливе). Но это справедливо в отношении температуры воды на поверхности, обусловленной поступлением солнечной радиации. В рифтовых зонах Океана на больших глубинах открыты мощные гидротермы с температурой воды, находящейся под большим давлением, до 250—300°С. И это не эпизодические излияния перегретых глубинных вод, а длительно (даже по геологическим масштабам) или же постоянно существующие на дне Океана озерки сверхгорячей воды, о чем говорит их экологически неповторимая бактериальная фауна, использующая для своего питания соединения серы. В этом случае амплитуда абсолютного максимума и минимума температуры воды Океана составит 300°С, что в два раза превышает амплитуду предельно высоких и низких температур воздуха у земной поверхности.

Учитывая тепловые взаимосвязи Океана с атмосферой, температура поверхности воды обнаруживает те же широтные изменения, что и температура воздуха. В приэкваториальных широтах средняя годовая температура воды составляет 26—28°С. Под 30—40° северной и южной широты она около 17—20°С; в полярных широтах — близка к нулю или отрицательная. С глубиной температура воды понижается, и уже на глубине 1000 м она всюду (в среднем) ниже 5,0°С, за исключением так называемого присредиземноморского типа стратификации, где она около 8,5°С (В. Н. Степанов, 1983). На глубине 2000 м температура воды выравнивается, снижаясь до 2,0—3,0°С, а в полярных широтах — до десятых градуса выше нуля, после чего она или понижается очень медленно или даже несколько повышается. Незначительное повышение температуры глубинных слоев воды (глубже 4000 м) вызвано адиабатическим нагреванием воды при высоком давлении, а частично и поступлением тепла от земной коры через дно Океана.

Общая картина вертикального распределения температуры воды в Океане нарушается в полярных широтах (табл. 8). Здесь на глубине 300—800 м прослеживается слой более теплой и соленой воды, поступившей из умеренных широт.

Газовый режим Океана. Температура и соленость определяют содержание растворенных газов в водах Океана. Чем выше тем-

Таблица 8. Средние величины температуры воды Океана, °С (по В. Н. Степанову, 1983)

Основные типы стратификации	Глубина, м					
	0	200	500	2000	4000	5000
Экваториально-тропический	26,65	12,99	8,14	2,69	1,70	1,56
Тропический (основной)	26,06	18,06	8,82	2,48	1,56	1,51
Восточно-тропический	20,15	12,01	7,67	2,70	1,84	2,09
Субтропический	20,32	14,87	9,99	2,58	1,55	1,55
Субполярный	8,22	4,83	3,56	2,00	1,00	0,86
Полярный	1,69	1,29	1,83	0,85	0,26	0,57

пература и соленость, тем меньше растворимость газов и ниже содержание их в воде. Из растворенных газов в морской воде, как и в атмосфере, преобладают кислород и азот, но в несколько другом соотношении. Зависимость газовой насыщенности вод от температуры можно видеть из следующего примера: при 25°С в воде может раствориться до 4,9 $см^3/л$ кислорода и 9,1 $см^3/л$ азота, при 5°С — соответственно 7,1 и 12,7 $см^3/л$. Из этого вытекают два важных следствия: 1) содержание кислорода в поверхностных водах Океана значительно выше в умеренных и особенно полярных широтах, чем в низких (субтропических и тропических), что сказывается на развитии органической жизни — богатстве первых и относительной бедности вторых вод; 2) в одних и тех же широтах содержание кислорода в водах Океана зимой выше, чем летом.

Суточная динамика газового состава воды, связанная с колебаниями температуры, невелика, она к тому же перекрывается значительным выделением кислорода днем в процессе фотосинтеза и поглощением ночью.

Общее количество свободного кислорода в Океане 7480 млрд. т — в 158 раз меньше, чем в атмосфере (В. Н. Иваненков, 1979). Но этого количества вполне достаточно для развития разнообразной органической жизни и окисления органических и минеральных продуктов. Лишь в некоторых морях вследствие опреснения верхнего слоя воды и ослабления вертикального перемешивания на глубине возникает восстановительная среда с повышенным содержанием сероводорода. Такова природа «сероводородного заражения» Черного моря, начинающаяся с глубин 150—200 м.

Было бы логичным предполагать постепенное снижение содержания свободного кислорода по мере нарастания глубин. Исследования последних лет привели к неожиданному открытию *слоя кислородного минимума* не на предельных глубинах абиссали, а в интервале глубин 600—2000 м. Ничтожное количество свободного

кислорода сочетается здесь с повышенным содержанием углекислого газа. Причина — разложение в этом слое воды основной массы поступающего сверху органического вещества и интенсивное растворение биогенного карбоната. И тот и другой процесс нуждаются в свободном кислороде.

Движение вод в Океане

Совершенно неподвижной воды в Океане, как и воздуха в тропосфере, нет. Вечное движение океанических вод находит проявление в волнении, приливах и отливах, поверхностных и глубинных течениях.

Волнение в Океане имеет разную природу — ветровую, приливную, сейсмическую, вулканическую. Общим для волнения является колебательное движение частиц воды вокруг среднего (равновесного) уровня. *Ветровое волнение* в открытом Океане — производное скорости, направления и устойчивости атмосферного ветра. При устойчивом направлении ветра возникает дрейф воды, вызванный тем, что колебание частиц происходит по незамкнутым орбитам (рис. 27).

Как правило, высота ветровых волн не превышает 4 м, но при сильных и затяжных штормах она возрастает до 10—15 м и выше. Наиболее высокие волны — до 25 м — наблюдаются в полосе западных ветров южного полушария. Волны обладают очень большой кинетической энергией. Чем выше волна, тем больше в ней — пропорционально квадрату увеличения высоты — заключено кинетической энергии.

В Океане не вызывают удивления высокие волны при ясной и тихой погоде. Это отголоски шторма, пронесшегося далеко, может быть, за тысячи километров отсюда. В то время как короткие волны быстро рассеиваются при выходе из штормовой зоны, длинные штормовые волны проходят без заметного ослабления почти половину Земного шара. Океанографам Калифорнийского университета удалось идентифицировать волны, возбужденные штормом в Антарктике и достигшие берегов Аляски (П. Вейль, 1977).

На мелководье морские волны в результате трения разворачиваются и идут к берегу перпендикулярно ему (*рефракция волн*). Они становятся круче, наклоннее, пока не опрокидываются совсем. У крутых берегов разрушающиеся волны образуют взбросы воды высотой до 60 м и более.

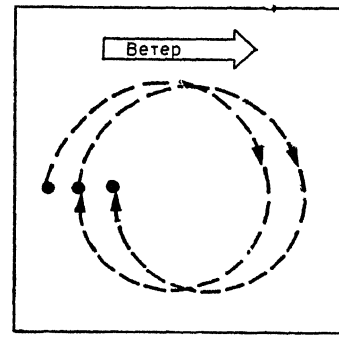


Рис. 27. Движение воды в направлении ветра

Морские сейсмические волны возникают при землетрясениях и вулканических извержениях. Это очень длинные и невысокие в открытом Океане волны, распространяющиеся с большой скоростью. У побережий высота их резко возрастает, и при отсутствии шторма их неожиданное появление влечет за собой человеческие жертвы. Японцы назвали их цунами, и этот термин получил международное признание. Высота цунами от 10 до 50 м. Взрыв вулкана Кракатау в 1883 г. вызвал образование волны высотой 35 м и длиной более 500 км. С. П. Крашенинников, автор выдающегося географического труда о Камчатке, в 1737 г. наблюдал волну высотой 30 сажен (63 м), обрушившуюся на восточный берег этого полуострова.

Приливно-отливные волны вызваны суммарным притяжением Луны и Солнца. Главную роль при этом играет ближе расположенная Луна. Ее притяжение в 2,17 раза превосходит солнечное. Весь приливно-отливной цикл по продолжительности соответствует лунным суткам (24 ч 51 мин). Однако в действительности наблюдаются суточные, полусуточные и смешанные приливы.

Существует тесная связь высоты приливов и отливов с фазами Луны. В новолуния и полнолуния наблюдаются самые высокие приливы и самые низкие отливы, называемые *сизигийными*. В это время лунные и солнечные приливы, наступая одновременно, накладываются друг на друга. В промежутках между ними, в первую и последнюю четверти фазы Луны, наблюдаются самые низкие, так называемые *квадратурные* приливы.

В открытом Океане высота прилива невелика — 1,0—2,0 м. У расчлененных берегов она резко возрастает. Максимальной высоты — 18 м — приливная волна достигает в заливе Фанди на атлантическом побережье Северной Америки. В СССР самый высокий прилив (до 12 м) наблюдается в Пенжинской губе Охотского моря. Во внутренних морях приливы мало заметны: в Балтийском море у Ленинграда прилив равен 4,8 см. В то же время по некоторым рекам прилив прослеживается на сотни (в Амазонке до 1400) километров от устья.

Морские приливы таят в себе огромные запасы энергии — около 1200 млрд. кВт·ч в год (В. Н. Степанов, 1982). Некоторые страны уже начали строить приливные электростанции (ПЭС). Первая ПЭС построена в СССР в губе Кислой на Кольском полуострове.

Внутренние волны. Океан охвачен волнением даже при спокойной поверхности. В толще его вод наблюдаются *внутренние волны* — медленные, но весьма значительные по размаху, достигающему порой сотен метров (Л. М. Бреховских, 1987). Возникают они в результате внешнего воздействия на неоднородную по вертикали массу воды. К тому же, как стало известно совсем недавно, Океан представляет своего рода «слоеный пирог» с тонкой вертикальной структурой: температура, соленость и плотность воды изменяются с глубиной не постепенно, а скачкообразно от одного слоя, часто очень тонкого, к другому. На границе между слоями возникают

специфические внутренние волны очень высоких частот, о существовании которых, как утверждает Л. М. Бреховских, мы раньше и не подозревали. Изучение внутренних волн очень важно для эксплуатации подводных аппаратов.

Морские (океанические) течения лучше других видов движения воды и с бóльшей полнотой отражают разнообразие и сложность физических процессов, протекающих в Океане. Они синтезируют в себе термическое взаимодействие Океана с воздушной тропосферой, взаимосвязи температуры воды с ее соленостью и плотностью, связывают в единую динамическую цепь — атмосферу с гидросферой (рис. 28).

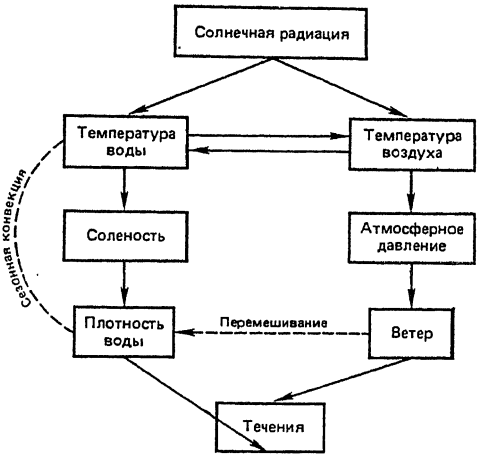


Рис. 28. Взаимосвязи физических характеристик и факторов, определяющих морские течения

На рис. 28 справа показано прямое воздействие на морские течения воздушной тропосферы через цепочку связей: температура

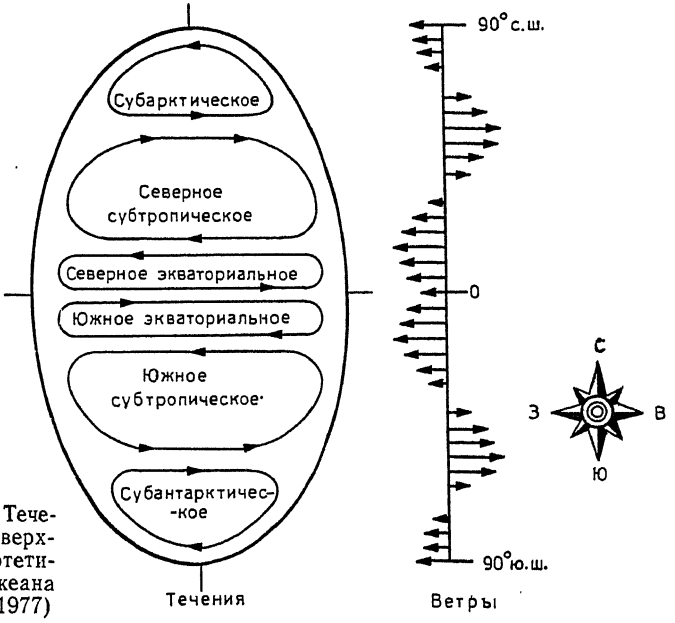
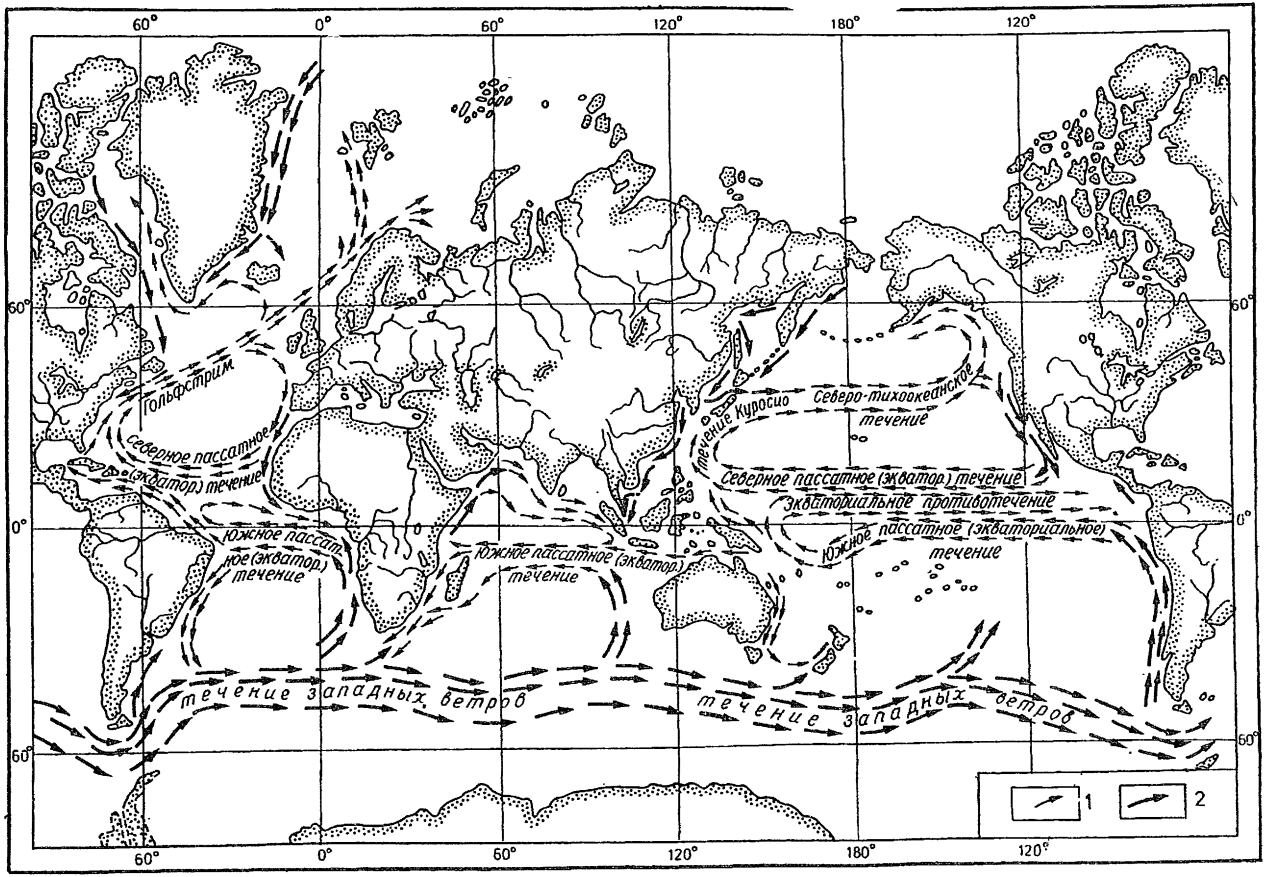


Рис. 29. Течения на поверхности гипотетического Океана (П. Вейль, 1977)


60°
0°
60°
120°
180°
120°
60°
0°
Гольфстрим
Северное пассатное (экватор) течение
Южное пассатное (экватор) течение
Южное пассатное (экватор) течение
Течение Куросио
Северо-тихоокеанское течение
Северное пассатное (экватор) течение
Экваториальное противотечение
Южное пассатное (экваториальное) течение
течение западных ветров
течение западных ветров
1
2

воздуха — атмосферное давление — ветер. Прямое атмосферное воздействие — главный энергетический источник поверхностных морских течений, известных под названием фрикционных (дрейфовых и ветровых), охватывающих верхний слой воды толщиной до 100—200 м. Если представить гипотетический Океан, непрерывно простирающийся от северного полюса к южному, и наложить на него генерализированную схему атмосферных ветров, то с учетом отклоняющей силы Кориолиса получим шесть замкнутых колец — круговоротов морских течений: Северное и Южное экваториальные, Северное и Южное субтропические, Субарктическое и Субантарктическое (рис. 29).

Реальная картина морских течений выглядит иначе (рис. 30). Отступления от идеальной схемы вызваны материками, их особенностями распределения по земной поверхности. Как и на идеальной схеме, в действительности на поверхности Океана наблюдается *последовательная* (со сменой знака движения) *зональная смена крупных* — протяженностью в несколько тысяч километров — *не полностью замкнутых циркуляционных систем:* это будут экваториальная антициклоническая; тропические циклонические, северная и южная; субтропические антициклонические, северная и южная; антарктическая циркумполярная; высокоширотные циклонические; арктическая антициклоническая системы. *Циркуляционные макросистемы* достаточно хорошо прослеживаются на обобщенных схемах циркуляции всей толщи поверхностных вод на глубину до 200 м. На схеме циркуляции дрейфового слоя воды (на глубину от 10—20 до 60—70 м) не все макросистемы проявляются четко, зато она хорошо фиксирует основные поверхностные течения Океана (рис. 31).

С глубиной зональные циркуляционные системы меняют направление, слабеют и, наконец, на глубинах от 300—400 до 800—1000 м размываются, распадаясь на слабо обозначенные вихри. Взамен на глубине усиливается меридиональная составляющая переноса — основная форма межзонального глубинного обмена веществ и энергии. В поверхностных водах, напротив, перенос масс, веществ и энергии осуществляется преимущественно в широтном направлении, так как здесь один и тот же широтный поток составляет периферию двух круговоротов, и лишь у берегов, на западной или восточной окраинах, они расходятся, осуществляя таким образом межширотный водообмен. Из 75 млн. м^3/с воды, переносимых Гольфстримом на широте Нью-Йорка, лишь 10 млн. м^3/с переходит в Североатлантическое течение, остальная масса воды остается в замкнутом круговороте субтропической Атлантики.

В 60-х годах под поверхностными течениями был выявлен ряд мощных глубинных противотечений типа Кромвеля и Ломоносова.

Рис. 30. Схема течений Мирового океана:
1 — теплые, *2* — холодные

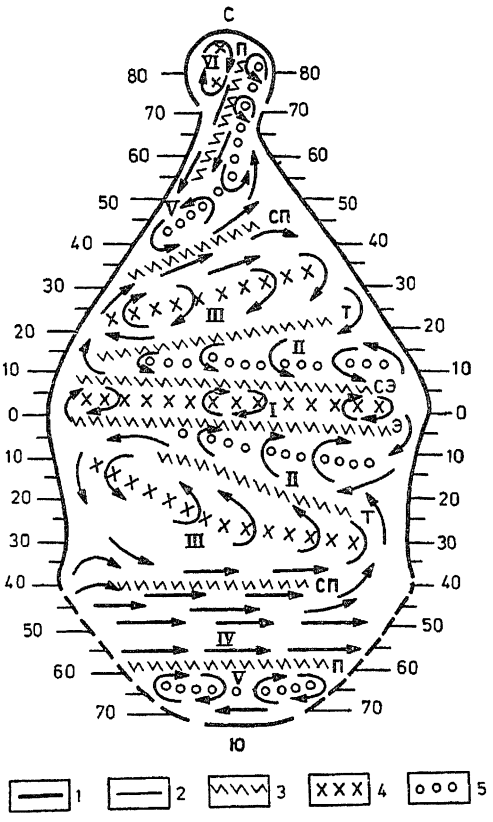


Рис. 31. Общая циркуляция вод Океана для 200-метровой толщи поверхностных вод (В. Н. Степанов, 1983)

Макроциркуляционные системы: *I* — экваториальная антициклоническая; *II* — тропические циклонические; *III* — субтропические антициклонические; *IV* — антарктическая циркумполярная; *V* — высокоширотные циклонические; *VI* — арктическая антициклоническая. *1* — береговая линия, ограничивающая площадь Океана, занимаемую им (в среднем по всем океанам) в данной географической широте, *2* — направление перемещения основных потоков, *3* — главные океанические фронты (зоны, разделяющие макроциркуляционные системы): *Э* — экваториальный, *СЭ* — субэкваториальный, *Т* — тропические, *СП* — субполярные, *П* — полярные. Вергенции макроциркуляционных систем (проходящие по их гребням и ложбинам); *4* — конвергенции; *5* — дивергенции

Вероятнее всего глубинные противотечения распространены достаточно широко, составляя необходимую структурную часть поверхностных. Каждое течение — это река со своими берегами в Океане. Берег по отношению к течению — не преувеличение. Под влиянием силы Кориолиса справа по течению, вдали от материка возникает водяной вал — правый «берег» реки, а у суши создается депрессия — левый «берег».

Самые мощные и глубокие из поверхностных течений, играющие важнейшую роль в глобальной циркуляции Океана,— Антарктическое циркумполярное, Гольфстрим, Куросио. Ниже представлены расходы воды крупнейших морских течений (П. Вейль, 1977).

На левой стороне рис. 28 показана связь плотности воды с морскими течениями. Сезонное изменение температуры и солености меняет плотность воды, что обусловливает ее вертикальное перемешивание в верхних слоях. Различия в плотности — движущая сила глубинных и придонных течений в Океане. Но движение глубинных вод совершается очень медленно — порядка нескольких сантиметров или первых десятков сантиметров в секунду. О перемещении такого рода скорее можно говорить, что вода «ползет», а не течет.

Синоптические вихри. Помимо циркуляционных макросистем со-

Течение	Расход воды, 10^6 м$^3 \cdot$с$^{-1}$
Антарктическое циркумполярное	150—200
Гольфстрим (у м. Хаттерас)	100
Куросио	50
Из северной части Тихого океана в Арктический бассейн	0,7
Все реки Земли	1

ветскими океанологами в 1970 г. были обнаружены вихри открытого Океана размером в 100—150 км со скоростью перемещения водных масс вокруг центра 10—20 см/с. Эти циркуляционные мезосистемы, встречающиеся повсюду, позднее были названы *синоптическими вихрями.* Как считают, именно в синоптических вихрях заключено не менее 90% кинетической энергии Океана (Л. М. Брековских, 1987). Вихри наблюдаются и в морских течениях типа Гольфстрим. Здесь они вращаются еще с большей скоростью, чем в открытом Океане, кольцевая система их лучше выражена, поэтому их называют еще *рингами.*

Вертикальные зоны Океана

Океан неоднороден в вертикальном направлении. В нем выделяют четыре структурные зоны: поверхностную, промежуточную, глубинную и придонную.

Поверхностная зона (с нижней границей на глубине в среднем 200 м) характеризуется высокой динамичностью и изменчивостью свойств вод, обусловленной сезонными колебаниями температуры и ветровым волнением. Объем заключенной в ней воды 68,4 млн. км^3, что составляет 5,1% объема воды Мирового океана.

Промежуточная зона (200—2000 м) отличается сменой поверхностной циркуляции с ее широтным переносом вещества и энергии на глубинную, в которой превалирует меридиональный перенос. В высоких широтах к этой зоне приурочен слой более теплой воды, проникшей из низких широт. Объем воды в промежуточной зоне 414,2 млн. км^3, или 31,0% Мирового океана.

Глубинная зона 2000—4000 м — зона меридионального переноса масс и энергии, обмена вод между океанами. В ней сосредоточено более половины (50,7%) всей массы вод океанов — 680,0 млн. км^3.

Придонная зона (глубже 4000 м) образована водой полярного происхождения. Толщина зоны зависит от рельефа дна, но максимальной мощности она достигает в Антарктике вследствие высокого положения там ее верхней границы. Объем воды в придонной зоне составляет 176,3 млн. км^3, или 13,2% объема Мирового океана.

Водные массы

По аналогии с воздушными массами в климатологии океанографами выделяются *географические типы водных масс.* Их свойства — температура, соленость, прозрачность, органическая жизнь зави-

сят от места формирования. Водные массы, как и воздушные, находятся в постоянном движении, причем, перемещаясь, они долгое время сохраняют свои специфические черты, далеко не сразу трансформируясь в другой тип. Так, субтропические воды Гольфстрима и Североатлантического течения сохраняют повышенную температуру и соленость даже проникнув на запад Арктического бассейна.

В поверхностной зоне обособлены следующие водные массы: 1) экваториально-тропическая (ЭТ), 2) тропическая (Т), 3) субтропическая северная (СбТс), 4) субтропическая южная (СбТю), 5) североатлантическая (СА), 6) южная индотихоокеанская (ИТ), 7) субарктическая (СубАр), 8) субантарктическая (СубАн), 9) арктическая (Ар), 10) антарктическая (Ан). География водных масс очень близка к размещению географических типов воздушных масс и климатических поясов.

В ряде случаев границы между водными массами оказываются резкими, с большими перепадами температуры и солености. В этом случае можно говорить об *океанических фронтальных зонах*. Главнейшими из них являются *полярные*, почти совпадающие с аналогичными фронтами в атмосфере.

Глубже поверхностной зоны количество водных масс уменьшается, а в придонной зоне, в ее подавляющей части, господствует одна антарктическая водная масса. Эта холодная и соленая водная масса опускается по материковому склону Антарктиды и растекается по придонной части всего Мирового океана вплоть до субполярных широт северного полушария, питая кислородом воды Тихого, Индийского и Атлантического океанов.

БИОСТРОМ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Структура биострома

Тончайшей пленкой концентрированной органической жизни биостром покрывает сушу, поверхность Океана, выстилает океаническое дно. Составляя биологический фокус географической оболочки, биостром одновременно является и *ядром биосферы*.

Поразительно разнообразен мир живых организмов, населяющих Землю. Обобщенно его систематика представляется в таком виде (Н. Н. Воронцов, 1987):

А — **Империя доклеточных** (Noncellulata) — вирусы
Б — **Империя клеточных** (Cellulata)
Б—I — Подымперия предъядерных, или прокариот (Procaryota)
1. Царство архебактерий (Archaebacteria).
2. Царство эубактерий (Eubacteria) — возраст не менее 3,5 млрд. лет.
Б—II — Подымперия мезокариот (Mesocaryota)
Б—III — Подымперия эукариот (Eucaryota) — возраст древнейших находок 1,4—2,0 млрд. лет.
1. Царство зеленых растений (Vegetabilia seu Plantes) — возраст древнейших находок 1,3 млрд. лет.

2. Царство грибов (Fungi) — достоверные остатки не раньше нижнего палеозоя.
3. Царство животных (Animalia):
   а) подцарство простейших (Protozoa);
   б) подцарство многоклеточных (Metazoa) — возраст до 1 млрд. лет.

В географических исследованиях принято более упрощенное расчленение биостpома Земли на три основные составляющие: растения, животные, микроорганизмы. Систематическое разнообразие всех их необычайно велико и каждый год продолжает приносить в этом отношении новые открытия. Самые многочисленные из мира животных — насекомые — наименее изучены. Много неожиданного приносит изучение морской фауны. Прошло немного лет, как на больших глубинах был открыт новый тип животных — погонофоры, впервые приоткрылся удивительный органический мир глубинных гидротермов, и только что узнали о высокой биологической продуктивности синих вод, считавшихся ранее океанической пустыней.

По приближенным подсчетам, на Земле около 350 000 видов растений, в том числе низших 60 000 и покрытосеменных 250 000. Разнообразие животных еще больше — свыше 1 700 000 видов, из них насекомых около 1 000 000. Количество грибов превышает 100 000 (А. Г. Воронов, 1987).

По сравнению с сушей видовое разнообразие растений и животных в Океане беднее. В его водах обитают около 10 тыс. видов растений и более 160 тыс. видов животных, в том числе около 16 тыс. видов рыб, 80 тыс. видов моллюсков и более 20 тыс. видов ракообразных (Физическая география Мирового океана, 1980).

Биостром не только место концентрации, но и рассеиватель жизни по большей части географической оболочки. Соотношение его с биосферой такое же, как и ландшафтной сферы с географической оболочкой. Основные функции — воспроизводство живого, накопление органического вещества с последующим его разрушением — биостром выполняет разными путями, но главный — фотосинтез. Он осуществляется в наземных условиях и на поверхности воды с помощью зеленых растений.

В структурном отношении биостром слагается из *фитостpома, зоостpома* и *микробиостpома.* Зоостром в создании первичного органического вещества не участвует. Роль микробиостpома в этом процессе невелика и осуществляется с помощью: а) некоторых, в основном водных, *фотосинтезирующих бактерий;* б) *хемосинтезирующих бактерий,* растущих за счет химического окисления неортанического вещества; в) малоизученных сероводородоокисляющих бактерий, обитающих в гидротермальных источниках или вблизи их на разных глубинах Океана, включая абиссаль.

Основным *продуцентом,* создателем первичного органического вещества, был и остается фитостром. Он создает его в процессе фотосинтеза в дневные часы, закрепляя в себе в форме потенциальной энергии пищи часть энергии солнечного света.

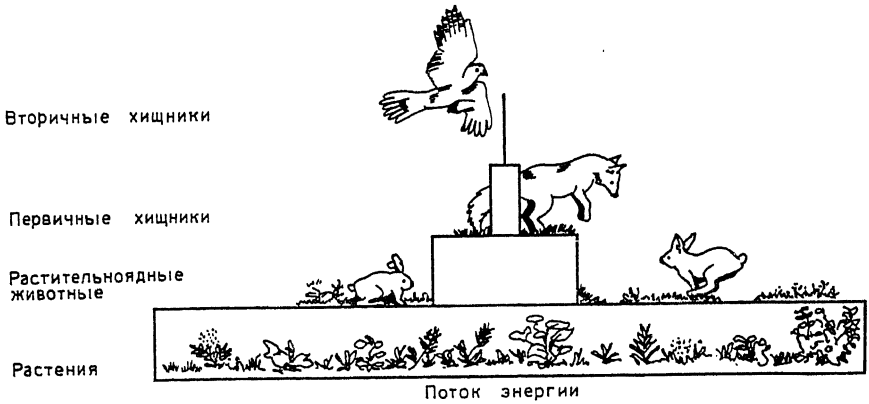


Рис. 32. Экологическая пирамида, отражающая чистую продуктивность на каждом трофическом уровне экосистемы (Р. Риклефс, 1979)

Экологическая эффективность трофических уровней в разных сообществах отличается большими различиями

У кактусов и некоторых других суккулентов пустынь открыт специфический вид фотосинтеза САМ — *метáболизм* (САМ — от начальных букв английских слов, означающих кислотный метаболизм толстянковых). Суть его сводится к тому, что, экономя воду, устьица растений жарким днем закрыты, а прохладной ночью — открыты. Поглощенная ночью двуокись углерода накапливается в форме органических кислот, которые при дневном освещении перерабатываются растениями в углеводы.

Продуцентам противостоят *консументы* (от лат. consumo — съедаю) — животные, многие бактерии и грибы, питающиеся за счет уже созданного живого или мертвого органического вещества. Пищевые связи между продуцентами и консументами графически выражаются в форме *экологических пирамид*: численности, биомассы, энергии. При переходе на каждую новую ступень в пищевод цепи от зеленой растительности до плотоядных коэффициент полезного использования энергии и производства биомассы падает (рис. 32).

Как рождение и смерть сопутствуют всему живому, так и создание органического вещества идет одновременно с его разложением. Эти процессы продуцирования и разложения органической массы сбалансированы не точно; так, на протяжении фанерозоя часть органического вещества захоронялась, или, точнее, консервировалась в виде торфа, бурых и каменных углей и особенно почвенного гумуса.

Наземный биостром

С наземным биостромом связано функционирование *биогенного потока в малом географическом круговороте вещества и энергии,* свойственном ландшафтной сфере (рис. 33). Этот малый биогенный

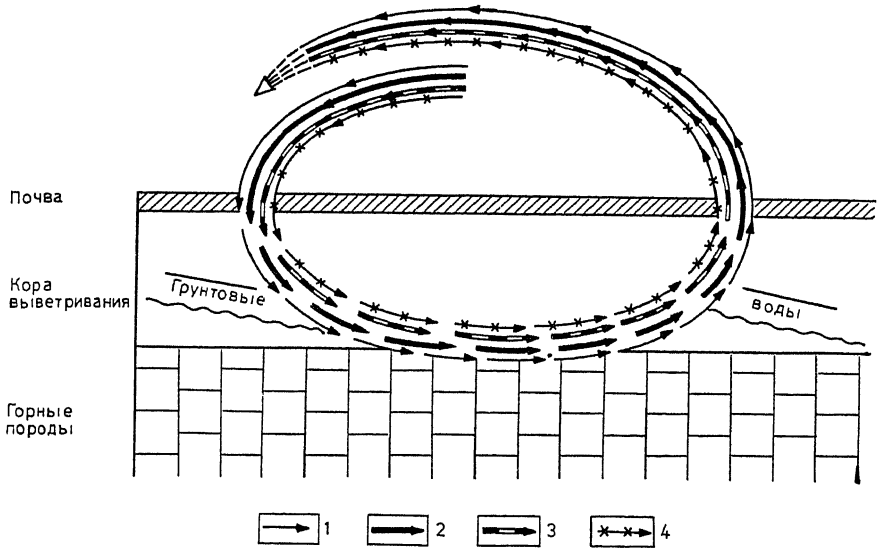


Рис. 33. Малый географический круговорот
Частные круговороты: *1* — тепловой, *2* — водный, *3* — биологический, *4* — минеральный

поток, или малый биологический круговорот, был бы невозможен без четко отлаженного механизма непрерывного вовлечения в живой биостром минерализованных и гумифицированных продуктов его же разложения. О масштабности биогенного потока можно судить по круговороту углерода (CO_2). В процесс фотосинтеза зеленых растений на суше ежегодно извлекается из атмосферы, по подсчетам разных авторов, от 16,7 до 35 млрд. т углерода, из которых почти треть затрачивается растениями на дыхание, а остальной целиком, или почти целиком, «пропускается» через почву.

Биогенный поток не автономен. Он представляет лишь одно из интегрированных с другими частными круговоротами — тепловым, водным и минеральным — слагаемых единого малого географического круговорота.

От биострома неотделимо другое понятие — *почва.* С позиций анализа структурных частей географической оболочки *почва представляет верхний преобразованный биостромом слой современной коры выветривания.* Она — вместилище *подземной части биострома,* место сосредоточения корневых систем и среда обитания богатой и разнообразной фауны — от крота (*Talpa*) и слепыша (*Spalax*) до множества беспозвоночных и микроорганизмов (рис. 34).

Основу наземного биострома составляет растительность. Роль животных в его биомассе незначительна. Отношение зообиомассы к фитомассе составляет: в тундре — 0,04%, тайге — 0,1, широко-

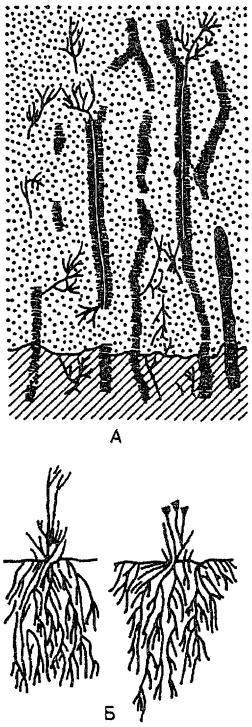


Рис. 34. Развитие подземной части биострома в биоценозах степей и пастбищ. *А* — профиль пастбищной почвы с ходами дождевых червей; *Б* — степные злаки (ковыль, пырей)

лиственных лесах — 0,28, черноземных степях — 5,3, пустынях — 4% (В. А. Ковда, И. В. Якушевская, 1967).

В умеренном поясе на почву приходится подавляющая часть всей зоомассы биострома (до 99%). При этом особенно велика роль дождевых червей. В гумидных зонах от тундры до лесостепи на их долю приходится 30—90% всей зоомассы биострома.

Особую *надземно-подземную* часть зоострома образуют многие животные пустынь, степей и лесостепи. Это многочисленные грызуны-норники (суслики, сурки, тушканчики, полевки и др.), сочетающие наземное питание с подземными норами-гнездами. Большинство из них впадают в долгую зимнюю, а иногда и летнюю спячку. И уж совсем необычны некоторые животные пустынь, такие, как ящерица круглоголовка ушастая (*Phynocephalus mystaceus*) и удав песчаный (*Eryx miliarix*), способные мгновенно тонуть и даже «плавать» в песках. Надземно-подземный образ жизни широко распространен у насекомых, использующих почву для перезимовки или личиночной стадии развития.

В наземном биостроме очень велика роль невидимого глазу мира микроорганизмов. Они есть в надземной и подземной частях биострома, ими образована верхняя (в атмосфере) и нижняя (в земной коре) границы биосферы. В состав микробиострома входят бактерии, актиномицеты и грибы, водоросли, простейшие. Изучен он слабо, микробиологам пока известно лишь около одной пятой фактического разнообразия этих мельчайших существ. Богаче всего микроорганизмами влажная и прогретая почва, богатая гумусом (М. С. Гиляров, 1968). Наиболее массовой группой микроорганизмов являются бактерии. Так, в каждом грамме черноземной почвы насчитывается 2000—2500 млн. бактерий, а в подзолах средней тайги — 300—600 млн. бактерий. В каждый данный момент биомасса живых бактерий в почве невелика — несколько десятых долей миллиграмма в 1 г почвы. Но бактерии быстро гибнут и поразительно быстро размножаются, так что, по некоторым данным, ежегодная биомасса микробных тел в окультуренных почвах достигает внушительной цифры — 200—500 ц/га.

Почвенные микроорганизмы образуют специфические ценозы, чутко реагирующие на внесение удобрений и агротехнические ме-

роприятия. Поэтому микробиологический анализ можно с успехом использовать не только для диагностики направленности почвообразовательного процесса, но и для установления степени окультуренности почв (Ю. Г. Гельцер, 1984; Е. Н. Мишустин, 1984).

Функциональная роль в природной системе и способы питания микроорганизмов настолько разнообразны — от фотосинтезирующих продуцентов (водоросли) до зоофагов (хищники) и паразитов, что Н. В. Дылис (1978) сомневается в том, чтобы все группы микроорганизмов можно было отнести к одному общему компоненту биогеоценоза.

Микроорганизмы — активнейший стимулятор биохимических процессов, без них была бы невозможной полная минерализация органического вещества, «земная поверхность очень скоро оказалась бы погребенной под неразложившимися остатками растений и животных; они совершают доступную только им (клубеньковые бактерии) фиксацию свободного азота атмосферы, обогащая этим почву. Без микроорганизмов не было бы почвы, по крайней мере почвенного гумуса. Между тем в гумусе почвы законсервировано такое же количество органического вещества, какое содержится во всей биомассе планеты» (Г. В. Добровольский, Л. А. Гришина и др., 1985).

Весь наземный биостром в целом как покров живого вещества обладает подвижностью. Наиболее подвижна надземная часть биострома, а из структурных частей — микро- и зоостром. Хорошо известны миграции леммингов и других грызунов; сотнями километров измеряются сезонные межзональные передвижения северного оленя, тысячами километров — весенне-осенние перелеты птиц. Пятьдесят тропических стран до сих пор не избавлены от нашествий «перелетной саранчи» [1], средние стаи которых, насчитывающие до 2 млрд. насекомых на площади 10 км^2, перемещаются ежедневно от мест утреннего «завтрака» до мест вечернего «ужина» на 20—30 км. Если принять во внимание, что масса каждого насекомого 2 г и такая же масса зеленой растительности ежесуточно им поедается, то по одному этому примеру можно судить о размерах активного перемещения вещества и энергии в наземном биостроме.

Более консервативным представляется фитостром. Отдельные особи его за период годичного жизненного цикла практически неподвижны. Но с помощью ветра отмершие листья, «перекати-поле», а тем более семена и споры растений разносятся на большие расстояния.

Особую категорию биострома составляет своеобразный *воздушный планктон*. Конвекционные токи поднимают на большую высоту — до 4000 м и выше, а ветры переносят на огромные расстояния

[1] Под этим названием объединяется до 30 видов саранчи из различных родов, время от времени переходящих из одиночной фазы развития в стадную. В СССР залетают азиатская (*Locusta migratoria*) и пустынная (*Schistocerea gregaria*) саранча.

семена, пыльцу и споры растений, тлю, мушек и мух, клопов, жуков, пауков, клещей, личинки насекомых. Немецкий эколог В. Тишлер (1971) воздушный планктон сравнивает с инвазионной армией, которая способна закрепиться всюду, где есть подходящие биотопы.

Биостром Океана

Своеобразие толщ океанической (морской) воды как экологической среды привело к выработке здесь необычных жизненных форм растений и животных. Главнейшие из них — планктон, нектон и бентос.

Планктон (от греч. planktós — блуждающий) состоит из пассивно плавающих и переносимых течениями очень мелких растений, преимущественно водорослей, и животных (одноклеточные, рачки, черви, медузы и др.). Животные планктона в отличие от растений не просто «висят» в воде, но в большинстве случаев могут свободно плавать, особенно в вертикальном направлении. Но активное передвижение зоопланктона очень ограниченное и этим он отличается от *нектона* (от греч. nektós — плавающий) — рыб, китообразных, тюленей, кальмаров, морских черепах, морских змей и других животных, активно плавающих на большие расстояния. *Бентос* (от греч. bénthos — глубинный) — совокупность организмов, обитающих на и в грунте морских и континентальных водоемов — характеризуется поразительным разнообразием: богатейший бактериальный мир, водоросли, животные, медленно передвигающиеся по дну, то неподвижно прикрепленные к нему, то закапывающиеся в грунт.

Важнейшая отличительная особенность *океанического биостро-ма* — наличие в нем двух слоев, двух «пленок жизни»: водно-поверхностной и донной. Из этих двух слоев ведущая роль принадлежит *водно-поверхностному,* или *эвфотическому* (от греч.— хорошо и свет), где с помощью фотосинтеза фитопланктон создает органическое вещество — пищу для подавляющей части организмов на всех глубинах Океана. Водно-поверхностный слой биострома можно называть еще и *планктонным слоем*, так как именно он служит местом концентрации планктонных организмов. Донный, или *бентальный, слой* биострома заселен бентосом, биомасса и видовое разнообразие которого снижаются по мере нарастания глубины.

Водно-поверхностный и донный слои биострома вблизи берегов, на мелководье, смыкаются, образуя здесь единый океанический биостром, отличающийся в равной мере богатым и разнообразным планктоном и бентосом. Заключенная в тонкое кольцо биострома огромная толща океанической воды — *область афотической,* т. е. лишенной света, *пелагиали* — входит в географическую оболочку как ее структурная часть.

Существуют заметные различия в подсчетах общей биомассы и ежегодной продукции живого вещества Земли. Большинство иссле-

Таблица 9. Общая биомасса и ежегодная продукция живого вещества (по материалам «Физической географии Мирового океана», 1980)

Биомасса (τ) и продукция (π) Земли	Суша	Океан
Биомасса всего живого вещества (сырая масса, т)	$6{,}5 \cdot 10^{12}$	$3 \cdot 10^{10}$
В том числе:		
фитомасса	$6{,}5 \cdot 10^{12}$	$2{,}6 \cdot 10^{9}$
зоомасса	$0{,}6 \cdot 10^{9}$	$28{,}8 \cdot 10^{9}$
Продукция, сырая масса, т·год$^{-1}$	$4{,}5 \cdot 10^{11}$	$4{,}3 \cdot 10^{11}$
Отношение продукции к биомассе, ($\pi/\tau \times$ $\times$год$^{-1}$)	0,069	14,3

дователей придерживаются мнения, что по запасам биомассы первое место занимает суша, а биомасса Океана в 200 раз меньше (табл. 9). Анализируя данные таблицы, нетрудно заметить еще одну очень важную закономерность — резкие различия во внутренней структуре биострома суши и Океана. В то время как на суше зоомасса составляет лишь ничтожную часть фитомассы, в Океане она во много раз превосходит фитомассу. Столь странное, на первый взгляд, соотношение объясняется исключительно высокой продуктивностью морского фитопланктона, биомасса которого многократно на протяжении года поедается, гибнет и возрождается. Образно говоря, эвфотическая зона Океана с его фитопланктоном — это луг, травостой которого после скашивания восстанавливается через полтора-два дня, а по В. Г. Богорову (1966),— на протяжении суток. Сказанное подтверждается величиной показателя π/τ (отношения продукции к биомассе).

В настоящее время известно, что наши представления о механизме формирования первичной продукции в Океане были неполными, а ее количественные характеристики — заниженными. По крайней мере для олиготрофных тропических акваторий Океана с температурой воды выше 20 °С доказано существование не одного, а двух путей создания первичной продукции — путей поступления органического вещества (энергии) в пищевые цепи сообщества (рис. 35). Первый путь — *фитопланктонный.* Это хорошо известная «пастбищная» пищевая цепь: фитопланктон — растительноядный зоопланктон — хищный планктон — нектон. Второй путь — *бактериопланктонный,* или «детритная» (от лат. detritus — истертый) пищевая цепь: растворенное органическое вещество — бактериопланктон — простейшие — фильтрующий зоопланктон — хищный зоопланктон.

Ю. И. Сорокин (1971) считал, что бактериальный путь создания органического вещества в тропических водах по своей величине не уступает или даже превосходит фитопланктонный. Бактериологическое освоение растворенного органического вещества



Рис. 35. Пути поступления органического вещества (энергии) в пищевые цепи сообщества Океана:

А — пастбищная пищевая цепь; *Б* — «детритная» пищевая цепь

может протекать только при высокой температуре воды, поэтому в прохладных и холодных водах умеренных и высоких широт бактериопланктонный путь создания органического вещества невозможен, но сами эти воды доставляют в тропические воды тот биогенный материал, который в равной мере необходим для конструктивной жизнедеятельности фито- и зоопланктона.

Бактериопланктонный путь создания органического вещества недавно был дополнен (а может быть, лишь уточнен) открытием обильного *пикопланктона,* заселяющего олиготрофные (бедные пищей), или синие, воды субтропических и тропических широт Тихого океана и Средиземного моря (Д. К. Крупаткина, Б. Берлин, С. Маэстрина, 1985). Пикопланктон состоит из мельчайших фотосинтезирующих одноклеточных организмов, по размерам близких к бактериям. Быстро размножаясь, он дает до 70% биомассы синих вод, которые в итоге по своей первичной продукции (500—1000 мг углерода в сутки под каждым квадратным метром вместо 50—150 мг, как это считалось ранее) приближаются к евтрофным (богатым пищей) прибрежным водам. Если это подтвердится в дальнейшем, то суммарная продукция Мирового океана составит около $187 \cdot 10^9$ т углерода в год, что превышает производство органического вещества сушей.

К сказанному следует еще добавить, что граница фотосинтеза в Океане располагается, очевидно, глубже 150—200 м, чем это предполагалось ранее. В водах тропической Атлантики, в районе Багамских островов, на глубине почти 270 м выявлено обилие макроскопической пурпурной водоросли, образующей нарост на коралловых постройках. Несмотря на такую большую глубину, процесс фотосинтеза у водорослей оказался активным [1].

Как и на суше, океанский биостром — лишь неразделимая часть, отдельное проявление единой системы, именуемой Океан. Система эта, как пишет Элизабетт Манн-Боргезе (1982, с. 10—

[1] Природа. 1985. № 10. С. 113—114.

11), сотрудница Международного океанического института на Мальте, «столь же хрупка, сколь и огромна. И хотя может показаться, что мы многое о ней знаем, море нашего невежества глубже, чем самые глубокие океанские впадины».

Экология и география

Подобно другим структурным частям географической оболочки, биостром служит предметом изучения целой системы частных наук. Главнейшие из них — экология и биогеография — науки, стоящие на полпути между географией и биологией. Каково место этих наук в системе географических наук? Вопросы далеко не праздные, если учесть, что экологические проблемы в наше время вышли далеко за рамки научных интересов, приобретая большое общественное и государственное звучание.

Американский эколог Ю. Одум пишет: «Слово «экология» образовано от греческого «ойкос», что означает дом, и «логос» — наука. Таким образом, изучение нашего «природного дома» охватывает изучение всех живущих в нем организмов и всех функциональных процессов, делающих этот «дом» пригодным для жизни. В буквальном смысле экология — это наука об организмах «у себя дома ...».[1]

Таким образом, содержание науки можно свести к следующей нехитрой формуле: экология — живой организм $\rightleftarrows$ окружающая среда. Ведущим, стоящим в центре внимания членом этой системной науки является живой организм. Отсюда — и близость, и отличие экологии и географии. И та, и другая наука близки, так как изучают не отдельные компоненты или явления природы, а их системы, или комплексы. Различие же в неодинаковом подходе к системам, или комплексам: в первом случае — *биоцентристский,* во втором — *геоцентристский.*

Геоцентристский подход, свойственный географам, означает, что в формировании и функционировании природного комплекса одинаково важны и равноценны все компоненты и ни один из них — ни рельеф с геологической структурой, ни климат и воды, ни биостром — не могут пользоваться предпочтительным вниманием. Несомненно, он шире и полнее биоцентристского подхода, присущего экологам. Но в таком случае чем вызван столь широкий и вполне закономерный интерес к экологии? Причин много. Выделим три.

1. Биостром быстрее и более чутко, чем другие компоненты, реагирует на всякие нарушения в природной системе. Это своего рода лакмусовая бумага, по цвету которой можно судить о состоянии природного комплекса.

2. Человечество — часть биострома и, хотя более опосредство-

---

[1] *Одум Ю.* Экология. М., 1986. Т. I. С. 11.

вано, но в такой же мере, как и другие компоненты, зависит от устойчивого естественного функционирования системы.

3. На протяжении тысячелетий деятельность человека сопровождалась уничтожением биострома или нарушением в нем естественных взаимосвязей. Долгое время антропогенные нарушения биострома носили локальный характер, и его потери воспроизводились в ходе естественного функционирования системы. С середины XX в. воздействие человека на биостром, включая Океан, стало глобальным и приобрело такую всенарастающую силу, что если ею не управлять, то произойдет непоправимая деградация биострома, а в случае ядерной катастрофы становится реальной угроза гибели современной цивилизации.

В наше время знание экологических основ — обязательное условие развития научной экономики, особенно в области сельского и лесного хозяйства, промышленного и дорожного строительства. В этой связи некоторые географы стали усиленно пропагандировать идею *экологизации географии.*

Этот призыв более чем злободневен, и все же попробуем здесь дать ему подлинную оценку, исключающую какие-либо конъюнктурные соображения. Ни введение специального учебника курса по экологии, ни сделанное уже формальное переименование дисциплины «Биогеография» в «Биогеографию с основами экологии». не в состоянии подменить эколога географом. Экологическое мышление закладывается и развивается всей системой географического образования, исходящей из того, что биостром — не изолированный объект в географической оболочке, а структурная часть ее, и понять его «экологию» означает не что иное, как раскрыть механизм взаимосвязей в географической оболочке, определяющих ее функционирование.

По отношению к географам скорее следует говорить не об экологизации, а ее биогеографизации. До сих пор знания, даваемые этой дисциплиной, недостаточно реализуются в последующих региональных курсах. Во многих вузовских учебниках и страноведческих монографиях нет латинских названий растений и животных, в полевых дневниках сведения о растительности носят поверхностный характер, а о животном мире чаще всего ничего не говорится, в географических же журналах почти не печатаются статьи биогеографического содержания.

Усиление биогеографической подготовки и пересмотр взглядов на биоту как что-то второстепенное и скоропреходящее в природной системе — таков путь экологизации географической науки.

ГЛАВА IV. УЧЕНИЕ О ЛАНДШАФТЕ И ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЕ ЗЕМЛИ

ИЗ ИСТОРИИ ВОПРОСА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛАНДШАФТА

Термин *ландшафт* имеет широкое международное признание. Он заимствован из разговорного немецкого языка (die Landschaft) (от Land — земля, schaft — взаимосвязь). Синонимом его в английском языке служит термин Landscape, где обозначает картину природы, ее изображение в живописи. На французском языке слову ландшафт соответствует пейзаж (paysage). Одно время в советской географической литературе слово «пейзаж» соперничало с ландшафтом (В. П. Семенов-Тян-Шанский, 1928).

И в настоящее время слово ландшафт принадлежит не одной географии. Напомним о *ландшафтной архитектуре* и *топонимическом ландшафте,* и уж совсем неожиданным кажется определение театральными критиками злободневных сценических спектаклей *ландшафтами современной жизни.* Слово ландшафт стало достоянием нашей культуры. Об этом хорошо сказал выдающийся художник слова Валентин Катаев (1985): «Прекрасное слово «ландшафт». Оно стоит где-то в одном ряду со словами «пейзаж», «вид», может быть даже «панорама». Но оно гораздо шире, объемнее, так как оно как бы включает в себя, кроме мертвой природы, живой мир во главе с самим человеком, являющимся частью ландшафта,— вместе со своими домами, мостами, садами и цветниками».

В научную литературу термин ландшафт с определенно очерченным содержанием был введен в 1805 г. немецким географом А. Гоммейером. Под ландшафтом он подразумевал совокупность обозреваемых из одной точки местностей, заключенных между ближайшими горами, лесами и другими заметными частями земли. Однако ландшафтоведение как наука в Германии стала складываться много позже — в XX в. Виднейшие представители немецкого ландшафтоведения — З. Пассарге, К. Тролль (ФРГ), Э. Нееф (ГДР). Монография Э. Неефа (1974) о теоретических основах ландшафтоведения переведена на русский язык. Разработкой проблем ландшафтоведения занимаются многие географы Англии, Франции, США, ученые других стран.

В нашей стране развитие ландшафтоведения опиралось на идеи природного комплекса, заложенные в трудах В. В. Докучаева и А. Н. Краснова в конце прошлого столетия. В советский период существенный вклад в учение о ландшафте внесли Л. С. Берг, А. А. Григорьев, Б. Б. Полынов, С. В. Калесник, Л. Г. Раменский.

Вопросы ландшафтоведения стоят сейчас в числе важнейшей проблематики многих коллективов университетских географов и академических институтов географии. И тем не менее до наших дней сохраняются различия в определении географического ландшафта, во взглядах на его объем и содержание.

Известны три трактовки географического ландшафта.

1. *Ландшафт — территориально ограниченный участок земной поверхности, характеризующийся генетическим единством и тесной взаимосвязью слагающих его компонентов* (А. А. Григорьев, Н. А. Солнцев, С. В. Калесник, А. Г. Исаченко). В этой *узко региональной* трактовке ландшафт близок к тому, что другие авторы подразумевают под конкретным физико-географическим районом. Например, в Рязанской Мещере Г. Н. Анненская, И. И. Мамай, Ю. Н. Цесельчук (1983) выделяют такие ландшафты: Тумский ландшафт моренно-водноледниковой равнины, Селецкий ландшафт выровненно-верейно-котловинной зандровой равнины, Пранский ландшафт останцово-выравненно-болотно-лощинной долинно-зандровой равнины, Солотчинский ландшафт сегментно-останцовой аллювиальной равнины.

2. *Ландшафт — обобщенное типологическое понятие физико-географических комплексов.* Эта точка зрения развита в работах Б. Б. Полынова и Н. А. Гвоздецкого. Ее придерживаются Э. М. Мурзаев, Н. А. Когай, А. Е. Федина. В одну типологическую единицу включаются территориально разрозненные, но сходные относительно однородные комплексы. «Ландшафт — это тип, подтип, вид и т. д. территории (местности) как физико-географического комплекса. В комплексной физической, или ландшафтной, географии он существует в таком понимании на тех же правах, как тип, подтип, вид и т. д. в почвоведении, как тип рельефа в геоморфологии»[1]. Следует отметить, что некоторые сторонники региональной трактовки ландшафта в своих конкретных описаниях крупных территорий исходят именно из второй — типологической — трактовки ландшафта (А. Г. Исаченко, 1986).

3. *Ландшафт — общее понятие, синоним региональных и типологических комплексов любого таксономического ранга.* Его можно сравнить с такими же общими понятиями, как климат, почва, рельеф, при определении которых не имеется в виду конкретная территория. С этих позиций ландшафт определяется как совокупность взаимообусловленных и взаимосвязанных предметов и явлений природы, предстающих перед нами в образе тех или иных исторически сложившихся, непрерывно развивающихся географических комплексов (Ф. Н. Мильков, Д. Л. Арманд, Ю. К. Ефремов).

В Международном толковом словаре по охране ландшафтов

---

[1] *Гвоздецкий Н. А.* Основные проблемы физической географии. М., 1979. С. 132.

(1982) при разборе существующих определений ландшафта на первое место поставлена трактовка ландшафта как общего понятия, а про типологическую трактовку сказано, что «она не нашла широкого распространения». В СССР ГОСТом предусмотрено употребление термина «ландшафт» только как общего понятия: «Территориальная система, состоящая из взаимодействующих природных и антропогенных компонентов более низкого таксономического ранга».[1]

При всех различиях охарактеризованных определений ландшафта между ними есть сходство в самом главном — признании ландшафтных взаимосвязей между элементами природы в реально существующих на земной поверхности комплексах. Эти комплексы нередко называют природно-территориальными (ПТК). В дальнейшем природно-территориальный комплекс употребляется как синоним ландшафта в его общей трактовке.

Может показаться, что вряд ли следовало столь подробно останавливаться на различных трактовках ландшафта, поскольку все они имеют в виду природно-территориальные комплексы и с единым к ним ландшафтным подходом. Но это далеко не так, различия в определении ландшафта не сводятся к одной терминологии, каждое из определений очерчивает свой круг вопросов. Наиболее сужен этот круг у *узкорегиональной* трактовки. На долю ландшафтоведения она оставляет изучение лишь низших типологических комплексов, не выходящих за пределы физико-географического района. Типологическая трактовка шире, но и она ограничивает свои задачи исследованием только типологических комплексов, отрывая от ландшафтоведения региональные единицы, а вместе с ними и всю проблему физико-географического районирования. Третья трактовка, сейчас наиболее принятая, объектом своего изучения признает и типологические, и региональные комплексы всех таксономических рангов — от низшего до высшего. Она означает *ландшафтоведение в широком смысле слова*, включающее и вопросы физико-географического районирования.

ЛАНДШАФТ КАК ПЯТИМЕРНАЯ СИСТЕМА

С позиций системного анализа *ландшафт,* или природный территориальный комплекс, *представляет пятимерную саморегулируемую незамкнутую систему взаимосвязанных компонентов и комплексов более низкого ранга, функционирующую под воздействием одного или нескольких компонентов, выступающих в роли ведущего фактора.* Под пятимерностью подразумевается функционирование в ландшафте пяти обособленных и в то же время тесно взаимосвязанных парадинамических субсистем (рис. 36).

---

[1] ГОСТ 17.8.1.01—80. «Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения».

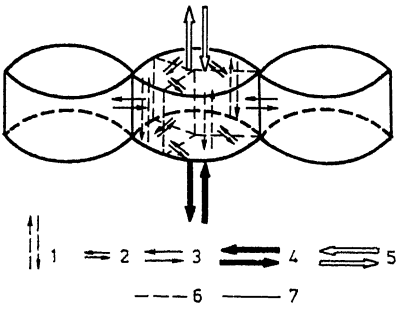


Рис. 36. Структура ландшафта как пятимерной парадинамической системы

Потоки вещества и энергии в субсистемах: 1 — внутренней комплексной, *2* — внутренней структурно-морфологической, *3* — внешней комплексной, *4* — подстилающей литогенной, *5* — внешней воздушной. *Границы: 6* — структурных частей, *7* — ландшафтного комплекса

Первая субсистема — *внутренняя компонентная.* Это вертикальная субсистема, ограниченная рамками ландшафтной сферы Земли, включающей почвы с современной корой выветривания и биостром с приземными слоями воздуха. Ее можно именовать биогеоценологической, в ней осуществляется фотосинтез, сопровождающийся образованием и накоплением в ландшафте органического вещества.

К компонентам ландшафта, а следовательно и членам внутренней компонентной субсистемы, принято относить горные породы, поверхностные и подземные воды, воздух, почвы, растительность, животный мир. Все эти компоненты в той или иной концентрации встречаются во всей толще ландшафтной сферы (от нескольких десятков метров до 100—150 м в наземных условиях), но в зависимости от их соотношения последняя распадается на несколько вертикальных ландшафтных горизонтов. Такими горизонтами сверху вниз являются: 1) *воздушный,* 2) *надземно-биостромный,* 3) *подземно-биостромный,* или *биопедостромный,* 4) *литогенный.*

Все четыре ландшафтных горизонта выступают по отношению к другому как четко обособленные контрастные среды, что обусловливает между ними активный обмен веществом и энергией. Для внутренней компонентной субсистемы свойственны *вертикальные встречные* потоки вещества и энергии. Они — отражение круговоротов воды, углерода, азота и биогенных элементов, достаточно хорошо изученных для некоторых экосистем.

Точка зрения на ландшафт как внутреннюю компонентную систему нашла отражение в работах Л. С. Берга, утверждающего, что в географическом ландшафте все компоненты его сливаются в единое гармоническое целое.

Вторая субсистема — *внутренняя структурно-морфологическая.* Ландшафтный комплекс любого таксономического ранга состоит из более мелких структурных (морфологических) единиц: район (ландшафт в узком смысле некоторых авторов) — из местностей и урочищ, провинция — из районов, зона — из провинций, страна — из зональных и горных областей. Взаимодействие между собой структурно-морфологических единиц, их парадинамические взаимосвязи во многом определяют специфические черты всего ландшафтного комплекса. Именно поэтому Н. А. Солнцев определяет

ландшафт как закономерно построенную систему более мелких территориальных комплексов.

Третья субсистема — *внешняя комплексная.* Она выражает взаимодействие ландшафта с другими комплексами. Наиболее глубоко оно проявляется на границе со смежными комплексами. Здесь в ряде случаев формируются специфические переходные комплексы типа предгорных ландшафтов. Чаще, однако, взаимодействие ландшафта со смежными комплексами оказывается не таким явственным, оно прослеживается в мало заметном на первый взгляд обмене грунтовыми водами, воздушными приземными потоками, элементами флоры и фауны.

Четвертая субсистема — *внешняя воздушная.* Через нее поступает в ландшафт и излучается ландшафтом солнечная радиация, осуществляется взаимодействие ландшафта с отдаленными комплексами. Одно из важнейших проявлений взаимодействия с отдаленными комплексами — непрерывная смена в данном ландшафте географических типов воздушных масс. Арктический, континентальный и морской воздух умеренных широт, субтропический воздух сохраняют специфические черты (температуру, влажность, прозрачность) за тысячи километров от мест своего происхождения, вследствие чего любой ландшафтный комплекс, расположенный где-нибудь в Подмосковье или на Южном Урале, попеременно испытывает воздействие холодной Арктики, влажной Атлантики и жаркого Средиземноморья.

Внешняя воздушная субсистема — канал, по которому протекает перенос тепла и влаги Атлантики в глубинные ландшафты Евразии, арктического и сибирского холода (в зимнее время) в Среднюю Азию и на юг Русской равнины.

Помимо переноса тепла влаги в функционировании ландшафтных комплексов существенную роль играют вынос и аккумуляция солей и минерального вещества, осуществляемые через внешнюю воздушную систему. Основные очаги эоловой пыли — пустыни, распаханные поля, города; океаны и моря снабжают наземные ландшафты солями. Своеобразную роль мощных, но эпизодических поставщиков эоловой пыли играют вулканы.

Присутствие пыли в воздушном ярусе ландшафтных комплексов отчетливо фиксируется снежным покровом, загрязненность которого становится особенно заметной весной, при его стаивании. Эоловая пыль обеспечивает жизнь диатомовым водорослям на старых многолетних льдах Арктики. В Субарктике и умеренных широтах она поставляет азот и зольные элементы растущим верховым (сфагновым) болотам, своим составом во многом определяя качество образующегося торфа.

И наконец, во внешней воздушной субсистеме протекает активный обмен живого вещества между отдаленными комплексами. Наглядный пример тому — сезонные миграции птиц, с помощью которых связываются ландшафты разных географических зон и

поясов. У древесной и травянистой растительности это находит выражение в разносе ветром семян.

Пятая субсистема — *подстилающая литогенная.* В ней проявляется взаимодействие ландшафта с литогенной основой, распространяющееся на всю земную кору и мантию. Процессы, протекающие в мантии и земной коре, находят отражение в ландшафте в форме землетрясений, явлений вулканизма, выхода на поверхность минеральных и термальных источников, гейзеров. Свойства горных пород, подстилающих подпочву и современную кору выветривания, самым непосредственным образом влияют на геохимические особенности ландшафта. В свою очередь, и ландшафт воздействует на литогенную основу, пополняя или обедняя запасы подземных вод, определяя свойства современной коры выветривания, влияя на ход геоморфологических процессов, а через них — на формы рельефа.

Говоря о подстилающей литогенной субсистеме, следует уточнить место *пещер* в ландшафтной сфере Земли. У ландшафтоведов по этому поводу нет единого мнения. Одни считают пещеры составной частью наземных ландшафтов, другие, следуя взглядам В. И. Вернадского, выделяют их в особую подземную сферу, сопоставимую с наземной, водной и газовой сферами. Представляется, что неглубокие пещеры, не выходящие за пределы современной коры выветривания, составляют часть наземных ландшафтов, более же глубокие пещеры образуют подземный вариант (отдел) ландшафтной сферы Земли, аналогичный наземному, земноводному, ледовому, водно-поверхностному и донному вариантам.

Не все из охарактеризованных субсистем выполняют одинаковые функции в ландшафте. Внутренние субсистемы — компонентная и структурно-морфологическая — свойственны собственно ландшафту (*«ядру» ландшафта*). Специфические черты взаимодействия компонентов и структурных частей ландшафта определяют его индивидуальность, позволяющую отличать один ландшафт от другого. В этих внутренних системах заложен механизм саморегуляции, хорошо выраженной у естественных ландшафтов. В основе саморегуляции лежит компонентная и морфологическая взаимообусловленность, функциональная сработанность компонентов и структурных частей. Вследствие саморегуляции в ландшафте развивается тенденция к самовосстановлению, которая, однако, проявляется далеко не во всех комплексах и с различной полнотой. Классическим примером самовосстановления ландшафтов — переходу полевой залежи в степную целину, вырубки и гари в ельник — противостоит не меньшее число случаев, когда раз нарушенный ландшафт не возвращается к исходному состоянию (саванна на месте истребленного тропического леса, болото на месте вырубленной влажной тайги).

Внешние субсистемы — комплексная, воздушная и подстилающая литогенная — представляют *поле взаимодействия ландшафта*

с окружающей средой. Размеры этого поля обширны, и для целей познания ландшафта достаточно изучения лишь пограничной, стыковой зоны внешнего поля с ядром ландшафта. Уже проверенным методом изучения стыковой зоны ядра ландшафта с окружающей его внешним полем взаимодействия служит метод приходо-расходных балансов вещества и энергии, применяемый на некоторых физико-географических (и биогеоценологических) стационарах. Характеристики внешнего поля взаимодействия не остаются неизменными. Его изменения, поступающие в ядро ландшафта через внешние системы, служат импульсом для развития ландшафтного комплекса. Внешняя среда — поле взаимодействия — по отношению к ландшафту выступает системой более высокого порядка. Внешний импульс накладывается на процессы внутреннего (спонтанного) саморазвития комплекса.

Внутренние и внешние субсистемы, неразрывно связанные между собой, образуют единую пятимерную ландшафтную систему. В совокупности они раскрывают структурно-динамическую организацию ландшафта, как видим, очень сложную и неоднозначную. Следовательно, ландшафтная система (и геосистема в широком смысле) не подменяет термина «ландшафт»: больше того, употребление геосистемы возможно только в одновременном, параллельном существовании с нею термина «ландшафт». Понятие «ландшафт» воспринимается прежде всего как пространственная категория, с понятием же ландшафтной системы (геосистемы) мы связываем динамический аспект комплекса.

Пятимерная система раскрывает один из видов временно́го типа динамики ландшафтов — *динамику функционирования,* о которой более подробно будет сказано ниже.

Внешние субсистемы свидетельствуют об открытом характере ландшафта как системы. Взгляд на ландшафт как пятимерную систему показывает всю сложность его изучения, особенно в полевых условиях. Даже на так называемых физико-географических стационарах сейчас изучаются лишь некоторые из субсистем, а не система в целом. Не принижая значения проводимых в этом направлении работ, следует признать их ограниченность и неполноту в познании динамической организации ландшафтов. Пока сделаны, быть может, даже не первые шаги, а лишь подступы к познанию этих, по выражению В. Н. Солнцева (1983), сверхсложных систем, какими являются ландшафтные комплексы.

АНТРОПОГЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ И ЛАНДШАФТНО-ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Последнее десятилетие в развитии советской физической географии ознаменовалось повышенным интересом к антропогенным ландшафтам. Все возрастающая роль этих комплексов в структуре ландшафтной сферы Земли, вступившей в новейший период

антропогенного этапа развития, практическая значимость их изучения позволили поставить вопрос о необходимости выделения внутри комплексной физической географии антропогенного ландшафтоведения.

Антропогенное ландшафтоведение теснейшим образом связано с рациональным использованием и мелиорацией земель, охраной природных ресурсов, народнохозяйственное значение которых неоднократно подчеркивалось в решениях съездов КПСС и в других партийно-правительственных документах.

Проблема воздействия человека на природу далеко не новая в географической науке. Достаточно сослаться на классические труды В. В. Докучаева (1892) и А. И. Воейкова (1894), а в зарубежной литературе — Джорджа Марша (1866). Но это были труды, относящиеся скорее к антропогенной географии, чем к антропогенному ландшафтоведению.

Само понятие антропогенного ландшафта появилось много позже этих трудов. Оно было предложено в 30-х годах текущего столетия ленинградскими профессорами А. Д. Гожевым и Б. Н. Городковым. В их работах под антропогенными ландшафтами подразумеваются комплексы, созданные человеком. Существуют узкая и широкая трактовки антропогенного ландшафта. Достаточно широкое признание получило предложение воронежских географов считать антропогенными ландшафтами такие комплексы, в которых на всей или на большей их площади коренному изменению под воздействием человека подверглись если не все, то хотя бы один из компонентов ландшафта, в том числе и растительность (Ф. Н. Мильков, 1973).

Выражением научно-практической значимости и определенных достижений в изучении антропогенных ландшафтов явились региональные конференции в Воронеже (1972, 1975), Оренбурге (1980), распубликанское совещание в Тамбове (1981) и Всесоюзный симпозиум «Методы изучения антропогенных ландшафтов» в Воронеже (1982).

Углубленное изучение компонентов антропогенного ландшафта привело к зарождению агроклиматологии, агрофитоценологии, антропогенной геоморфологии, антропогенного почвоведения.

Как и любая другая отрасль фундаментальных знаний, антропогенное ландшафтоведение имеет свой предмет изучения — антропогенные ландшафты и ландшафтно-техногенные системы. Имея в равной мере антропогенное происхождение, они различаются степенью и характером современного воздействия на них человека.

Антропогенные ландшафты, подобно естественным, представляют собой *компонентную систему,* единый комплекс равнозначных компонентов. Главнейшая отличительная черта их — наличие признаков саморазвития, протекающего в соответствии с природными закономерностями. Некоторые виды антропогенных ланд-

шафтов визуально трудно отличимы от естественных аналогов. Таковы заросшие естественной растительностью отвалы, озера в заброшенных карьерах, суходольные луга на месте сведенных лесов, старые лесокультуры (сосновые боры, субори и дубравы).

Менее наглядна принадлежность к собственно антропогенным ландшафтам возделанных полей, культурных пастбищ, садов. Но если принять во внимание, что в посевах культурной растительности геоботаники (Н. С. Камышев, М. В. Марков, А. А. Часовенная) видят специфические фитоценозы, а биоценологи (М. С. Гиляров, В. Тишлер, В. Н. Сукачев) — биоценозы и биогеоценозы, аналогичные естественным, то у нас нет оснований не причислять их к собственно антропогенным ландшафтам.

Специфика сельскохозяйственных ландшафтов состоит в принадлежности их к типу кратковременных, регулируемых человеком комплексов. Ежегодно, а в субтропиках и тропиках не один раз в год, у них резко меняется состав надземной биоты, а вместе с нею и микроклимат. Более консервативна и устойчива подземная часть полевых ландшафтов. Свойства почвы и ее фауна не меняются тут же и существенным образом при смене одной полевой культуры другой.

Сельскохозяйственные ландшафты при всей их специфике, как и все антропогенные ландшафты, являются природными комплексами. Они, хотя и созданы человеком, в своем развитии подчиняются природным закономерностям.

Ландшафтно-техногенные системы, являются не компонентными, а *блоковыми системами.* Образованы они природным и техническим блоками (подсистемами), развитие которых подчиняется двум разным закономерностям: природным и социально-экономическим. Ведущую роль в ландшафтно-техногенной системе играет технический блок, функционирование которого направляется и контролируется человеком. Вследствие этого ландшафтно-техногенные системы в отличие от собственно антропогенных ландшафтов не способны к природному саморазвитию. Следует строго разграничивать две категории ландшафтно-техногенных систем: *пассивные,* в которых характеристики техногенного покрова остаются неизменными после его создания, и *активные* с меняющимися характеристиками техногенного покрова в соответствии с его функциональным назначением.

Антропогенные ландшафты, подобно естественным, отличаются большим разнообразием. Предложен ряд их классификаций, из числа которых выделим две: по роду деятельности человека и генезису.

В зависимости от *рода деятельности человека,* ведущего к формированию комплексов, различают восемь классов антропогенных ландшафтов:

Класс сельскохозяйственных ландшафтов с четырьмя подклассами: полевым, лугово-пастбищным, садовым, смешанным.

Класс промышленных ландшафтов, возникающих в процессе промышленного производства. Наиболее характерны карьерные и отвальные комплексы, терриконы, псевдокарст (промышленный карст) в местах подземной добычи полезных ископаемых.

Класс линейно-дорожных ландшафтов, связанных с железными, автомобильными и другого вида дорогами, нефте- и газопроводами.

Класс лесных антропогенных ландшафтов — лесокультуры и вторичные леса на месте вырубок и антропогенных гарей.

Класс водных антропогенных ландшафтов — водохранилища, пруды, каналы.

Класс рекреационных ландшафтов, образующихся в зонах отдыха населения и активного туризма. Рекреационными ландшафтами являются садово-парковые ландшафты и другие комплексы вокруг санаториев, домов отдыха, туристических баз.

Класс селитебных ландшафтов с двумя подклассами — городским и сельским.

Класс беллигеративных (от лат. belligero — вести войну) *ландшафтов* — от сторожевых курганов и старых оборонительных валов до воронок взрыва и свежих траншей.

Классы промышленных, линейно-дорожных и селитебных ландшафтов выделяются очень высокой насыщенностью ландшафтно-техническими системами.

В зависимости от *генезиса* (способа возникновения) антропогенные ландшафты делятся на *техногенные, подсечные, пашенные, пирогенные* (от греч. руг — огонь), *дигрессионные* с подразделением на *пастбищно-дигрессионные* и *рекреационно-дигрессионные.*

Кроме этих двух классификаций все антропогенные ландшафты делятся на *прямые* (запрограммированные) и *сопутствующие*, специально не создаваемые человеком (овраг на распаханном склоне, вторичный солончак на орошаемом поле); *культурные* и *акультурные.*

Полное изучение антропогенных ландшафтов, включая и ландшафтно-технические системы,— дело не одних физико-географов. Подключение других специалистов, их «набор», определяется уровнем изучения антропогенных ландшафтов. Таких уровней три: *физико-географический, географический, геотехнический.*

Геотехнический уровень, предполагающий изучение ландшафтно-технических систем, не исключает, а опирается на два предыдущих. Он предполагает союз физической географии, экономики и техники. На сегодня специалистов с такой разносторонней подготовкой нет, хотя на необходимость таковых уже не раз указывалось в литературе. Нет пока и образцовых ландшафтных исследований, выполненных на геотехническом уровне, хотя теоретические работы в этом направлении ведутся давно Л. Ф. Куницы-

ным, К. Н. Дьяконовым, В. С. Преображенским, А. Ю. Ретеюмом и др.

Для дальнейшего развития антропогенного ландшафтоведения важно уточнить *то соотношение, в каком находятся между собой естественные и антропогенные комплексы,* какое место последние занимают в общей типологической классификации ландшафтов Земли. Ясность в этом вопросе тем более необходима, что часть географов, именуя антропогенные ландшафты то модификациями естественных ландшафтов, то измененными, то антропогенизированными, заранее подчеркивают тем самым несамостоятельность и скоротечность их существования.

В наиболее крупных типологических подразделениях ландшафтной сферы Земли — *отделах,* или *вариантах:* наземном, земноводном, ледовом, водно-поверхностном, донном — нет необходимости в таксономическом обособлении естественных и антропогенных ландшафтов. И у тех и у других одинаково общая главная черта, свойственная отделу,— характер прямого соприкосновения (контакта) трех наиболее контрастных сред географической оболочки: литосферы, гидросферы и атмосферы.

По-другому решается вопрос относительно разграничения естественных и антропогенных ландшафтов на уровне следующих, нижестоящих после отдела типологических таксонов. Здесь структура, метаболизм и функционирование антропогенных ландшафтов настолько отличны от естественных, что их разграничение не вызывает сомнений. Вот почему целесообразно в каждом отделе ландшафтов различать два *ряда* (*порядка*): естественный и антропогенный.

Следующий таксон — *класс* — выделяется по разным признакам в каждом ряду: по макроформам рельефа — в естественном, по роду деятельности человека — в антропогенном. Количество классов в рядах не одинаково: в естественном — четыре (равнинный, предгорный, горный, межгорно-котловинный), в антропогенном — восемь (промышленный, дорожный, сельскохозяйственный, лесной, селитебный, рекреационный, беллигеративный) (рис. 37).

В качестве промежуточного и выделяемого не во всех случаях таксона является *подкласс.* Например, у класса равнинных ландшафтов естественного порядка есть подклассы низких, повышенных, средневысотных и высоких равнин; у класса сельскохозяйственных ландшафтов антропогенного порядка — подклассы: полевой, лугово-пастбищный, садовый, смешанный.

Соотношение естественных и антропогенных ландшафтов рассмотрим далее на примере сельскохозяйственных ландшафтов. Подклассы делятся на *зонально-поясные типы.* При наличии общих черт и полевые, и садовые, и лугово-пастбищные ландшафты существенно меняются при переходе из одной ландшафтной зоны в другую. Обладая различными агроклиматическими и почвенными ресурсами, зонально-поясные типы характеризуются определен-

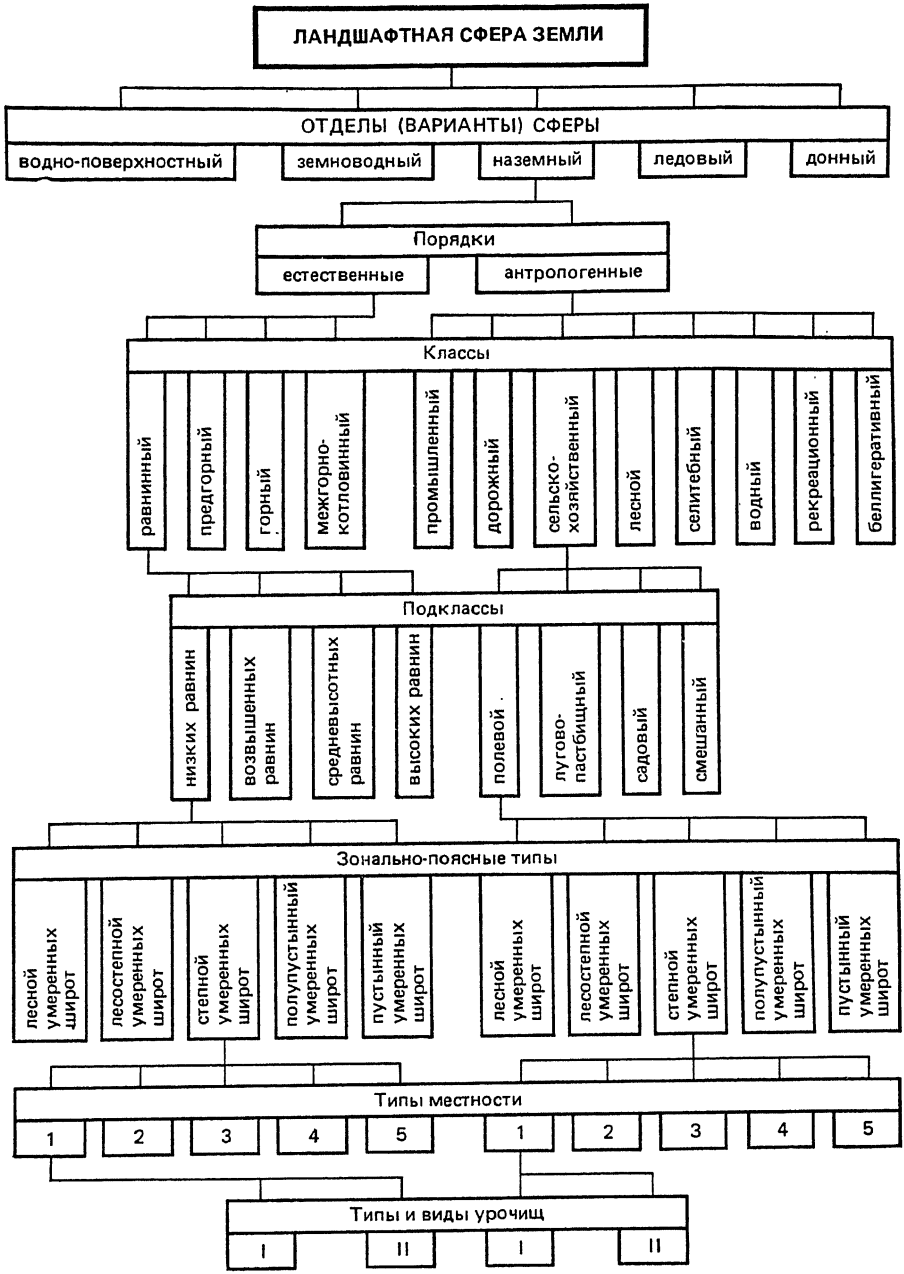


Рис. 37. Таксономическая система типологических единиц естественных и антропогенных ландшафтов (по Ф. Н. Милькову, 1986)

ным набором культур и их сортов, специфическими приемами агротехники, находящими выражение в севооборотах, сроках и глубине вспашки, составе и дозах органических удобрений и мн. др. Состав культур и агротехника влияют на микроклимат, почвы, уровень грунтовых вод, животный мир, создавая в итоге зональный природный комплекс, хотя и неотрывный, но отличный от естественной основы.

Зонально-поясные типы сельскохозяйственных ландшафтов в своем распространении повторяют зонально-поясную географию естественных ландшафтов. В этом их существенное отличие от традиционных сельскохозяйственных зон и районов, которые лишены такой тесной территориальной привязки к природным зонам и районам.

Начиная с зонально-поясных типов и ниже (типы местности, типы урочищ) наблюдается близость в принципах выделения типологических таксонов сельскохозяйственных и естественных ландшафтов. И у тех и у других в основе разграничения зонально-поясных типов лежит широтная зональность природы, типов местности — рельеф и грунты, типов урочищ — формы рельефа, почвы, растительность (у сельскохозяйственных урочищ — тип севооборота или вид хозяйственного использования земли).

Сельскохозяйственные зоны, местности и урочища составляют структурную часть их типа, понимаемого как семейство комплексов. Например, лесостепной плакорный тип местности, как семейство комплексов, состоит из таких видов, как лесная (дубравная, березовая), степная разнотравно-луговая, полевая, пастбищная, садовая, селитебная местности. В одном семействе плакорного типа местности, таким образом, встречаются и естественные, и антропогенные одноранговые комплексы. Здесь мы наблюдаем проявление так называемого *принципа природно-антропогенной совместимости.* Проявление его еще более наглядно в типах урочищ.

Изложенная единая для всех ландшафтов Земли типология не оставляет места для опасений, что антропогенное ландшафтоведение приведет к отрыву антропогенных ландшафтов от естественных. Никто не ставит под сомнение положение, что естественные ландшафты — основа для изучения антропогенных комплексов. Но бесспорно и другое: *современный ландшафтный лик планеты определяют не одни естественные ландшафты, а сложный сплав, неразрывное единство естественных ландшафтов с антропогенными.*

Перед антропогенным ландшафтоведением стоит много задач, ждущих своего решения,— дальнейшая разработка его теоретических основ; совершенствование типологии и полевого картирования; составление и публикация региональных монографий; развертывание стационарных и полустационарных исследований.

Важной особенностью изучения антропогенных ландшафтов является одновременный учет естественных и социально-историче-

ских факторов. Тем не менее многие методы изучения естественных ландшафтов — экспедиционные, экспериментально-стационарные, литературно-картографические, сплошной съемки и ключевых участков, геофизические, биофизические и геохимические — в равной мере применимы и при изучении антропогенных ландшафтов.

По сравнению с естественными комплексами антропогенные ландшафты являются сравнительно молодыми образованиями. В этой связи при их изучении исключительно важное значение приобретает *историко-археологический метод*, предполагающий внимательный анализ опубликованных и рукописных литературных и картографических источников (данные археологических раскопок, летописи, материалы Генерального межевания, Военно-топографические описания XVIII в., географические описания губерний типа «Топография Оренбургская» П. И. Рычкова (1762) и т. п.). Историко-археологический метод тесно связывает антропогенное ландшафтоведение с исторической географией (В. С. Жекулин, 1981).

Второй специфический метод изучения антропогенных ландшафтов — *метод историко-генетических рядов.* Он раскрывает ход их развития с момента зарождения, вызванного вмешательством человека, до наших дней. Метод предполагает составление серии карт — «срезов времени», отражающих ландшафтную обстановку на определенных этапах развития антропогенного комплекса.

Каждый антропогенный ландшафт находится во взаимодействии с окружающими его смежными или естественными антропогенными комплексами. В этой связи изучение только собственно антропогенного ландшафта недостаточно, совершенно *необходим подход к антропогенному ландшафту как одному из членов взаимодействующей парагенетической системы* (водохранилище — береговая полоса, оазис—пустыня, полезащитная лесная полоса — прилегающее поле).

Большую роль в познании антропогенных ландшафтов играет *сравнительный метод естественных аналогов.* Суть его заключается в выявлении сходства и различия антропогенных комплексов с их лучше изученными естественными аналогами (водохранилище—озеро, лесопосадка — естественный лес, посевы зерновых — злаковая степь), распространении закономерностей, там, где это возможно, свойственных естественным ландшафтам, на ландшафты антропогенные.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЛАНДШАФТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ. ПРОБЛЕМА ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Региональные комплексы — территориально целостные, неповторимые в пространстве ландшафты, прошедшие сложный, строго индивидуальный путь развития и характеризующиеся наличием тесных исторически сложившихся взаимосвязей компонентов и

комплексов более низкого ранга. На практике выделение региональных ландшафтных комплексов означает не что иное, как *физико-географическое районирование территории.*

Проблема физико-географического районирования давно уже привлекает внимание многих известных географов. В разное время ею занимались Э. А. Эверсман, Г. И. Танфильев, П. И. Броунов, А. А. Крубер, В. П. Семенов-Тян-Шанский, А. А. Григорьев, Г. Д. Рихтер, Д. Л. Арманд, Н. А. Гвоздецкий. Выпущен ряд учебных пособий, принадлежащих А. Г. Исаченко (1965), А. Е. Фединой (1981), В. И. Прокаеву (1983), Н. И. Михайлову (1985).

Наиболее сложной и до сих пор дискуссионной проблемой в физико-географическом районировании остается учет в таксономической системе региональных единиц азонального (литогенная основа) и зонального (биоклиматического) факторов. В ее решении наметилось три подхода: 1. *Районирование на учете какого-либо одного зонального или азонального фактора.* Использование такого подхода сводило физико-географическое районирование к отраслевому (частному) — геоморфологическому, климатическому, биогеографическому. 2. *Признание двух независимых видов физико-географического районирования: азонального и зонального.* 3. *Совмещение зональных и азональных признаков в однорядной системе единиц физико-географического районирования.*

В природе нет зональных и азональных ландшафтов, есть единые ландшафты разного таксономического ранга, несущие на себе в равной мере воздействие литогенной основы и биоклиматических условий. Исходя из этого третий подход к выделению региональных комплексов является единственно правильным, а сама система таксономических единиц физико-географического районирования приобретает такой вид (сверху вниз): материк—пояс (в узком смысле) — страна — зональная область — провинция — район.

Материк (континент) — крупная часть суши, окруженная со всех или почти со всех сторон океанами и морями, с характерным для нее планом оротектонической и ландшафтно-поясной структуры.

Пояс (в узком смысле) — материковая часть географического пояса, обладающая некоторыми общими чертами ландшафта, обусловленными величиной радиационного баланса и особенностями циркуляционных процессов в атмосфере.

Страна — обширная область материка, характеризующаяся общностью территории в геоструктурном отношении; своеобразием климатического режима; сочетанием и степенью выраженности широтных и высотных ландшафтных зон (Русская равнина, Кавказ, Западно-Сибирская равнина, Байкальская горная страна и др.).

Зональная область (зона в узком смысле) — отрезок ландшафтной зоны в пределах страны, ограниченный сплошным распрост-

ранением какого-либо ландшафта (степная зона Русской равнины, зона тайги Западно-Сибирской равнины).

Провинция — часть зональной области, в которой долготно-климатические различия и особенности рельефа накладывают заметный отпечаток на характер почв, растительности и других компонентов ландшафта (Мещерская провинция смешанных лесов Русской равнины, лесостепная провинция Окско-Донской равнины).

Район — сравнительно крупная (на равнинах до нескольких тысяч квадратных километров) геоморфологически и климатически обособленная часть провинции, обладающая характерными для нее сочетаниями почвенных разностей и растительных группировок (Цнинский боровой, Центральный плоскоместный районы лесостепной провинции Окско-Донской равнины).

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Типологические комплексы, обладая морфологическим (внешним) единством, в отличие от региональных единиц характеризуются не сплошным, а разорванным ареалом. Их познание основывается на изучении не единичного и индивидуального, а того общего, что свойственно данному типу. Типологические комплексы выделяются и классифицируются не по принципу пространственной смежности, как региональные комплексы, а по принципу однотипности, аналогии, что и определяет разорванность их ареала. Морфологические взаимосвязи, а именно они составляют организующее начало всех типологических единиц, стоят в центре внимания при изучении этих комплексов.

В природе типологическая единица представлена обычно множеством изолированных фрагментов — *конкретных комплексов,* образующих в совокупности *тип комплекса.*

География типологических комплексов не считается с границами региональных единиц. Встречаемость, их пространственные комбинации раскрывают внутреннее содержание, морфологическую структуру региональных комплексов. Поэтому их можно еще называть *структурно-морфологическими комплексами.*

В самом низу сложного ряда типологических единиц стоит тип фации. Термин «фация» давно уже широко использовался геологами и геоботаниками. В ландшафтную географию ее ввел Л. Г. Раменский. В фации он видел «мельчайшую единицу ландшафта, однородные участки территории с одинаковыми экологическими режимами, населением (биоценозом), со сходным происхождением и возможностями дальнейшего развития»[1]. Примеры фаций — склон оврага определенной экспозиции, днище балки, русло ручья.

---

[1] *Раменский Л. Г.* Введение в комплексное геоботаническое исследование земель. М. — Л., 1938. С. 340.

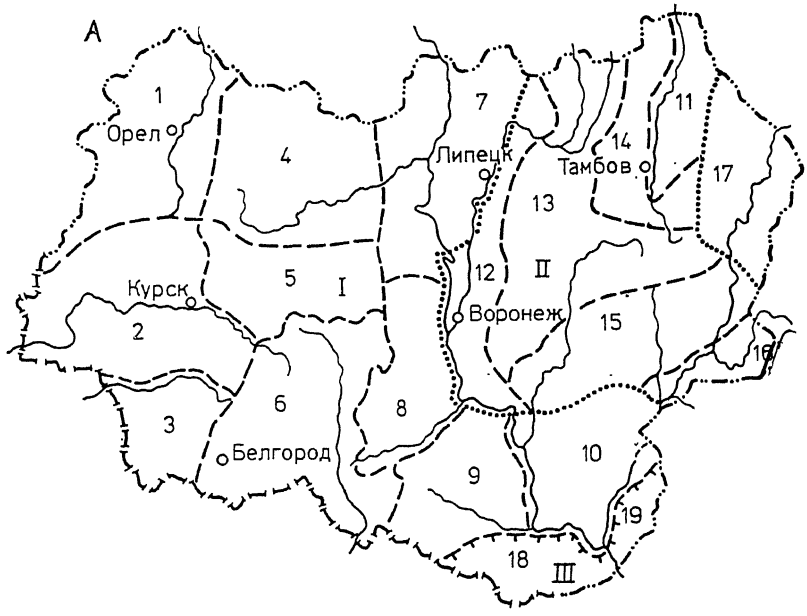
Свойства фации как *элементарной единицы ландшафта* (выражение Л. Г. Раменского) необычны. Фация с развитым биостромом сама по себе предмет изучения *биогеоценологии,* а не ландшафтной географии. Предметом ландшафтной географии фация становится в том случае, когда она рассматривается в качестве структурной части урочища. Здесь мы сталкиваемся со случаем раздвоения одного объекта исследования на два предмета. Предметом изучения ландшафтоведов служат пространственные взаимосвязи фаций внутри урочища, взаимодействие их между собой. В центре внимания биогеоценологии стоит исследование фаций как лабораторий по аккумуляции и трансформации солнечной энергии, выявление взаимодействия не между фациями, а между компонентами одной и той же фации.

Тип урочища — взаимосвязанный комплекс фации, обособленный в природе в связи с неровностями рельефа, неоднородным составом грунтов, почв или хозяйственной деятельности человека (степная западина, овраг, ложбина стока, осиновый куст). Слово «урочище» известно в наиболее ранних географических работах, в том числе в «Книге Большому Чертежу», составленной в первой половине XVII в. Именно урочища с составляющими их фациями, а не отдельно взятые фации, изолированные от урочищ, служат чаще всего объектами полевого картирования ландшафтоведов.

Тип местности — относительно равноценная с точки зрения хозяйственного использования территория, обладающая закономерным, только ей присущим сочетанием урочищ. В лесостепной зоне, например, ими являются пойменный, склоновый, надпойменно-террасовый, плакорный (плоско-водораздельный), междуречный недренированный, останцово-водораздельный.

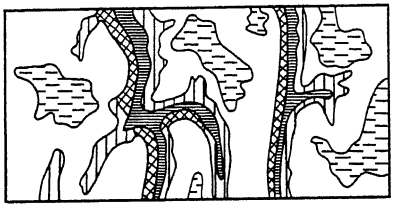
Некоторые советские (А. Г. Исаченко, 1960) и американские (П. Хаггет, 1979) географы видят в типах местности не ландшафтные комплексы, а топографические аналоги, типы местоположения. Согласиться с этим нельзя, так как различия между типами местности, во-первых, охватывают не одну топографию, а все компоненты комплекса, а во-вторых, в условиях одного местоположения может наблюдаться не один, а несколько типов местности. Так, например, на плоских водоразделах среднерусской лесостепи размещены плакорный и междуречный недренированный типы местности, отличающиеся друг от друга не местоположением, а глубиной залегания грунтовых вод — наличием или отсутствием верховодки.

Ареал у большинства типов местности очень широкий, многие из них повторяются в разных зонах, образуя *зональные аналоги* (пойменный лесостепной — пойменный степной — тугайный пустынный). Сочетание разных типов местности с их характерными урочищами определяет морфологическую структуру физико-географических (ландшафтных) районов. Можно сказать иначе: *ри-*

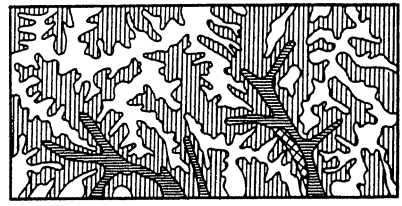


Б Р А Й О Н Ы

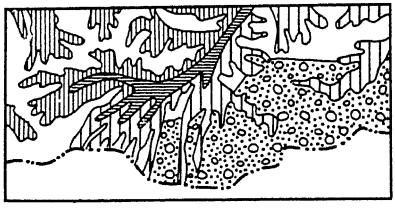
Центральный плоскоместный



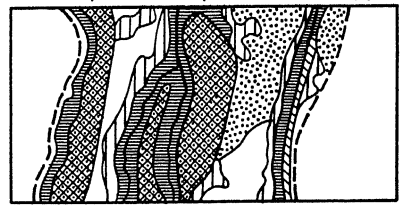
Калитвинский



Богучарский правобережный



Левобережный придолинно-террасовый



а б в I-III г 1-19 д е

ж з и к л м

сунок типов местности раскрывает ландшафтное содержание физико-географического района (рис. 38).

Тип ландшафта — взаимосвязанная система ландшафтных комплексов, сходных по своей морфологии и протекающим физико-географическим процессам, характеризующихся определенным соотношением тепла и влаги, а также соответствующими типами почв и растительности. Тундровый, таежный, лесостепной, степной, пустынный — примеры типов ландшафта. В своих названиях они повторяют географические зоны, но содержание тех и других разное. Географические зоны непрерывны, они очерчивают на равнинах лишь сплошной массив какого-либо одного типа ландшафта, фрагменты которого продолжают встречаться за его пределами — в смежных зонах и горных странах. К лесостепному типу ландшафта, например, относятся помимо ландшафтов лесостепной зоны, вытянутой сплошной полосой от Карпат до Алтая, лесостепные острова Средней Сибири и лесостепные предгорья Северного Кавказа и Крыма.

Класс ландшафтов — совокупность различных типов ландшафта, сходных по интенсивности и направленности взаимного обмена веществом и энергией, определяемых гравитационной контрастностью. Общепринято деление ландшафтов на два класса: *равнинные* и *горные*. Они отличаются друг от друга отсутствием (на равнинах) или наличием (в горах) *высотной поясности ландшафтов*. Но деление всех наземных ландшафтов лишь на два класса не отражает всего их разнообразия. Поэтому список их предложено дополнить *классами предгорных* и *межгорно-котловинных ландшафтов* (Ф. Н. Мильков, 1981).

Типы и классы ландшафтов раскрывают структуру крупнейших региональных единиц — физико-географических стран и материков.

Все ландшафты суши — материков и островов — объединяются в *отдел ландшафтов,* который следует считать высшей типологической единицей.

Изложенная система типологических единиц: тип фации — тип урочища — тип местности — тип ландшафта — класс ландшафтов — отдел ландшафтов — разделяется не всеми авторами. Н. А. Гвоздецкий (1979) предлагает такую

Рис. 38. Схема физико-географического районирования Центральных черноземных областей (*А*) и типы местностей районов (*Б*):

а — граница лесостепной и степной зон; *б* — граница провинций; *в* — граница физико-географических районов; *г* — *название провинций:* *I* — лесостепная провинция Среднерусской возвышенности; *II* — лесостепная провинция Окско-Донской равнины; *III* — степная провинция Среднерусской возвышенности; *д* — *название физико-географических районов:* *1* — Верхнеокский, *2* — Посеймский, *3* — Ворсклинский, *4* — Соснинский, *5* — Тимский, *6* — Осколо-Донецкий, *7* — Придонской известняково-карстовый, *8* — Придонской меловой, *9* — Калитвинский, *10* — Калачский, *11* — Цнинский долинно-зандровый, *12* — Левобережный придолинно-террасовый; *13* — Центральный плоскоместный, *14* — Северо-восточный Прицнинский, *15* — Южный Битюго-Хоперский, *16* — Среднехоперский, *17* — Ворono-Цнинский, *18* — Богучарский правобережный, *19* — Южно-Калачский левобережный *е* — *м* — *типы местности:* *е* — плакорный, *ж* — междуречный недренированный, *з* — останцово-водораздельный, *и* — склоновый, *к* — зандровый, *л* — надпойменно-террасовый, *м* — пойменный

таксономическую систему типологических единиц: вид — группа (род) — тип — класс. Полнее других классификация типологических единиц у В. А. Николаева (1979): вид — род — тип — группа — класс — система — отдел ландшафтов. А. Г. Исаченко (1985) применительно к территории СССР придерживается близкой классификации: вид ландшафта — класс ландшафтов — тип ландшафта; последняя единица выделяется с учетом ее секторной и зонально-поясной принадлежности. Белорусские ландшафтоведы (Г. И. Марцинкевич, Н. К. Клицунова, М. Н. Мотузко, 1986) на территории своей республики различают: вид ландшафтов — род ландшафтов — тип ландшафтов — класс ландшафтов.

Расхождения в таксономии типологических единиц — детали. Более существенно, что разные авторы одинаково признают существование *типологических единиц ландшафтного картирования,* принципиально отличных от *региональных единиц физико-географического районирования,* подтверждая, таким образом, мысль, впервые высказанную еще в начале 50-х годов (Ф. Н. Мильков, 1953). Эти две категории не противостоят, а взаимно дополняют друг друга. Типологические комплексы раскрывают морфологию региональных единиц, которые помогают выделить региональные особенности типологических единиц.

ЛИТОГЕННАЯ ОСНОВА КАК ФАКТОР ЛАНДШАФТНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ

Под литогенной основой ландшафта принято подразумевать его геологическое строение и рельеф. Введение этого термина в географическую литературу связывают с именем Р. И. Аболина. Можно и нужно рассматривать литогенную основу ландшафта в узком и широком смысле. *Литогенная основа ландшафта в узком смысле* означает сочетание элементарных форм рельефа с особенностями состава и строения приповерхностных горных пород. В этом смысле ее обычно употребляют при крупномасштабной ландшафтной съемке, когда на карту наносятся фации, урочища, местности. *Литогенная основа ландшафта в широком смысле* равнозначна всему комплексу геолого-геоморфологических особенностей изучаемой территории, включая стратиграфию и литологию горных пород, древнюю и новейшую тектонику, современные тектонические движения, рельеф поверхности. Некоторые авторы без достаточных на то оснований к литогенной основе ландшафта относят его гидрогеологические особенности.

Важное значение литогенной основы в дифференциации ландшафтной сферы общепризнано. Более того, у части исследователей наметилась явная тенденция к переоценке литогенной основы, стремление видеть в ней всегда и во всем ведущий фактор формирования ландшафтных комплексов, рассматривать становление и функционирование литогенной основы как автономный процесс, независимый от самого ландшафта. Выдвинута даже идея о литогенной основе как наиболее «сильном» компоненте ландшафта

(Н. А. Солнцев, 1960). Но так ли уж «сильна» и автономна, т. е. независима от других компонентов ландшафта, литогенная основа?

Литогенная основа как равнозначный компонент ландшафта. Может показаться парадоксальным, но это действительно так: *литогенная основа — производное в такой же мере гидроклиматических и биотических компонентов ландшафта, как и горных пород.*

Под влиянием гидроклиматических и биотических компонентов происходит *выветривание* горных пород. Плотные магматические, метаморфические и осадочные породы разбиваются трещинами, распадаются сначала на крупные обломки, затем на мелкозернистый и глинистый материал; горные породы в результате выветривания меняют не только физические, но и химические свойства, так как с помощью водных растворов выносятся одни элементы и их соединения и возрастает концентрация других. Так образуется на материнских горных породах *кора выветривания*, венчающаяся на поверхности почвой.

Различают физическое, химическое и органическое *выветривание*. Но это скорее не разные виды выветривания, а разные стороны единого процесса — *подземного звена малого географического круговорота*, протекающего в рамках ландшафтной сферы. *Надземное* звено малого географического круговорота составляет биостром со свойственным ему процессом фотосинтеза, накоплением и разложением органического вещества.

Снизу вверх в коре выветривания заметны четыре *вертикальные зоны: монолитная* (скрытотрещиноватая); *глыбовая* с наличием трещин выветривания; зернистая, или *мелкообломочная; тонкого дробления,* или *глинистая* с преобладанием вторичных минералов.

В процессе формирования кора выветривания проходит четыре *стадии развития*: 1) накопления продуктов грубого механического разрушения с преобладанием физического выветривания; 2) обызвествования и выноса легкорастворимых компонентов (серы и хлора); 3) образования остаточных глин (каолинов) и выноса кальция, калия и магния; 4) образования латеритов, сопровождающуюся накоплением оксидов железа, алюминия, кремния. Латерит красной окраски этим и оправдывает свое название (от лат. later — кирпич). В верхней части латеритная кора переходит в латеритную корку, настолько плотную, что она получила название *железного панциря* и *кирасы*. Латеритная корка, подобно броне, предохраняет поверхность от размыва и затрудняет сельскохозяйственное использование земель.

Лучше всего кора выветривания развита на тектонически спокойных платформенных равнинах. Мощность и степень развития ее, как это ни покажется странным, обнаруживает те же географические закономерности, что и биостром, в частности его общая биомасса и растительный опад (рис. 39). Это наглядное подтверждение основополагающего геохимического закона В. И. Вернадского: миграция химических элементов в географической оболочке

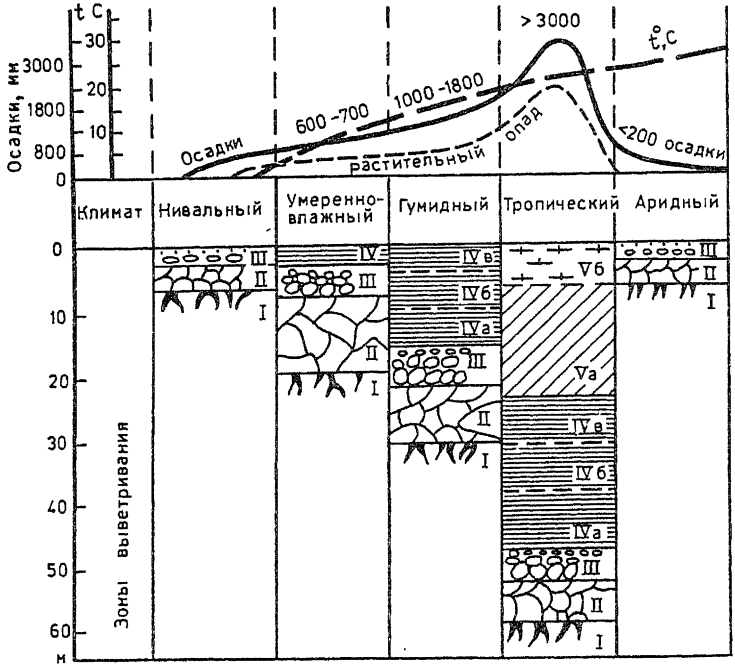


Рис. 39. Принципиальная схема строения кор выветривания в различных климатических зонах (В. В. Ершов, А. А. Новиков, Г. Б. Попова, 1986)

Зоны выветривания: I — монолитная (скрытотрещиноватая); *II* — глыбовая; *III* — зернистая или мелкообломочная; *IVа — IVв* — глинистая; *V* — латеритная, с подзонами: *Va* — красноземов, *Vб* — кирасс

(биосфере) осуществляется при непосредственном или косвенном участии живого вещества (А. И. Перельман, 1975).

Максимальной мощности — 40—60 м и более — достигает *латеритная кора выветривания* под влажными тропическими и субтропическими лесами. Равно небольшую мощность имеет кора выветривания в пустынях различных широт и в полярных поясах с нивальным климатом (от лат. nivalis — снежный, холодный). И там и здесь преобладает физическое выветривание, а развитие коры не идет дальше формирования крупных глыб, щебня и песка.

Одновременно с изменением вещественного состава и физико-химических свойств горных пород выветривание создает самые разнообразные мезо- и микроформы рельефа, получившего название *скульптурного*. Формами скульптурного рельефа являются долины рек и балки, степные блюдца, котловины выдувания и песчаные барханы, «каменные реки» на склонах гор и «каменные города» — скалы причудливых форм в пустынях. В формировании скульптурного рельефа ведущую роль играет климат. В геоморфологии сложился

особый раздел, занимающийся изучением рельефообразования под воздействием климата, — *климатическая геоморфология*. Как и климат, скульптурный рельеф обнаруживает четкую географическую зональность. Морфоскульптурные зоны не всегда совпадают с современными климатическими зонами, что не вызывает удивления, так как рельеф обладает повышенной консервативностью и его формы могут длительное время сохраняться, несмотря на изменение климатических условий (русла и долины ныне высохших рек).

Но в формировании скульптурного рельефа и морфологических зон принимает участие не один климат, но и биота. В геоморфологической литературе существует явная недооценка ее как геоморфологического фактора. В учебных руководствах нет разделов, в которых бы рассматривалось рельефообразующее значение растительности и животного мира. Исключение составляют сведения о коралловых постройках в тропических морях — береговых рифах и атоллах, иногда упоминаются термитники и байбачины.

Сам по себе круг форм рельефа, обязанных своим возникновением биоте ландшафта, мог бы быть значительно расширен. Приведем несколько примеров. На малых реках лесных зон Северной Америки в структуре пойм явственно прослеживаются следы бобровых плотин и зон седиментации выше их. В пустынях Средней и Центральной Азии в местах неглубокого залегания грунтовых вод распространены кучевые пески, состоящие из куполообразных скоплений песка вокруг кустарников и деревьев. В зависимости от того, какие растения принимают участие в образовании кучевых песков, различают тамарисковые, чиевые, камышевые, саксауловые и другие пески (В. А. Обручев, 1913).

Велико воздействие роющей деятельности грызунов на литогенную основу ландшафтов в зоне степей и полупустынь. Характерный для них бугорково-западинный микрорельеф обязан роющей деятельности сурков и сусликов. Норы грызунов и западины, перехватывая атмосферные осадки, сводят до минимума поверхностный сток и тем самым препятствуют эрозионному размыву поверхности.

Главная рельефообразующая роль биоты, в частности растительности, заключается не в формах, создаваемых ею. Развитый растительный покров напоминает изоляционную ленту, предохраняющую литогенную основу от ветровой и водной эрозии. В районах древней ледниковой аккумуляции на Русской равнине или в Западной Сибири консервантом холмистого рельефа служит лесолуговая и мохово-кустарниковая тундровая растительность, предохраняющая ледниковые формы рельефа от размыва. Не будь растительного покрова, вода и ветер давно сровняли бы моренные холмы и гряды и взбугрили ровную поверхность зандровых полей. Уничтожение растительного покрова вследствие распашки, пастьбы скота, прокладки дорог и в силу многих причин в степях, тайге и тундре в равной мере вызывает образование оврагов в сугли-

нистых грунтах и бугристо-дюнного рельефа в песчаных грунтах. Овраги бедленд на месте спокойного долинного склона, развеваемые бугры вместо ровной песчаной степи в долине Среднего и Нижнего Дона, яреи (котловины выдувания), возникающие на глазах человека в Большеземельской и Малоземельской тундрах, — вот немногие примеры тех форм рельефа, которые возникают, когда литогенная основа лишается растительного покрова.

Консервирующая рельеф особенность растительного покрова давно уже используется человеком в прикладных целях. Это противоэрозионные севообороты, залужение и облесение оврагов, балок и склонов речных долин, закрепление песков древесно-кустарниковыми породами (сосна, шелюга и др). И всюду с целью сохранения целостности растительного покрова нуждается в строгом регулировании пастьба скота.

Редки, но все же наблюдаются, явления, когда развитый растительный покров не ослабляет, а усиливает интенсивность рельефообразования. Так в лесу наблюдается активизация карстовых процессов, вызванная повышенной кислотностью, а следовательно и растворимостью, почвенно-грунтовых вод.

Сказанное о литогенной основе, ее зависимости от гидроклиматического и биоклиматического факторов убеждает в том, что она не самый «сильный», а лишь один из компонентов ландшафта, равнозначный другим. Впервые мысль о *равнозначности ландшафтообразующих факторов* была высказана В. В. Докучаевым применительно к почве в конце XIX столетия. Почва, по мнению В. В. Докучаева (1899), представляет результат, функцию совокупной взаимной деятельности следующих агентов-почвообразователей: климата данной местности, ее растительных и животных организмов, рельефа и возраста страны или абсолютной ее высоты, наконец, подпочвы (т. е. грунтовых материнских горных пород). Все эти агенты-почвообразователи равнозначащие величины и принимают равномерное участие в образовании нормальной почвы — почвы, находящейся in situ. Позднее принцип равнозначности факторов лег в основу учения Л. С. Берга о географическом ландшафте. Он образно сравнивал ландшафт с неким организмом, в котором части обусловливают целое, а целое — части, и нельзя изменить какую-либо часть ландшафта, не изменив ландшафт в целом (Л. С. Берг, 1947).

Литогенная основа и региональные ландшафтные комплексы. Уже в первых отечественных опытах физико-географического районирования геологическое строение и рельеф рассматривались как важный фактор дифференциации ландшафтов земной поверхности. С геологического строения и рельефа начинает характеристику полос и отдельных регионов Оренбургского края Э. А. Эверсман (1840). Р. Траутфеттер (1851), хотя свои округа Европейской России и именует растительно-географическими, описание их начинает также с геологического строения.

Ф. Кеппен (1885), приступая к разделению Европейской России на «древесно-растительные области», представляет его как «основанное преимущественно на геологических условиях страны». Однако он учитывает не все особенности геологического строения и развития территории, а лишь новейший этап, ограниченный ледниковой эпохой и плиоценом.

Г. И. Танфильев (1897), несмотря на свою узкую специализацию ботанико-географа, в основу разделения Европейской России на крупные физико-географические области положил почвенно-геологический метод. Рубежом, разделяющим Северную и Южную области, он предложил считать северную границу распространения лёсса. Третья область — Арало-Каспийская солонцеватая пустыня — обособляется по новейшим морским осадкам и отсутствию черноземов.

Близкие взгляды на районирование Европейской России развивал А. А. Крубер (1907). Схема Г. И. Танфильева у него дополнена еще одной областью, выделенной на геолого-геоморфологической основе, — Финляндско-Кольским кристаллическим массивом.

И все же в этих работах по физико-географическому районированию хорошо прослеживается стремление учитывать при выделении более мелких регионов весь комплекс физико-географических условий — литогенную основу в сочетании с зональными факторами. От этого принципа отступил В. П. Семенов-Тян-Шанский (1915), положивший в основу разделения Европейской России на географические пояса и местности одни геолого-геоморфологические различия.

Его поддержали не многие геологи — П. А. Тутковский, Б. Л. Личков. Географы же при районировании территории пошли по пути внимательного анализа всех факторов дифференциации ландшафтов — литогенной основы, гидроклиматического звена и биоты. Этот подход был четко намечен С. С. Неуструевым (1918) в его классической работе о естественных районах Оренбургской губернии.

Прошло много лет, и получившие негативную оценку взгляды В. П. Семенова-Тян-Шанского, П. А. Тутковского и Б. Л. Личкова о ведущей роли литогенной основы в обособлении региональных комплексов были возрождены Н. А. Солнцевым. По его мнению, «*главной причиной*, определяющей обособление и дальнейшее формирование физико-географических единиц, *всегда является геолого-геоморфологическая основа*» (курсив мой. — *Ф. М.*) [1]. Природную зону даже в узком смысле (зональная область) он не считает единицей физико-географического районирования только на том основании, что она не одинакова в геолого-геоморфологическом отношении.

---

[1] *Солнцев Н. А.* О некоторых принципиальных вопросах проблемы физико-географического районирования//Науч. докл. высш. шк. Геол.-геогр. науки, 1958. № 2. С. 12.

Литогенная основа играет очень большую роль в обособлении региональных единиц. Но считать ее ведущим фактором во всех случаях при выделении комплексов любого таксономического ранга, — это значит превращать ландшафтное районирование в частное (отраслевое), точнее, в геолого-геоморфологическое. Если все же принять тезис о едином ведущем факторе для всей таксономической системы региональных единиц, то почему не считать таковым почву, это, по В. В. Докучаеву, яркое и вполне правдивое зеркало и одновременно — произведение ландшафта. Но и в этом случае мы имели бы не комплексное географическое, а почвенное районирование.

Все региональные ландшафтные комплексы в равной мере несут на себе воздействие литогенного, биотического и гидроклиматического факторов. И все они должны приниматься во внимание при выделении региональных комплексов любого таксономического уровня.

Литогенная основа и типологические ландшафтные комплексы. Не вызывает сомнения очень большая роль литогенной основы в обособлении *урочищ*. Но в самом содержании и типологии их остаются темные места, нуждающиеся в доработке и разъяснении. Неясна, например, типология конкретных урочищ, какое содержание мы вкладываем в *тип* урочища. Чтобы проиллюстрировать неблагополучие в этом вопросе, сошлемся на примеры — урочища балок и урочища степных западин. Ни у кого не вызывает сомнений, что балки — это характерный тип урочищ Черноземного Центра. Одновременно все согласны с тем, что таким же характерным типом урочищ Черноземного Центра являются байрачные леса. Но ведь урочища байрачного леса есть не что иное, как облесенная балка. Создается впечатление, что здесь допущена ошибка — объединены разные типы урочищ в один. Степные западины (блюдца) также характерный тип урочища Черноземного Центра, но наряду с этим в качестве самостоятельных типов урочищ принято различать окладины, ивовые кусты, осиновые кусты, которые представляют также степные западины.

Ясность с типологией урочищ тем более необходима, что эти ландшафтные комплексы отличаются большим разнообразием и даже на ограниченной территории встречаются, как правило, десятки их типов. Напрашивается аналогия между типологией урочищ и систематикой в биологии. Подобно тому, как каждое конкретное растение (животное) мы определяем через его принадлежность к семейству, роду, виду, так и каждое конкретное урочище должно быть выделено в систематике урочищ. Любой тип урочища представляет обособленное *семейство урочищ*, состоящее из родов и видов. Род определяется или по морфологическому признаку, отражающему литогенную основу, или по почвенному в случае однородности литогенной основы, вид — по характеру растительности. Например, определим систематику балочного урочища. Семейство — балки. Роды: суходол в известняках, лощина в юрских глинах, цир-

ковидная балка в мелу. Виды: лесная цирковидная балка в мелу, степная цирковидная балка в мелу с иссопниками.

Следовательно, употребляя термины «балка», «цирковидная балка в мелу», «лесная цирковидная балка в мелу», мы имеем в виду один и тот же тип балочного урочища, но с признаками различной детализации от семейства до вида.

Литогенная основа и типы местности. В формировании типов местности, как и урочищ, ведущая роль на уровне семейства и рода принадлежит геолого-геоморфологическому и гидрологическому факторам. Это видно из названий типов местности: пойменный, надпойменно-террасовый, склоновый (приречный), плакорный, междуречный недренированный, останцово-водораздельный. Биота решающее значение начинает играть лишь на уровне видов местности, так как один и тот же тип местности может нести различный растительный покров.

Литогенная основа и типы ландшафта. Подчиненная роль литогенной основы в формировании типов ландшафта вытекает из сущности последних как системы комплексов, формирующихся в условиях определенного соотношения тепла и влаги. Но, будучи климатогенными по своей природе, типы ландшафта в своем географическом распространении обнаруживают замечательную связь с литогенной основой. Орография — один из элементов литогенной основы — определяет прерывистый ареал типов ландшафта — от крупных контуров в виде природных зон до мелких островных пятен, вкрапленных в другие зоны или горные страны.

Классы ландшафтов, о которых говорилось ранее (равнинный, горный, предгорный, межгорно-котловинный), являются прямым производным литогенной основы — орографии земной поверхности.

Таким образом, литогенная основа — один из важнейших факторов дифференциации ландшафтной сферы. Особенно велико ее значение в формировании классов ландшафтов, типовых структур и родовых признаков у урочищ и местностей. Вместе с тем она не автономное образование, а производное ландшафта, и недооценка этого обстоятельства в ландшафтоведении не менее опасна, чем переоценка литогенной основы в становлении природно-территориальных комплексов.

ГЕНЕЗИС И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Понятие генезиса — одно из наиболее распространенных в советском ландшафтоведении. Генетический принцип — основной принцип физико-географического районирования. Определение географического ландшафта, принадлежащее Н. А. Солнцеву (1948), начинается с утверждения его генетической однородности. Между тем содержание этого термина до сих пор остается неопределенным (Ф. Н. Мильков, 1955; А. Г. Исаченко, 1956).

Неопределенность трактовки понятия «генезис» породила у части исследователей критическое отношение к нему, поставив под сомнение целесообразность использования в определении географического ландшафта (П. С. Макеев, 1951) и при физико-географическом районировании (Д. Л. Арманд, 1952). По той же причине В. Н. Сукачев и Н. В. Дылис (1964) вынуждены были отказаться от него при определении биогеоценоза. В. И. Прокаев (1973) предлагает говорить не о генетическом принципе, а о генетическом подходе при районировании. Генетический подход в его представлении — неотъемлемая составная часть всех принципов районирования.

А. Е. Федина отмечает: «Многие исследователи считают необходимым учитывать генезис, возраст региональных физико-географических единиц. Но пока ни один из исследователей не ответил на вопрос, что понимать под генезисом комплекса, с какого момента считать возраст обособления и историю развития физико-географических единиц» [1].

В ландшафтоведении понятие генезиса принято отождествлять с историей развития комплексов. В. Б. Сочава (1963) утверждает, что генезис ландшафта — это все аспекты истории его развития и происходящих при этом трансформаций до становления современной структуры — времени, с которого начинает исчисляться возраст ландшафта. Законченное выражение эта мысль находит у А. Г. Исаченко (1965), признающего термины «генетический принцип» и «исторический принцип» в районировании синонимами. Не отличает генезис ландшафтных комплексов от истории их развития и Н. А. Гвоздецкий (1979).

Смешение этих двух понятий, подмена генезиса историей развития и являются причинами слабой разработанности проблемы генезиса в ландшафтоведении. Между тем генезис ландшафта — *это способ возникновения ландшафтного комплекса, обусловленный определенным видом процессов и факторов*. В соответствии с таким определением в отделе наземных ландшафтов различаются следующие генетические ряды и группы комплексов.

I. **Климатогенный ряд ландшафтов.** Типичный пример — муссонные, а также некоторые барьерные ландшафты (например, влажные субтропические ландшафты Колхиды и Ленкорани). С известными оговорками климатогенными являются все зональные типы ландшафта (тундровый, таежный, лесостепной, степной, пустынный и т. п.). Оговорки вызваны тем, что зональные типы ландшафта проявляются лишь в условиях равнинного рельефа, обусловленного рядом причин, в первую очередь тектоникой.

II. **Тектогенный ряд ландшафтов.** Ландшафты этого ряда разнообразны. Тектогенную природу имеют материки и океаны, многие классы ландшафтов: горных, равнинных, ультраабиссальных (глу-

[1] *Федина А. Е.* Физико-географическое районирование. — М., 1973. С. 79.

боководные желоба), межгорных котловин и др. Тектогенные комплексы легко прослеживаются на уровне урочищ и ландшафтных участков. Наиболее выразительные из них — соляные купола Прикаспийской низменности.

III. **Вулканогенный ряд ландшафтов** — это горы и холмы вулканического происхождения, кратеры, маары, лавовые покровы и плато; очевидно, в этот же ряд следует включать гейзеры и грязевые вулканы (псевдовулканы). Ландшафты в районах активной вулканической деятельности этого ряда характеризуются усиленной разнонаправленной геохимической миграцией вещества и притоком значительных масс эндогенного тепла.

IV. **Ряд ландшафтов флювиального происхождения.** Распространены очень широко, подразделяются на две группы: 1) эрозионных ландшафтов (долинные, балочные, овражные); 2) аккумулятивных ландшафтов (озерно-аллювиальные равнины, дельты, конусы выноса).

V. **Ряд криогенных ландшафтов** связан с мерзлотными процессами: аласы и воронки и термокарстового происхождения, гидролакколиты, наледи, каменные многоугольники и кольца.

VI. **Ряд эоловых ландшафтов** представлен группами: 1) аккумулятивной эоловой — дюны, гряды, барханы, барханные цепи; 2) дефляционной — межгрядовые понижения и котловины, ячеи, ниши.

VII. **Ряд нивально-гляциальных ландшафтов,** развитые в местах современных и древних оледенений, образован двумя группами: 1) нивальной (ниши и цирки); 2) гляциальной (бараньи лбы, кары, троги, моренные ландшафты, камы, озы, зандровые поля). Несмотря на четкую обособленность в природе, ландшафты нивально-гляциального ряда недостаточно изучены, они хорошо известны как формы рельефа, а не ландшафтные комплексы.

VIII. **Ряд гидрогенных ландшафтов** — наземные комплексы, формирующиеся под воздействием близкозалегающих грунтовых вод, иногда с временным поверхностным затоплением: болота, солонцово-солончаковые западинные комплексы, солоди с осиновыми кустами, ивняками, осоковыми кочкарниками.

IX. **Ряд литогенных (петрогенных) ландшафтов** — комплексы, в формировании которых определяющую роль играет литология выходящих на поверхность горных пород (карстовые ландшафты, урочища иссопников и тимьянников на писчем мелу и т. п.).

X. **Ряд гидродинамических ландшафтов** — ландшафтные комплексы побережий рек, озер, морей. Здесь обособляются две группы комплексов: 1) абразионно-эрозионная (террасы, уступы, ниши, обрывы, ложбины); 2) аккумулятивная (валы, косы, бары, террасы).

XI. **Ряд биогенных ландшафтов** — комплексы, связанные с жизнедеятельностью растительных и животных организмов. Круг их достаточно широк — это атоллы и барьерные рифы, байбачины, растительные кочки, бобровые пруды на речках, зверовые солонцы,

луговые поляны в тайге с травостоем, сильно выбитым дикими копытными, приходящими сюда в поисках соли.

Своеобразные ландшафтные комплексы в тропических странах создают термиты. В африканских саваннах «плотность» термитников 80—85 на га, в тропических лесах — в десять раз больше. Высота от 2 до 12 м, диаметр основания 4—35 м, объем от 80 до 800 м³. Они настолько плотны, что разрушить их удается только с помощью взрывчатки. Термитники приурочены к линиям тектонических нарушений и зонам повышенной трещиноватости, где грунт разрыхлен и более удобен для строительства термитника, глубина которого 0,5—1,8 м (И. Г. Бондырев, 1985).

XII. **Ряд антропогенных ландшафтов** — комплексы, созданные человеком.

Закономерен вопрос об отношении генетических рядов к региональным и типологическим ландшафтным комплексам. Некоторые таксономические градации региональных единиц могут рассматриваться как комплексы одного генетического ряда. Это физико-географические страны, имеющие тектоническую природу, физико-географические зоны, климатогенные в своей основе, что нельзя сказать о физико-географических провинциях и районах.

Конкретные физико-географические провинции и районы имеют различное происхождение — тектогенное, гидрогенное (районы с повышенной заболоченностью или засоленностью почв), литогенное, флювиальное (районы крупных речных пойм) и др. Кроме того, известны случаи, когда некоторые провинции или районы вообще невозможно отнести к какому-либо одному генетическому ряду и они имеют «смешанное», или полигенное, происхождение. Трудно, например, установить принадлежность к тому или иному генетическому ряду таких лесостепных физико-географических районов Черноземного Центра, как Верхнеокский, Суджанский, Тимский, Калитвенский. Из 19 физико-географических районов этого крупного региона лишь 7 имеют определенный генезис.

В связи с этим неудивительно, что генетический принцип остается простой декларацией, не подкрепленной практикой физико-географического районирования. В многочисленных монографиях последних лет по физико-географическому районированию отсутствуют общие сведения о генезисе выделенных и охарактеризованных провинций и районов.

Генетический принцип в физико-географическом районировании имеет не универсальное, а ограниченное применение, главным образом при выделении стран и зон, в отдельных случаях — при обосновании провинций и районов.

Универсальное значение в физико-географическом районировании приобретает исторический принцип, заключающийся в общности развития территории выделяемого региона. Любая территория независимо от способа возникновения вследствие различных — внутренних и внешних — причин испытывает непрерывный процесс развития,

сопровождающийся перестройкой ее структурных частей. И если процесс развития будет существенно различаться в разных частях территории, здесь, на одной генетической основе, произойдет обособление нескольких физико-географических регионов. История развития региона находит свое выражение в современной структуре. Вот почему следует признать справедливость утверждения А. А. Григорьева (1951), что общность развития территории должна лежать в основе выделения всех региональных единиц различного таксономического ранга.

Исторический принцип в отличие от генетического широко используется в работах по физико-географическому районированию. Если генезис ландшафтных комплексов сводится к немногим типам (рядам), то история развития комплексов строго индивидуальна. Нет двух провинций, районов, двух конкретных местностей и урочищ, которые бы имели одну и ту же историю развития. История развития ландшафтного комплекса — это его палеогеография. У многих комплексов она развертывается в рамках времени, длительного даже по геологическим масштабам. Отобрать, выявить факты прошлого, важные для понимания фактов современных, — задача не из простых.

Неоднозначно и решение вопроса *о соотношении генетических рядов и групп ландшафтных комплексов с типологическими единицами.* Нет сомнения, что *морфологические взаимосвязи составляют организующее начало всех типологических единиц как типов, которые в одних случаях характеризуются генетическим единством, в других — нет.* Рассмотрим это на примере типов урочищ и классов ландшафтов.

Распространенный в лесостепи и степях тип урочищ степных западин, характеризующийся единством морфологии, представлен западинами самого различного генезиса: суффозионно-просадочного, карстового, эолового, биогенного. Таким образом, тип урочищ степных западин лишен генетического единства, хотя каждая конкретная западина имеет строго определенный генезис. Наряду с этим в тех же зонах есть типы урочищ, принадлежащие к одному генетическому ряду и даже одной группе. Например, балки типа суходолов и овраги принадлежат к одной эрозионной генетической группе флювиальных ландшафтов.

Многие классы ландшафтов (горный, межгорно-котлованный, ультраабиссальный и др.) относятся к одному, тектогенному, ряду. В то же время класс озерных ландшафтов земноводного отдела крайне разнороден по генезису. Озера не только удаленных, но даже смежных районов могут иметь тектогенное, вулканогенное, литогенное (карстовые озера), криогенное, биогенное происхождения.

Выясним *значение понятия «генезис и генетические ряды» комплексов для целей ландшафтных исследований.*

Знание генезиса ландшафтного комплекса помогает полнее и

лучше восстановить его историю развития, глубже понять причины и факторы формирования его современной структуры, необходимой для составления ландшафтно-географических прогнозов. Практическое значение последних трудно переоценить.

Ландшафты каждого генетического ряда обладают некоторыми общими специфическими чертами, определяемыми как способом их возникновения, так и последующим ходом развития, что позволяет ставить вопрос о необходимости изучения ландшафтных комплексов не только по их категориям (региональные, типологические и парагенетические единицы), но и по генетическим рядам. Большое значение при этом приобретает изучение антропогенных ландшафтов.

Парагенетические ландшафты (от греч. para — возле, рядом, genesis—рождение) — *системы смежных, активно взаимодействующих комплексов, обладающих общностью происхождения.* Под общностью происхождения подразумевается одновременное или последовательное в ходе развития возникновение взаимосвязанных комплексов под воздействием определенного вида процессов и факторов.

Парагенетические ландшафтные комплексы-системы разномасштабны — от смежных урочищ до материков с океанами. Простейший пример парагенетического комплекса — *овражно-балочная система* в лесостепной и степной зонах. Она состоит из 4—5 урочищ: ложбина стока — лощина — балка — боковые и донные овраги — конус выноса. Все эти урочища, несмотря на резкие морфологические различия и местонахождение на разных типах местности (склоновый, плакорный, пойменный), тесно связаны между собой на основе общей истории развития и происхождения.

В тайге прекрасными образцами сложных парагенетических комплексов урочищ служат *сфагновые выпуклые болота.* Почти у всех у них есть пониженная краевая топь, заросшая мохово-травяной и древесной растительностью болот низинного и переходного типа. Склоны и вершина моховика — типичное сфагновое болото с кустарничками и болотными формами сосны. В случае значительных размеров такого болота на его плоской поверхности развивается грядово-мочажинный комплекс, переходящий иногда в озерково-мочажинный. В итоге перед нами целая серия на первый взгляд совершенно разнородных урочищ: осоково-гипновое или даже черноольховое болото; сосновый бор на дренированных участках сфагнового болота; гряды со сфагново-лишайниковым покровом и низкорослой болотной сосной; сырые мочажины; озера с коричневой водой в торфянистых берегах. В действительности это все звенья единой неразрывной цепи, возникшие в результате развития верхового болота на месте существовавшего ранее низинного болота, озера или просто заболоченного леса.

Грядово-мочажинный болотный комплекс, как и овражно-балочные системы, представляет парагенетический ландшафт *топологического* (местного) уровня.

Горы и сопровождающие их предгорные равнины — пример па-

рагенетических ландшафтов *регионального уровня*. Они теснейшим образом связаны между собой в своей тектонической жизни, перераспределении вещественного состава, циркуляции воздушных масс и влагооборота, генезисе флоры и фауны. Подобное парагенетическое единство гор и равнин прекрасно выражено на территории Средней Азии и Кавказа. Не случайно равнины Предкавказья и северный склон Большого Кавказа получили единое географическое название — Северный Кавказ.

К топологическому и региональному уровням парагенетических ландшафтных систем относятся *речные долины*. Каждая развитая речная долина состоит из крайне разнородных комплексов — русла реки, поймы, надпойменных террас, коренных склонов. Но все они лишь структурные части единого целого — долинно-речной парагенетической системы — и обязаны своим возникновением эрозионно-аккумулятивной деятельности реки.

Наконец, материки и океаны образуют парагенетические системы *глобального уровня*, которые называют *мегасистемами* (Ф. Н. Мильков, 1981). На территории СССР их две: Атлантико-Евроазиатская и Дальневосточно-Тихоокеанская.

Все смежные ландшафтные комплексы, входящие в парагенетическую систему, выступают по отношению друг к другу как контрастные среды, взаимодействующие между собой путем обмена веществом и энергией. И чем контрастнее ее члены, чем выше неоднородность, тем интенсивнее обменные процессы — связующее начало парагенетических систем. И в этом принципиальное отличие их от региональных и типологических комплексов, выделение которых опирается на принцип относительной однородности слагающих их частей.

Изучение парагенетических ландшафтов имеет большое прикладное значение. Любые хозяйственные мероприятия в какой-либо одной структурной части окажутся эффективными только при условии учета физико-географических процессов, протекающих во всех остальных звеньях системы.

ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТА И МАЛЫЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ

Трудами В. И. Вернадского и Б. Б. Полынова, их учеников — М. А. Глазовской, В. В. Добровольского, Л. И. Лукашова, А. И. Перельмана и многих других — в середине текущего столетия были заложены основы новой науки — *геохимии ландшафта*. Законы общей геохимии в ней преломлены применительно к ландшафтной сфере Земли. Геохимия ландшафта — это наука о химическом составе компонентов ландшафта и процессах миграции химических элементов, связывающих их компоненты в природно-территориальные комплексы и определяющих индивидуальность последних.

Миграция химических элементов в ландшафтной сфере осуществляется с помощью синтеза и разложения, накопления и выноса вещества. Характер миграции химических элементов, приводящей к высокому содержанию в ландшафте одних из них и низкому — других, определяется свойствами «исходного материала» в виде коры выветривания и подстилающих их материнских горных пород; степенью развития наземного и подземного биострома, этого, по словам В. И. Вернадского (1926), великого постоянного и непрерывного нарушителя химической косности нашей Земли; величиной увлажнения или обводнения почвы, глубиной залегания, обилием и динамикой грунтовых вод.

Геохимия ландшафта раскрывает скрытую, наиболее глубинную сторону *малого географического круговорота вещества и энергии.* Понятие малого географического круговорота еще недостаточно разработано в физической географии. В общем виде его можно представить в виде многоструйного не вполне замкнутого кругового потока, состоящего из поступающего и излучаемого тепла, биологического круговорота химических элементов, малого круговорота воды (осадки — испарение, наземный и подземный сток и приток), эоловой миграции — привноса и выноса — минерального вещества. Неполная замкнутость малого географического круговорота легко объяснима — он часть большого географического круговорота, частица ландшафтной сферы, неотделимой от географической оболочки в целом.

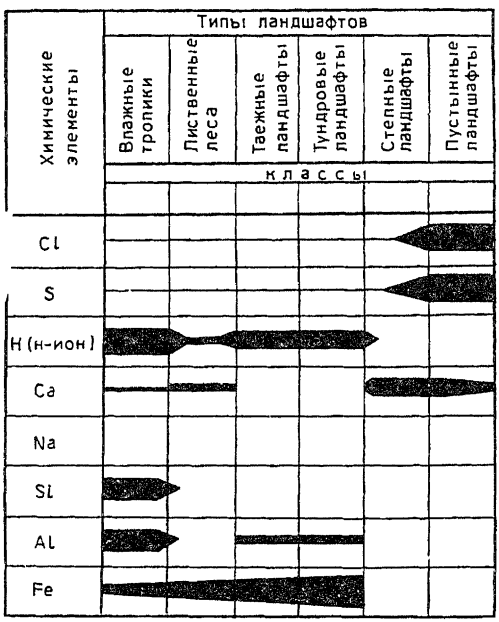


Рис. 40. Типоморфные химические элементы важнейших ландшафтов (по А. И. Перельману, 1961)

Элементы, активно мигрирующие в водах данного ландшафта, во многом определяющие его специфические особенности, получили название *типоморфных.* Так, типоморфными в тундре и тайге являются железо и ионы водорода, в степях — кальций, пустынях — хлор и сера (рис. 40).

Широкое признание и значительные успехи, достигнутые геохимией ландшафта за короткий срок, объясняются ее

большим прикладным значением. Она нашла применение в поисках полезных ископаемых, охране окружающей среды, медицинской географии, проектировании оптимальных ландшафтов.

ВАРИАНТ И ИНВАРИАНТ ЛАНДШАФТА

Вариант ландшафта. Термин «вариант», или «вариация ландшафта», не имеет широкого распространения. Между тем необходимость в нем существует, поскольку варианты ландшафта реально существуют в природе. Слово «вариант», латинское по происхождению, в русском языке имеет разное смысловое значение. Наиболее распространенное из них — «вообще видоизменение, разновидность» (Ушаков Д. Н., 1935, с. 226). Исходя из этого любой ландшафтный комплекс, региональный или типологический, в своем конкретном проявлении представляет вариант, отклонение от среднего — обобщенного — типа. Варианты по факторам, их обусловливающим, *делятся на климатические, высотно-геоморфологические и петрографические.* Познакомимся с ними на примере *зонального типа ландшафта.*

Климатические варианты зонального типа ландшафта вызваны различиями в условиях увлажнения и представлены двумя видами: *влажным* и *сухим.* Климатическими вариантами в равной мере являются дубовая лесостепь Русской равнины (влажный вариант) и березовая лесостепь Западной Сибири (сухой вариант), еловая тайга Русской равнины (влажный вариант) и лиственничная тайга Средней Сибири (сухой вариант).

Высотно-геоморфологические варианты зонального типа ландшафта — проявление вертикальной дифференциации ландшафтов. Они представлены двумя основными видами: *возвышенным* и *низменным.* Очень часто эти два варианта одного и того же зонального типа ландшафта оказываются исключительно контрастными по своей структуре, продуктивности, интенсивности протекающих физико-географических процессов. Достаточно сопоставить расположенные рядом, но так непохожие друг на друга, Приднепровскую возвышенность и Приднепровскую низменность или Среднерусскую возвышенность и Окско-Донскую равнину, чтобы убедиться в реальности высотно-геоморфологических вариантов лесостепного типа ландшафта.

Большим разнообразием отличаются *петрографические варианты зонального типа ландшафта,* обусловленные различиями в механическом составе грунтов. Под воздействием определенной горной породы находятся все типы местности, включая плакорный, наиболее полно отражающий зональные черты, и все компоненты ландшафта — прежде всего рельеф, затем особенности грунтовых и стоковых вод, почв, растительности и животного мира. Менее всего под воздействием горной породы находится климат, но некоторые отклонения в микроклимате, например температурном режиме почв,

вызванные темным или светлым цветом породы, можно обнаружить. Подобные петрогенные отклонения почвенного и припочвенного микроклимата становятся достаточно заметными на неразвитых и эродированных почвах с близким залеганием от поверхности материнских пород.

Воздействие горных пород не ограничивается модификацией существующих типов местности, но нередко ведет к формированию специфических типов местности. Так, на юге Среднерусской возвышенности, на границе Воронежской и Ростовской областей, появление плотных палеогеновых песчаников в разрезах сопровождается развитием *останцово-водораздельного типа местности,* неизвестного в других районах этой возвышенности.

Из петрографических вариантов наиболее распространены песчаный, лёссовый, карбонатно-глинистый, песчаниковый, известково-карстовый, карстово-меловой, массивно-кристаллический. Большинство комплексов петрографического варианта принадлежит к типу так называемых азонально-зональных ландшафтов: сосновые боры на песках и гранитах встречаются от северной тайги до степей включительно; карстово-меловые и известняково-карстовые ландшафты, резко отклоняясь от среднего зонального типа, сохраняют ряд существенных общих признаков в самых различных природных зонах.

Климатические, высотно-геоморфологические и петрографические варианты существуют не изолированно друг от друга. Накладываясь друг на друга, они образуют единство, находящее свое выражение в конкретных региональных единицах — физико-географических провинциях и районах. Так, провинция Подольской и Приднепровской возвышенностей представляет единство влажного климатического, возвышенного высотно-геоморфологического и лёссового петрографического вариантов лесостепного зонального типа ландшафта; Полесская провинция — единство климатического, низменного высотно-геоморфологического и песчаного петрографического вариантов зонального типа ландшафта хвойно-широколиственных лесов; провинция Причерноморской низменности — единство влажного климатического, низменного высотно-геоморфологического и лёссового петрографического вариантов степного типа ландшафта.

У *типов местности* легко прослеживаются *высотно-геоморфологические* варианты. Например, один и тот же склоновый тип местности существенно различен на Среднерусской возвышенности и граничащей с ней Окско-Донской равнине. На Среднерусской возвышенности ему свойственны больше, чем на Окско-Донской равнине, колебание относительных высот, большая крутизна склонов и смытость почв, более густая овражно-балочная сеть, более частый выход на поверхность коренных пород. Свои высотно-геоморфологические варианты имеет даже плакорный тип местности — совер-

шенно плоские на Окско-Донской равнине и щитовидные на Среднерусской возвышенности.

Петрографические варианты хорошо выделяются у склонового типа местности. Только на территории Среднерусской лесостепи их три: лёссовый, меловой и известняковый. *Лёссовый вариант* распространен на Окско-Донской равнине и спорадически на Среднерусской возвышенности, нередко он изрезан сетью свежих крутостенных оврагов. *Меловой вариант* охватывает юг Среднерусской и Калачскую возвышенности. Морфологически он выделяется наличием цирковидных балок, куполообразных и шатрообразных останцов и полуостанцов (корвежек), иногда небольших карстовых воронок. Сухость и безводье белого писчего мела и серых мергелей сочетается с наличием у подножия склонов мощных родников типа воклюзов. На меловых склонах — остатки реликтовых сосновых боров, тимьянники и иссопники. *Известняковый вариант* распространен на севере Среднерусской возвышенности. Здесь по склонам речных долин часты обнажения серых девонских известняков с живописными обрывами. Большие площади заняты смытыми каменистыми почвами. По балкам много карстовых воронок, исчезающие речки и родники-воклюзы. Как и меловые склоны, известняковые склоны несут реликтовые группировки растительности с участием таких редких видов, как лапчатка донская (*Potentilla tanaitica*), шиверекия подольская (*Schivereckia podolica*), колокольчик алтайский (*Campanula altaica*), папоротник асплений стенной (*Asplenium ruta muraria*) и мн. др.

Как минимум два варианта наблюдаются у надпойменно-террасового типа местности: песчаный, с остатками боров, и лёссовый с черноземными, сплошь распаханными почвами.

Без учета вариантности трудно понять природу многих *урочищ*. Широкие плоскодонные балки Окско-Донской низменной равнины и крутобокие, местами похожие на ущелья балки Среднерусской возвышенности — простейший пример высотно-геоморфологических вариантов у типов урочищ.

Выше был рассмотрен хорологический аспект проблемы варианта ландшафта, его статика. Динамическую сторону этой же проблемы раскрывает инвариант ландшафта.

Инвариант ландшафта. Еще недавно термин «инвариант» был уделом одной математики. Внедрение понятия «инвариант» в другие науки, в частности в философию и географию, произошло сравнительно недавно. Сейчас этот термин, введенный в географию В. Б. Сочавой, широко используется в ландшафтоведении, но ясности с его содержанием до сих пор нет. Т. П. Куприянова (1983) считает, что современная географическая теория и методология не дают ответа на вопрос, что такое инвариант геосистемы и как его определять.

Определений инварианта ландшафта немного, они настолько общи, что практически мало отличаются от трактовки инварианта

другими науками. Имеющиеся определения инварианта исходят из утверждения, высказанного В. Б. Сочавой (1978), что в основе этого понятия лежит представление о совокупности присущих геосистеме свойств, которые сохраняются неизменными при преобразовании той или иной категории геосистем.

Итак, что же такое инвариант ландшафта не в общем значении этого термина, а применительно к ландшафтному комплексу? Может быть, это характеристики устойчивости географических систем? Но такое определение, не говоря уже о его краткости, мало что дает, так как сама проблема устойчивости геосистем находится в стадии первоначальных разработок и ее отношение к инварианту остается неясным.

Инвариант — это не что иное, как наиболее общие, а поэтому и более устойчивые черты структуры типа ландшафтного комплекса на уровне семейства. Короче, *инвариант ландшафтного комплекса есть его типовая структура.* Инвариантность — одна из качественных сторон ландшафтных комплексов, противоположная вариантности.

Возьмем для примера распространенный на территории лесостепной провинции Среднерусской возвышенности тип урочищ карстовых воронок. Инвариантом этого типа урочищ является его диагностический признак как семейства комплексов — резко выраженная на местности замкнутая отрицательная форма рельефа, имеющая нередко вид правильной конусообразной воронки. Родовые признаки (воронки в писчем мелу, воронки в известняках), как и видовые (облесенная меловая воронка, лугово-степная меловая воронка и т. п.), используются для выделения вариантов этого типа урочищ. Видовые варианты отличаются динамичностью и неустойчивостью.

В процессе функционирования видовые варианты могут сменять друг друга — обнаженная меловая воронка трансформироваться в лугово-степную, а лугово-степная — в лесную, инвариант же при этом (карстовая воронка как таковая) остается неизменным. Но при определенных условиях наблюдается и смена инварианта. В результате заиления карстовая воронка в одном случае может превратиться в озеро, в другом — в неглубокую плоскодонную степную западину. Но эта *смена инварианта означает и смену одного типа урочища другим.*

Инвариант как *типовая структура* легко распознается и в других типах урочищ — степных западин, балок, ровнядей и т. д. Вариантной частью их всюду выступают *видовые структуры.*

Сказанное относительно урочищ справедливо и в отношении *типов местности.* Рассмотрим в качестве примера инвариант плакорного типа местности. Типовую структуру плакорных лесостепных местностей составляет равнинное водораздельное местоположение при относительно глубоком залегании уровня грунтовых вод. Эти типовые признаки сохраняются во всех разнообразных видах лесо-

степных плакорных местностей — лесных, разнотравно-луговых, степных, полевых, пастбищных. Они и представляют инвариант плакорных лесостепных местностей, нарушение которого возможно только при переходе плакорного типа местности в другой — склоновый — в случае прогрессирующего эрозионного расчленения или в междуречный недренированный при подъеме уровня грунтовых вод.

Не будет большой ошибки, если выскажем утверждение, что инвариантом у типов урочищ и типов местности чаще всего выступает литогенная основа. В другом подходе нуждается определение инварианта у типа ландшафта. Литогенная основа, разнородная по составу, входит в вариантную часть типа ландшафта. Инвариантом же типа ландшафта служит радиационный баланс, свойственный данному географическому поясу, в сочетании с определенным балансом тепла и влаги формирующий этот тип ландшафта. Изменение параметров того или другого приводит к смене одного типа ландшафта другим, к ломке ранее существовавшего инварианта. Так, изменение радиационного баланса при сохранении прежних характеристик баланса тепла и влаги повлечет за собой формирование хотя и аналогичного, но, по существу, другого типа ландшафта (например, пустыни умеренного, субтропического и тропического поясов); существенное изменение баланса тепла и влаги при сохранении прежних характеристик радиационного баланса ведет к смене типов ландшафта в пределах одного географического пояса.

Таким образом, термин *инвариант* близок к понятию *тип ландшафтного комплекса и адекватен его типовой структуре*. Инвариант и тип ландшафтного комплекса — понятия близкие, но не идентичные, так как инвариант акцентирует наше внимание на структурную организацию комплекса, его устойчивость, что больше соответствует термину «типовая структура».

Вариант ландшафтного комплекса отражает его родовую и видовую структуру. В такой-то мере понятие варианта связывает типологические единицы с региональными. И хотя каждый вариант — шаг на пути к разрушению инварианта, обособление их происходит и приобретает смысл только в рамках типовой структуры (инварианта).

ДИНАМИКА ЛАНДШАФТА

Динамика — одна из центральных проблем ландшафтоведения, в которой еще многое ждет своего решения. Выше уже была дана краткая характеристика ландшафтного комплекса как пятимерной парадинамической системы. Она была необходима для полного определения ландшафта, которое невозможно дать без введения в него элементов динамики. Но там рассматривался лишь один из видов временно́й динамики — динамика функционирования. Между тем понятие динамики значительно шире. *Динамика ландшафта — это*

функциональные, пространственные и структурные изменения, протекающие в природно-территориальном комплексе. Разнообразие динамических проявлений в ландшафте настолько велико, что возникает необходимость в их типологии.

Хорологическая динамика — это динамика ареала, пространственное изменение границ ландшафтных комплексов. Классический пример хорологической динамики — смещение природных зон. В литературе проблема смещения зон обсуждается уже второе столетие. Начиная с 80-х годов прошлого века к ней обращались Ф. Кеппен, В. В. Докучаев, С. И. Коржинский, Г. И. Танфильев, В. Р. Вильямс, Л. С. Берг, К. К. Марков и другие известные исследователи. Интерес к этой проблеме не иссяк и сейчас.

Практически при изучении любого ландшафтного комплекса приходится сталкиваться и принимать во мнимание проявления хорологической динамики. Непрерывные пространственные изменения претерпевает береговая линия морей, озер и рек, продвигается вперед или отступает кромка ледников; движется вверх к водоразделу незакрепленный овраг; постепенно продвигается на пойму реки овражно-балочный конус выноса; в русле реки смещаются вверх тесно связанные между собой перекаты и плесы.

Хорологическая динамика комплексов поддается количественному выражению и служит предметом изучения в стационарных и полустационарных условиях, а отчасти и во время полевых маршрутов.

Структурная динамика означает изменение морфологического строения ландшафтного комплекса и взаимосвязей между слагающими его структурными частями. Представим себе только что возникшее небольшое завальное озеро в горах или только что заполненный пруд в балке на равнине. Через несколько лет в водоемах появятся отмели и тростниково-камышовые заросли — новые структурные единицы в ранге фаций и урочищ.

В сложном балочном урочище вследствие активизации эрозионных и карстовых процессов образовались короткие боковые овраги и небольшие карстовые воронки. В данном случае балка как тип урочища сохранилась, но изменилась ее морфологическая структура за счет появления новых фаций — боковых оврагов и провальных воронок

Перестройка в структуре иногда бывает настолько значительной, что изменения в ландшафте выходят за рамки внутритиповых и один тип ландшафтного комплекса переходит в другой. Такие межтиповые изменения можно проследить на примере западинных урочищ Окско-Донской равнины. В годы, совпадающие с влажным климатическим циклом, когда повышается уровень грунтовых вод, в степных западинах Окско-Донской равнины часты неглубокие озера с характерной водной растительностью и обилием гнездящейся водоплавающей птицы. В более сухие периоды уровень грунтовых вод понижается, озера превращаются в кочкарные ни-

зинные болота. Те же колебания уровня грунтовых вод вызывают межтиповые структурные изменения на уровне местностей. Периоды подъема грунтовых вод сопровождаются на отдельных участках переходом плакорного типа местности в междуречный недренированный, периоды опускания грунтовых вод — трансформацией междуречного недренированного типа местности в плакорный.

Временна́я динамика и ее виды. Временна́я динамика объединяет изменения в ландшафте, связанные со временем, длительностью и характером ритмичности динамических проявлений. Различают динамику функционирования, циклическую, суточную, сезонную периодическую.

Динамика функционирования — моментальный (время наблюдения) срез процессов обмена веществом и энергией в ландшафтном комплексе. Это своего рода элементарная точка отсчета временно́й динамики ландшафта. Из сопоставления таких срезов времени в различные часы и дни наблюдений складываются наши общие представления о динамике ландшафта. Динамика функционирования ландшафта служит непосредственным объектом изучения физико-географических и биогеоценологических стационаров, метеорологических и стоковых станций.

Циклическая динамика — изменения в ландшафтном комплексе по замкнутому кругу в более или менее строго очерченные отрезки времени. Широко известные проявления циклической динамики — суточные, лунно-суточные и сезонные изменения в ландшафте.

Суточная динамика. Смена дня и ночи влечет за собой изменения в температуре, влажности и движении воздуха на протяжении суток. В наших широтах внутрисуточная смена погоды наглядно прослеживается летом в антициклональных условиях: солнечное и тихое утро — кучевые облака в полдень — грозы с порывами ветра во второй половине дня. Аналогичная картина, только другого масштаба и интенсивности, и притом круглый год, наблюдается в некоторых влажных тропических странах.

Антициклональный тип суточной динамики погодных условий во многом отличен от циклонального типа, когда общий, фронтальный перенос тепла и влаги ослабляет и в сильнейшей степени нарушает суточную ритмику погоды, определяемую не столько сменой дня и ночи, сколько прохождением теплого и холодного фронтов.

Смена освещения и погодных условий определяет суточную динамику биоты ландшафта. У животных в отличие от растений она не ограничивается физиологическими изменениями в организме, но во многих случаях дополняется суточными миграциями. Последние свойственны самым различным группам животных — от млекопитающих и птиц до насекомых. То же самое справедливо в отношении морской фауны, большинство которой в верхнем 500-метровом слое воды участвует в суточных миграциях. Так, главная масса широко распространенного в Атлантическом океане планктонного рачка калянус (*Calanus finmar chicus*) в дневные часы дер-

жится на глубине 350—450 м, а в ночные часы — на глубине 10—20 м.

Суточная динамика присуща также геоморфологическим процессам, протекающим в ландшафтах. Наиболее заметна она в районах с преобладанием физического выветривания (пустыни, нивальный пояс в горах), но в том или ином виде проявляется и в других зонах.

В высоких широтах суточная динамика «размывается», полностью теряя свое значение вблизи полюсов.

Лунно-суточная динамика — приливо-отливные изменения в ландшафте. Продолжительность приливо-отливного цикла соответствует лунным суткам (24 ч 50 мин).

Под влиянием приливов на низких побережьях формируются специфические земноводные ландшафты — *мангровые леса* в тропиках, *марши* и *ватты* в Западной Европе, *лайды* на северном побережье СССР. Приливная волна — *бор* — наблюдается также в устьях некоторых крупных рек. На р. Амазонке *пороро́ко* — приливная волна высотой до 5 м — с большой скоростью и гулом несется на 300 км вверх по реке.

Помимо гидросферы, приливо-отливные явления известны в атмосфере и литосфере, но они незначительны и существенной роли в динамике ландшафтных комплексов не играют.

Сезонная (годичная) динамика. Степень выраженности и факторы, ее обусловливающие, не одинаковы на разных широтах. Контрастны и хорошо выражены все четыре сезона года в умеренном поясе, на севере субтропиков и на юге полярного пояса. Определяющим ее фактором здесь служит изменение термических условий. В зоне тропических саванн ведущим фактором сезонной динамики становится изменение условий увлажнения. Для годичной динамики ландшафтов саванн характерно наличие двух резко контрастных сезонов: сухого и влажного. В зоне влажных тропических лесов температура воздуха и качество осадков мало меняются на протяжении года и выделение сезонов здесь теряет свой смысл.

Важнейшим методом изучения сезонной динамики ландшафтов служат фенологические наблюдения и составляемые на их основе календари природы. Считая фенологию географической дисциплиной, С. В. Калесник (1960) определял ее как науку о сезонной динамике ландшафта. Однако богатые материалы по фенологии, накопленные к настоящему времени, недостаточно используются в ландшафтных физико-географических работах. Исключение составляют характеристики степных ландшафтов, которые не обходятся без выделения аспектов степи, многократно сменяющих друг друга на протяжении весны, лета и осени.

Существенный недостаток публикуемых календарей природы — их недостаточная ландшафтная дифференциация. До сих пор местом составления календаря указывается просто населенный пункт или крупная территория государственного заповедника. Но изве-

стно, что любой процесс живой или мертвой природы в календарных сроках своего проявления строго привязан к определенному ландшафтному комплексу, чаще всего к урочищу и составляющим его фациям. Рассмотрим это на примере схода снежного покрова. В полях, открытой степи снег стаивает значительно раньше, чем в лесу. Но и в открытом поле, и в лесу сход снежного покрова на склонах южной экспозиции на три-четыре дня, а то и больше опережает его стаивание на склонах северной экспозиции. Во многих календарях приводится начало цветения мать-и-мачехи, одуванчика и других видов растений. Но даже начинающему природоведу хорошо известно, что сроки их зацветания в одном и том же населенном пункте резко разнятся в зависимости от характера местообитания, а в крупных городах — от того, где находится наблюдатель: в центре города или на его окраине.

Фенологические наблюдения не требуют сложного оборудования и доступны широкому кругу географов. Более глубоко и разносторонне внутригодичный цикл динамики ландшафтов изучается в условиях физико-географических стационаров. В качестве иллюстрации итогов таких наблюдений приводим рисунок А. А. Крауклиса, несущий богатую информацию об одной из таежных фаций Сибири (рис. 41).

Периодическая динамика — изменения ландшафта с повторением его состояний, напоминающим исходное, в сроки различной продолжительности. Наглядный пример периодической динамики — повторение тяжелых засух в лесостепных и степных районах или суровых малоснежных зим, вызывающих настолько серьезные нарушения в растительности и животном мире, что они сказываются на протяжении целого ряда последующих лет. Таковы «сдвоенные» засухи 1891—1892 и 1921—1922 гг., засуха 1946 г. и, наконец, совершенно исключительный 1972 год. После холодной, малоснежной зимы 1972 г. в окрестностях г. Воронежа исчезли на несколько лет ужи, ящерицы, шмели и некоторые другие виды насекомых. Необычная зима сочеталась с очень жарким, сухим летом, когда деревья уже в июле сбрасывали обгоревшую листву.

Проявлением периодической динамики служат землетрясения и вулканические извержения, трансгрессии и регрессии морей, смена ледниковых эпох межледниковыми в четвертичный период. Все эти примеры характеризуют периодичность длительной во времени направленной динамики ландшафтных комплексов.

В литературе достаточно широко принято говорить о ритмичности природных явлений. Периодическая и циклическая динамика в равной мере подходит под понятие ритма, и их совокупные проявления образуют *ритмику ландшафта.*

Флуктуирующая динамика — незначительные колебательного характера изменения ландшафтного комплекса.

Проявления флуктуирующей динамики разнообразны. Прекрасный пример ее — изменения из года в год травостоя злаковых

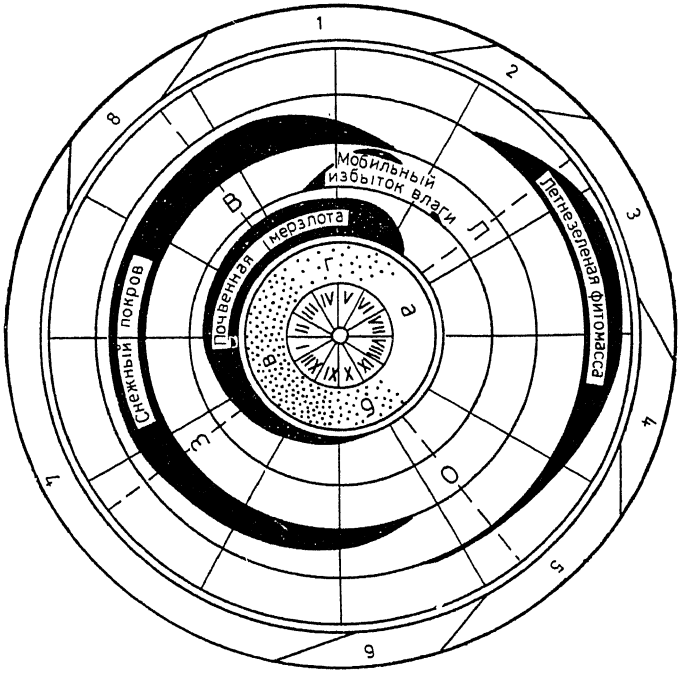


Рис. 41. Сезонные состояния таежных фаций (А. А. Крауклис, 1974)

Месяцы: I—XII. Дни солнцестояния: *Л* — летнего; *О* — осеннего; *З* — зимнего; *В* — весеннего. Сезонные состояния (фазы): *1* — весеннее; *2* — предлетнее; *3* — летнее; *4* — послелетнее; *5* — осеннее, *6* — предзимнее, *7* — зимнее, *8* — послезимнее. Термические периоды: *а* — без отрицательных температур, *б* — смены положительных температур отрицательными, *в* — без положительных температур, *г* — смены отрицательных температур положительными

степей. Постоянными в нем остаются многолетние дерновинные злаки: ковыли, типчак, тонконог. Они не образуют сплошного задернения, и междернованные участки, голые в сухое лето, во влажные годы захватываются разнотравьем, придающим южной степи несвойственный красочный вид.

Не менее отчетливо прослеживается флуктуирующая динамика на пойменных лугах. Ежегодный состав и урожайность пойменных лугов зависят от интенсивности аллювиального процесса — высоты и длительности половодья.

Флуктуирующая динамика универсальна. Проявления ее — не отклонение от нормы, а одно из качественных свойств функционирования ландшафтов. Будучи короткой во времени, флуктуирующая динамика накладывается на периодическую и направленную динамику, затрудняя изучение последних.

Направленная динамика, или динамика развития, предполагает устойчивые, односторонне направленные изменения ландшаф-

та с неоднократной сменой его состояний и трансформацией структур.

Под *состоянием комплекса* имеется в виду средняя динамика его функционирования на протяжении минимального срока существования ландшафта. Какова же длительность минимального срока существования ландшафта? В. Н. Солнцев (1981) минимальным временем ландшафтной системы считает сутки, характерным временем — год, временем для выработки статистически достоверных представлений о ландшафте — десятки лет. Но можно ли считать сутки и даже сезон года минимальным сроком существования ландшафтного комплекса?

Представим себе степную западину, которая весной при снеготаянии заполнена водой, а летом и осенью превращается во влажную луговину. Вряд ли кому придет мысль утверждать, что мы имеем здесь дело с двумя разными ландшафтными комплексами: западинным озером и западинной луговиной. Это западинная луговина с сезонным озерным режимом. Но если в луговой западине вода сохраняется не только весной, но и летом, и осенью, и зимой (пусть промерзая до дна), т. е. озерный режим сохраняется круглый год, мы вправе говорить о переходе луговой западины в новый ландшафтный комплекс — западинное озеро. Таким образом, именно год является минимальным сроком существования ландшафтного комплекса и с ним следует связывать динамику функционирования при определении понятия «состояние ПТК».

Трансформация структур при направленной динамике выражается в смене одного типа ландшафтного комплекса другим. Зарастание озера озерно-болотной растительностью, переход его в низинное болото, низинного болота — в переходное, переходного — в сфагновое верховое — общеизвестная иллюстрация направленной динамики ландшафтных комплексов (рис. 42). Другая не менее наглядная иллюстрация направленной динамики — эволюция лугово-солонцовых западинных комплексов на Окско-Донской равнине в ивовые, затем в осиновые кусты на солодях и в заключительной стадии — в осиново-дубово-вязовые рощи на темно-серых слабоосолоделых почвах. Отмирание ледника, формирование тундровых, а затем и лесных ландшафтов на севере Русской равнины — тоже образец направленной динамики (развития) недавнего геологического прошлого.

Нередко, а может быть, чаще всего направленная динамика ландшафтных комплексов представляет собой одно из звеньев долговременных проявлений периодической динамики (колебания климата, активные неотектонические движения, изменение уровня водоемов и пр.). *Направленная динамика с ее изменением структур и переходом одного типа комплекса в другой есть не что иное, как развитие комплекса.*

Развитие — одна из важнейших категорий марксистско-ленинской диалектики. Оно рассматривается философами как «цент-

Рис. 42. Направленная динамика (развитие) ландшафтного комплекса от озерак верховому болоту:
1 — минеральный грунт, *2* — вода, *3* — пресноводный мергель, *4* — сапропелит и сапропелевый торф, *5* — осоково-тростниковый торф, *6* — камышовый торф, *7* — хвощевой торф, *8* — гипновый торф, *9* — сфагновый торф, *10* — осока, *11* — камыш, *12* — тростник, *13* — клюква, росянка, багульник и другие виды на ковре сфагновых мхов, *14* — угнетенная сосна

ральный принцип миропонимания, имеющий фундаментальное научно-философское значение»[1], в качестве общей теории развития выступает вся материалистическая диалектика. В смене типовых структур, присущих развитию ландшафта, находит свое отражение диалектический закон отрицания отрицания. На эту связь категории развития с законом отрицания отрицания обращали внимание основоположники марксистской философии.

Понятие развития давно и прочно вошло в физико-географическую науку. Выдающийся вклад в разработку этой проблемы внес А. А. Григорьев. Не случайно том его избранных теоретических работ называется «Закономерности строения и развития географической среды» (А. А. Григорьев, 1966).

Процесс развития в разномасштабных комплексах и разных временных отрезках неоднозначен. И тем не менее ему присуща одна общая структура, выражающаяся в чередовании *ускоренных и замедленных фаз.* Замедленная (эволюционная) фаза в свою очередь делится на ускоренный (сук-

[1] *Ильичев Л. Ф.* Проблема развития и современность // Материалистическая диалектика как общая теория развития. Философские основы теории развития. М., 1982. С. 16.

цессионный) и замедленный (стабильный) этапы развития.

У некоторых ландшафтоведов наблюдается тенденция ставить знак равенства между развитием ландшафта и эволюцией ландшафта. В «Толковом словаре по охране ландшафтов» (1982) эти термины считаются синонимами. Но эволюция — лишь одна из замедленных фаз развития ландшафтного комплекса. Другая, ускоренная, фаза обычно связана с быстрой перестройкой литогенной основы, непрерывно протекающей и сейчас в форме вулканических извержений, землетрясений, наводнений, ураганов, оползней, селей, горных лавин и т. п. Ускоренный этап эволюционной фазы развития с его неоднократной сменой преемственно связанных структур может быть охарактеризован как *этап сукцессионной динамики.*

Любое развитие протекает не прямолинейно. По своей направленности развитие принято делить на *прогрессивное* и *регрессивное.* Первое из них предполагает движение от низшего к высшему, от простого к более сложному, второе — от высшего к низшему, от сложного к более простому. Регресс не означает простого возврата к старому. «Как и все остальные тенденции или стадии развития, регресс представляет собой процесс качественного обновления систем, но с той специфической особенностью, что уровень организации новообразований менее высок, чем у исходных форм»[1].

Понятие прогрессивного и регрессивного развития не распространено в ландшафтоведении. В «Энциклопедическом словаре географических терминов» (1968) эти понятия отсутствуют, есть заметка лишь о прогрессивных элементах ландшафта, что не однозначно с прогрессивным развитием ландшафта. В геоботанике И. К. Пачоский прогрессивным считал развитие растительности от пустыни к лесам, регрессивным — от лесов к пустыне.

Понимая всю условность деления развития ландшафтных комплексов на прогрессивное и регрессивное, все же их разграничение желательно и должно основываться на учете трех не просто взаимосвязанных, а корректирующих друг друга критериев: нарастание или уменьшение биологической продуктивности, усложнение или упрощение структуры, рост или снижение стабильности (устойчивости).

Прогрессивное развитие ландшафтного комплекса характеризуется нарастанием его биологической продуктивности с одновременным усложнением структуры и ростом стабильности. Таков ход развития типов ландшафта в направлении: пустыня — полупустыня — степь — лесостепь (саванна тропиков). Лесостепь — заключительная стадия прогрессивного ряда развития. С нею совпа-

---

[1] *Молевич Е. Ф.* Прогресс и регресс в процессе развития/Материалистическая диалектика как общая теория развития. Философские основы теории развития. М., 1982. С. 222.

дает ось оптимизации ландшафтов, отличающаяся максимальной для умеренного пояса биологической продуктивностью, высокой сложностью структуры (дифференциация ландшафта на две резко контрастные группы биогеоценозов — лесную и степную) и климатической устойчивостью (Ф. Н. Мильков, 1949, 1980). Вопреки И. К. Пачоскому, переход лесостепного типа ландшафта к лесному следует рассматривать как регрессивное развитие, а в смене ландшафта лесостепным видеть пример прогрессивного развития. Регрессивным является развитие ландшафтов в направлениях: лес — болото; лесостепь — степь — полупустыня — пустыня (рис. 43).

В региональном аспекте прогрессивным следует считать развитие комплексов в сторону оптимума-ландшафта. Один и тот же процесс в разных региональных условиях может определять различную направленность в развитии ландшафтных комплексов. Например, активные неотектонические поднятия на плоских низменностях, заболоченных на севере и засоленных на юге, обусловливают прогрессивное развитие комплексов, но эти же поднятия на расчлененных возвышенностях приводят к регрессивному развитию, заканчивающемуся образованием овражно-балочного бедленда. Или понижение уровня Каспийского моря — одновременно фактор прогрессивного развития прилегающих районов Прикаспийской низменности (дифференциация рельефа, рассоление почв, формирование полынно-злаковых группировок) и регрессивного развития усыхающих прибрежных аквальных ландшафтов.

Генетические виды динамики ландшафтных комплексов. Проявления динамики ландшафтов вызваны суммой многих слагаемых, но из числа последних всегда можно выделить ведущий фактор и уже по нему различать ее генетические виды.

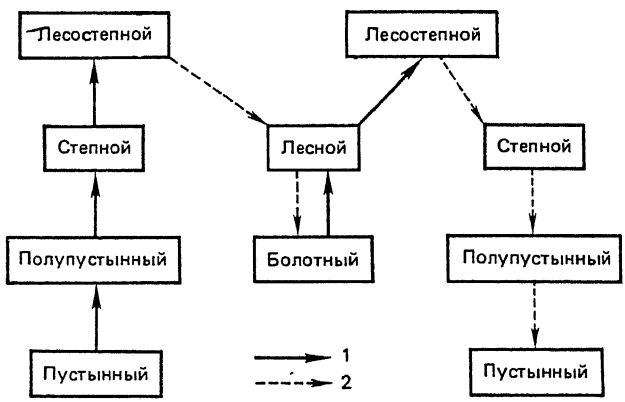


Рис. 43. Прогрессивный (*1*) и регрессивный (*2*) ход развития основных типов ландшафтов

Спонтанная динамика — динамика саморазвития, протекающая в силу внутренних причин, без влияния внешних факторов.

К спонтанной динамике относятся многолетние сукцессии, возникающие на гарях в еловой тайге. Гарь первоначально захватывается быстрорастущими и светолюбивыми березой и осиной; через некоторое время под их пологом появляется ель, формируется смешанное елово-березовое насаждение; достигнув верхнего яруса, ель создает густое затенение и окончательно вытесняет березу с осиной. Аналогичный процесс спонтанной динамики протекает на степной залежи. Заброшенная пашня в степи сначала захватывается сорно-полевыми травами, а через 10—15 лет превращается во вторичную степную целину с участием ковылей.

В. В. Крючков описывает циклическую спонтанную динамику («автоколебания») фаций на севере Енисейско-Пясинской лесотундры. Вершины холмов здесь одеты кустарниково-лиственничным редколесьем. С течением времени редколесья становятся плотнее и выше, в них больше задерживается снега, увличивается мощность мохово-торфянистого покрова, утоньшается оттаивающий летом деятельный слой почвы. Все это приводит к отмиранию деревьев и кустарников, а потом и деградации мохово-торфянистого покрова. В итоге редколесье замещается пятнистой тундрой. Снег не задерживается на ее поверхности, а деятельный слой почвы в летнее время увеличивается, что создает благоприятные условия для последующего проникновения сюда кустарников и деревьев [1].

Идея спонтанной динамики лежит в основе гипотезы С. И. Коржинского о наступании хвойной тайги на широколиственные леса, широколиственных лесов на степь; на нее опирается концепция В. Р. Вильямса о послеледниковом развитии ландшафтов территории СССР в направлении: тундра — лес — болото — степь — пустыня; она использована Г. Э. Гроссетом при разработке циклической гипотезы («естественного севооборота») во взаимоотношениях леса и степи. Не давая оценки взглядам С. И. Коржинского, В. Р. Вильямса и Г. Э. Гроссета, имеющих сейчас в основном исторический интерес, укажем, что их работы служат примером (удачным или неудачным) привлечения спонтанной динамики для решения проблемных вопросов развития ландшафтов.

В тропических влажных странах на равнинных междуречных плато развиты лесные ландшафты с почвами на незатвердевшем рыхлом латерите. В окраинных частях плато почва смывается, обнажая латерит, который становится к поверхности и плотным и водонепроницаемым, непригодным для лесной растительности, уступающей свое место нетребовательным травам. Процесс этот в конце концов захватывает все междуречное плато, центральная

---

[1] *Крючков В. В.* Фации тундрового ландшафта как саморазвивающиеся системы//Жизнь Земли. 1972 № 8.

часть которого, где дольше всего сохранялось выщелачивание рыхлого латерита, проседает, образуя инверсионный рельеф.

Климатогенная динамика, обусловленная колебаниями климата различной продолжительности — от нескольких лет до многих тысяч лет. Ландшафтные проявления климатогенной динамики нашли обобщение у А. В. Шнитникова (1957). Особенно полно и убедительно показан им ритм в 1800—1900 лет.

Тектогенная динамика, вызванная геотектоническими движениями. Подобно климату, в неотектонических движениях прослеживаются ясно выраженные циклы различной продолжительности. Под влиянием неотектоники на земной поверхности совершается непрерывный процесс всеобщей трансформации ландшафтов. Современная трансформация может быть унаследованной, гармоничной с предшествующим ходом развития, и неунаследованной, дисгармоничной (Ф. Н. Мильков, 1967). Даже на платформенных равнинах, где скорость современных движений невелика — на Русской равнине от 1—2 до 10—12 мм/год,— геотектонические движения следует учитывать не только при долгосрочном прогнозировании развития ландшафтов, но и при строительстве долговременных промышленных объектов.

Экзогенная динамика, обусловленная гравитационно-склоновыми процессами, водной и ветровой эрозией, нивацией, экзарацией, абразией.

Зообиогенная динамика, связанная с деятельностью животных как компонента ландшафтных комплексов. У биогенной динамики следует различать циклическую динамику и динамику функционирования.

Циклическая динамика обусловлена колебаниями численности популяций с чередованием подъемов и спадов через определенные интервалы от нескольких лет до десяти и более. О периодичности вспышек массового размножения животных писали многие ученые. Так, С. С. Четвериков (1905) на примере насекомых говорил о существовании «волн жизни» с «приливами жизни» и «отливами жизни».

В период массового размножения некоторые виды могут оказывать существенное воздействие на функционирование и даже само существование отдельных ландшафтных комплексов. Так, размножение в огромных количествах (без строгой периодичности) дубовой листовертки, непарного и кольчатого шелкопряда и других насекомых вредителей леса не раз вызывало усыхание дубрав в лесостепной зоне. В годы «мышиной напасти» сильно размножившиеся мышевидные грызуны выедают многолетние злаки с их дерновинами, вызывая образование в степях зоогенных перелогов.

У некоторых млекопитающих Арктики и Субарктики колебание численности происходит с такой строгой повторяемостью, что не составляет труда прогнозировать величину популяций на

несколько лет вперед. По наблюдениям на мысе Барроу (Аляска), плотность популяции леммингов колеблется с периодичностью 3—5 лет, с различиями численности пиков и спадов в 100 раз и более. Единого мнения о причинах циклических колебаний численности популяции у экологов нет. Колебания эти слишком упорядочены, чтобы их можно было относить за счет одних лишь изменений в среде. Скорее всего, колебания численности животных— результат состояния внешней среды и генных изменений у организма, нами до конца не распознанных.

Биогенная динамика функционирования, свойственная ландшафтам с относительно устойчивой численностью популяций. Птицы, насекомые, млекопитающие принимают активное участие во внутри- и межкомплексном обмене веществом и энергией. Особенно разностороннее и выразительное воздействие на динамику ландшафта оказывают некоторые группы животных, такие, как речные бобры и грызуны-норники. Бобры известны как рубщики леса и строители прудов-плотин на речках. Суслики, способствуя накоплению в поверхностных слоях солонцовых почв гипса и карбонатов, препятствуют развитию солонцового процесса, а в черноземах и каштановых почвах противостоят выщелачиванию карбонатов. В луговой Стрелецкой степи под Курском слепыши (Spalax microphtalmus) выносят в корнеобитаемый слой почвы количество кальция, которое соизмеримо с изымаемым ежегодно растительностью (Р. И. Злотин, К. С. Ходашова 1974).

Известно немало случаев, когда в силу тех или иных причин животные становятся виновниками коренной перестройки ландшафтных комплексов, чаще всего в сторону их регрессивного развития. Завезенный в Австралию и Новую Зеландию кролик стал настоящим бедствием для этих стран. Другой пример — полное истребление местной растительности на о. Св. Елены козами, завезенными в XVI столетии; истребление растительности сопровождалось на острове катастрофическим смывом почв и ростом эрозионного рельефа.

Антропогенная динамика, вызванная деятельностью человека. Создание культурных ландшафтов (посевов, садов, лесокультур, прудов и водохранилищ), пастьба скота сопровождаются активизацией многих динамических процессов, ведущих к образованию сопутствующих, чаще всего акультурных, ландшафтов — оврагов, оползней, вторичных солончаков на орошаемых землях, развеваемых песков.

Антропогенным ландшафтам свойственна та же структура динамики развития, что и естественным. Проиллюстрируем сказанное на двух типах антропогенных ландшафтов, принадлежащих к разным классам.

У карьерно-отвальных комплексов фаза ускоренного (революционного) развития совпадает с временем антропогенной аккумуляции — насыпки отвалов из вскрышных пород. Замедленная

(эволюционная) фаза начинается с ускоренного этапа: на протяжении первых 15—20 лет происходит усадка и стабилизация отвалов, биоценозы претерпевают ряд коротких сукцессионных смен. Замедленный этап эволюционной фазы развития отвалов характеризуется резким ослаблением геоморфологических процессов, прекращением сукцессионной динамики и формированием устойчивых биоценозов, сходных с зональными.

У водохранилищ ускоренная фаза развития приходится на момент его заполнения. Ускоренный этап эволюционной фазы на крупных водохранилищах длится 20—40 лет и знаменуется активной перестройкой береговой полосы, становлением на мелководьях новых группировок гидрофильной высшей растительности «цветением» воды из-за массового развития сине-зеленых водорослей, сменой преобладающих видов в ихтиофауне. С наступлением замедленного этапа эволюционной фазы геоморфологические процессы в береговой полосе ослабевают, стабилизируются растительность и животный мир.

Мера динамичности ландшафтных комплексов. Динамика у разных ландшафтных комплексов протекает с неодинаковой интенсивностью и скоростью.

Интенсивность и *скорость динамики* — понятия близкие, но не однозначные. *Интенсивность* характеризует динамику функционирования с точки зрения размеров вещества и энергии, участвующего в обменных процессах. При прочих равных условиях интенсивность динамики ландшафта тем выше, чем: а) ближе к оптимальному соотношение тепла и влаги (сумма годовых осадков равна величине испаряемости) в зонах с гумидным и семигумидным климатом; б) больше суточные и годовые амплитуды температуры воздуха в зонах с аридным климатом; в) контрастнее сухие и влажные сезоны года в тропических зонах; г) сильнее расчлененность рельефа.

Скорость динамики отражает время, необходимое для структурных изменений в ландшафтном комплексе. Она находится в прямой связи с охарактеризованными ранее ускоренными и замедленными фазами и периодами развития.

Выше были рассмотрены лишь общие вопросы динамики ландшафта, познание которой — первый и необходимый шаг на пути к оптимизации и прогнозированию развития ландшафтных комплексов. Динамика — свойство любого ландшафтного комплекса, каким бы устойчивым он ни казался на первый взгляд. Сама же динамика ландшафта — одна из конкретных иллюстраций важнейшего положения марксистско-ленинской философии: в мире нет ничего, кроме движущейся материи.

ГЛОБАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ ЗЕМЛИ И ЕЕ ОСНОВНЫЕ ВАРИАНТЫ

Ландшафтная сфера имеет глобальный характер. Мысль В. И. Вернадского, что ландшафты свойственны только суше, сейчас разделяется очень немногими географами (И. М. Забелин, П. С. Кузнецов). Имея глобальное распространение, ландшафтная сфера неоднородна. Что же должно быть положено в основу ее расчленения на главнейшие *варианты?*

Ландшафтная сфера представляет производное прямого соприкосновения и связанного с ним активного взаимного обмена веществом и энергией четырех контрастных сред: земной коры (ЗК), воздушной тропосферы (ВТ) и водной оболочки, представленной в форме воды (ВО) и льда ($ВО_л$). Биостром полностью входит в состав ландшафтной сферы и поэтому не может рассматриваться контрастной средой, ее образующей.

В формировании ландшафтной сферы не во всех случаях принимают участие сразу все четыре контрастные среды, наблюдается пять комбинаций их прямого соприкосновения: 1) земная кора+воздушная тропосфера (ЗК+ВТ); 2) водная оболочка в форме льда+воздушная тропосфера ($ВО_л$+ВТ); 3) земная кора+воздушная тропосфера+водная оболочка в жидком виде (ЗК+ВТ+ВО); 4) водная оболочка+воздушная тропосфера (ВО+ВТ); 5) земная кора+водная оболочка (ЗК+ВО).

В каждой из этих комбинаций формируются ландшафтные комплексы, принципиально отличающиеся друг от друга. Поэтому пяти комбинациям контрастных сред соответствуют пять *основных вариантов ландшафтной сферы* (рис. 44): 1) наземный (ЗК+ВТ); 2) ледовый ($ВО_л$+ВТ); 3) земноводный (ЗК+ВТ+ВО); 4) водный, или водно-поверхностный (ВО+ВТ); 5) донный, или подводный (ЗК+ВО).

Совокупность комплексов, входящих в какой-либо из вариантов ландшафтной сферы, образует отдел ландшафтов — высшую типологическую единицу в ландшафтоведении. *Отдел ландшаф-*



Рис. 44. Основные варианты ландшафтной сферы (по Ф. Н. Милькову, 1970).
Сферы: 1 — литосфера, *2* — атмосфера, *3* — гидросфера в жидком виде, *4* — гидросфера в твердом виде. *Варианты: I* — наземный; *II* — земноводный; *III* — водный (водно-поверхностный); *IV* — ледовый; *V* — донный (подводный)

тов, таким образом, *объединяет комплексы, сходные по характеру прямого взаимодействия земной коры, воздушной тропосферы, водной оболочки* и *обусловленной им интенсивности* и *форме взаимного обмена веществом и энергией.*

НАЗЕМНЫЙ ВАРИАНТ ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ

Наземные ландшафты изучены лучше других. Они отличаются сложностью строения и большим разнообразием. В их состав включают приземные слои воздуха на высоту 30—50 м от подстилающей поверхности, растительность с населяющим ее животным миром, почву, современную кору выветривания. Вертикальную структуру наземных ландшафтов можно определить и так: биостром с приземными слоями воздуха и подстилающая его современная кора выветривания.

Минимальную мощность (30—50 м) ландшафтная сфера имеет в *полярных пустынях — холодных арктических* и *ультрахолодных в оазисах Антарктиды.* Структура ее здесь отличается простотой — по вертикали преобладает воздушный приземный горизонт, ведущую роль в ландшафтогенезе играют абиогенные процессы. Грунты в полярных пустынях скованы вечной мерзлотой, оттаивающей к концу лета в среднем на 40 см. Поверхность разбита морозобойными трещинами, которые в сочетании с явлениями пучения грунтов создают различного рода *полигональные образования* — каменные кольца и многоугольники. Оттаивание мерзлого грунта и вытаивание подземного льда сопровождаются явлениями *термокарста* в форме просадочных и провальных форм рельефа, бугров пучения (гидролакколитов). Укороченные, слабо развитые почвы промываются слабо, и поэтому поглощающий комплекс их насыщен основаниями, а реакция — нейтральная или близкая к ней.

Биостром полярных пустынь сильно редуцирован. Вегетационный период длится не более 2—3 месяцев, а средняя температура самого теплого месяца не выше +5 °С. Крайне разреженный растительный покров образован лишайниками (преимущественно накипными), мхами на более влажных местах (при полном отсутствии сфагновых), водорослями и немногими видами цветковых. Запасы биомассы и продуктивность растительности ничтожны. В полярных пустынях европейской части СССР в среднем они составляют соответственно 1,6 и 0,2 т/га в год (Н. И. Базилевич, 1986). Еще беднее животный мир. Среди млекопитающих редки и встречаются далеко не повсеместно песец *(Alopes lagopus),* лемминги *(Lemmus),* овцебык *(Ovibos moschatus),* северный олень *(Rangifer larandus),* пресмыкающихся и амфибий нет совсем. Однако основную часть биомассы животных дают не млекопитающие, а беспозвоночные, главным образом двукрылые насекомые.

Исключительной бедностью биострома выделяются ультрахолодные пустыни оазисов Антарктиды. Но даже в центре ледяного материка по выходам скал обнаружено произрастание нескольких видов лишайников. В самих оазисах оригинальными очагами жизни оказываются соленые озера, богатые сине-зелеными диатомовыми водорослями, а также бактериями (К. К. Марков, В. И. Бардин, В. Л. Лебедев и др., 1968).

От полярных пустынь в сторону экватора мощность ландшафтной сферы возрастает, усложняется ее структура и растет продуктивность биострома. Эти признаки ландшафтной сферы достигают своего максимального выражения во влажных тропических лесах.

Влажно-тропические леса (гилеи, тропические дождевые леса), широко распространенные в приэкваториальных широтах, имеют много специфических черт. Они развиваются в условиях влажного оранжерейного климата: средняя температура воздуха самого холодного месяца выше 18 °С, а годовая сумма осадков с более или менее равномерным распределением их по сезонам года составляет 2000—4000 мм и больше. Образованные вечнозелеными крупнолистными деревьями, эти леса отличаются поразительной густотой и разнообразием флористического состава древесных пород: только в одной Индонезии, исключая Яву, насчитывается около 3 тыс. видов деревьев диаметром более 40 см. Число деревьев диаметром 10 см и более на одном гектаре колеблется от 390 до 1710, а число видов деревьев на той же площади — от 52 до 98 (П. У. Ричардс, 1961).

В систематическом отношении деревья влажно-тропических лесов представлены преимущественно бобовыми, миртовыми, мальпигиевыми; встречаются пальмы и древовидные папоротники, обилие лиан и эпифитов, травяной покров из-за густого затенения развит слабо. Деревья, располагающиеся в виде 3—4 ярусов, поднимаются на высоту до 60 м и более. Самые высокие деревья поднимаются до 92 м (П. У. Ричардс, 1961). При значительной высоте деревья влажно-тропических лесов заметно уступают наиболее крупным экземплярам секвойи на Тихоокеанском побережье США и эвкалиптам Австралии, достигающим высоты 150 м. Тем не менее сложность структуры влажно-тропического леса и его напряженные, круглый год не прерывающиеся биоценотические связи с атмосферой и почвой указывают на исключительно высокую трансформаторную роль и энергию взаимообмена веществом и энергией именно этого типа леса. И действительно, запасы биомассы во влажно-тропических лесах достигают высокой цифры — в среднем 350—400 т/га, а в пойменных и галерейных лесах возрастают до 750 и даже 1200 т/га. Годичная продукция оценивается в среднем от 20 до 30 т/га, в отдельных случаях до 50 т/га.

Обилие растительной пищи, постоянно теплый и влажный климат определяют поразительное разнообразие и богатство живот-

ного мира влажно-тропических лесов. Многие представители его, особенно микроорганизмы, до сих пор изучены недостаточно; в описаниях путешественников количественные характеристики подменены субъективными оценками численности животных. Только этим можно объяснить тот факт, что если А. Гумбольдт был буквально подавлен проявлениями животной жизни в гилеях Ориноко, где из-за крика диких зверей он почти не мог спать (А. Гумбольдт, 1959), то другие ученые отмечают сравнительную бедность животными тропических лесов.

Английский естествоиспытатель А. Уоллес, выдающийся знаток тропической природы, отмечает следующие характерные черты животного мира влажно-тропических лесов: «Больше всего выделяются бабочки благодаря своей многочисленности, размерам, яркой окраске, своеобразной форме, а также медленному величественному полету, свойственному многим из них. Отличительными особенностями этих насекомых являются их крупные размеры и широкое распространение защитной окраски. Муравьи и прочие мелкие насекомые привлекают внимание своей невероятной многочисленностью. Среди птиц выделяются попугаи в качестве отряда по преимуществу тропического, а среди млекопитающих обезьяны — два отряда, выказывающие поразительные черты аналогии в смысле наличия хватательных конечностей и привычки к перениманию. Затем из числа рептилий и амфибий следуют ящерицы и лягушки, так как змеи, хотя и одинаково многочисленные, попадаются на глаза человеку сравнительно реже»[1]. В заключение А. Уоллес, как и А. Гумбольдт, делает вывод, что в тропических лесах животная жизнь проявляется гораздо многообразнее и мощнее, чем где-либо на Земле.

В условиях промывного режима под влажно-тропическим лесом формируются красные, красно-желтые и желтые ферралитные почвы с ясно выраженными процессами оподзоливания в верхней части и аллитизации внизу. Почвы эти достаточно богаты светлоокрашенным гумусом, имеют кислую реакцию, обеднены основаниями, но и содержат много гидроксидов железа и алюминия; последний в больших количествах поглощается растительностью и вновь возвращается в почву вместе с опадом.

Несмотря на большой опад, подстилка во влажно-тропическом лесу очень мала или ее нет совсем. Опад быстро разлагается, часто полностью минерализуется, в чем деятельное участие принимают микроорганизмы, грибы и очень многочисленные насекомые, особенно термиты. Освобождающиеся при этом минеральные вещества снова поглощаются корневой системой древесных пород.

Этот непрерывный биологический круговорот питательных веществ противодействует истощению почв под влиянием процессов

[1] *Уоллес А.* Тропическая природа. М., 1956. С. 120.

выноса. Нахождение в живом веществе спасает многие подвижные химические элементы от окончательного выноса из почв.

Почвы незаметно переходят в латеритную кору выветривания. При высоких температурах воздуха и обильном поступлении почвенных вод, насыщенных CO_2 и органическими кислотами[1], самые плотные горные породы разрушаются очень быстро и на большую глубину. Мощность современной коры выветривания достигает 40—60 и даже 100 м и более (А. И. Перельман, 1961; В. В. Ершов, А. А. Новиков, Г. Б. Попова, 1986). Следовательно, мощность ландшафтной сферы во влажно-тропических лесах составляет 150—200 м.

В основе изменения ландшафтной сферы от полярных пустынь к влажным тропическим лесам лежит *общеклиматический фактор*, совершающийся с неоднократными отступлениями, главное из которых заключается в том, что *пик биологической продуктивности* приходится не на тропические, а на влажно-субтропические леса. Запасы фитомассы в субтропических лесах из секвойи на Тихоокеанском побережье Северной Америки достигают поразительной величины — 4250 т/га, а в среднем колеблются от 1300 до 1700 т/га (Н. И. Базилевич, 1981). Высота деревьев в тысячелетнем древостое превышает 100 м, диаметр стволов достигает 6 и даже 11 м, а годичная продукция для молодых насаждений — до 27 т/га. Велика продуктивность некоторых субтропических лесов Японии, хотя и уступает лесам из секвойи. Отсутствие роста запасов фитомассы во влажно-тропических лесах объясняется исключительно высокой интенсивностью их дыхания.

Другой характер имеют отступления, обусловленные увлажнением. При достаточных для произрастания лесов суммах тепла степень развития биострома, а соответственно и ландшафтной сферы, зависит от увлажнения территории. Хорошо увлажненные области с положительным или близким нейтральному балансом влаги в системе осадки — испаряемость заняты лесами и обладают повышенной мощностью ландшафтной сферы; в условиях отрицательного баланса влаги формируются безлесные ландшафты степей и пустынь с менее развитым биостромом и меньшей мощностью ландшафтной сферы.

Наряду с общеклиматическим важнейшее значение в дифференциации ландшафтной сферы на суше играет *высотный* фактор. Имеется в виду изменение абсолютной высоты местности. С ее ростом понижается температура, так как в разреженном воздухе возрастает теплоотдача земной поверхности; одновременно претерпевают изменения условия увлажнения, свойства коры выветривания и почв, деградирует (после определенной высоты) био-

---

[1] Имеет также значение повышенное содержание в почвенных водах азотной кислоты, образующейся в результате активной грозовой деятельности, характерной для влажно-тропических лесов.

стром. Если принять за идеальную модель наземного варианта ландшафтной сферы комплексы низменных равнин (до 200 м над ур. моря), то по *эффекту высотной аномалии* материки выстроятся в следующий ряд: Европа — Австралия с Океанией — Южная Америка — Северная Америка — Африка — Азия — Антарктида с шельфовыми ледниками. Средняя высота над ур. моря этих материков соответственно составляет (м): 300, 350, 580, 720, 750, 950, 2040. Следовательно, эффект высотной аномалии испытывают все материки, и не удивительно: средняя высота суши равна 875 м над ур. моря.

В зависимости от высоты, увлажнения, географического положения на приподнятых плато формируются разнообразные ландшафты — субальпийские луга и кустарниковые заросли, высокогорные степи, холодные пустыни, парамос (высокогорные тропические ландшафты с участием сложноцветных в Африке и Южной Америке).

Словно для иллюстрации высотного фактора дифференциации ландшафтной сферы природа создала столовые останцы на Бразильском и Гвианском плоскогорьях. Один из них, на юге Венесуэлы, оторвавшись от Гвианского плоскогорья, вздымается отвесной стеной на высоту более 3000 м над непроходимой сельвой (местное название влажно-тропического леса) Амазонки. Это гора Серро-де-ла-Неблина, или, в переводе с испанского, «гора, окутанная стелющимся туманом». На ее поверхность, сложенную песчаниками, нога человека ступила впервые (и то с помощью вертолета) несколько лет назад. Участники международной экспедиции вместо сельвы увидели низкорослые в рост человека древовидные растения, массу крупных орхидей и других растений, из которых около 98% эндемиков. Поразило ученых большое количество растений-«хищников», переваривающих не только насекомых, но и мелких позвоночных. «Хищничество» среди растений вызвано, по-видимому, сильной промытостью почв, недостатком в них азота и фосфора. Столь же необычным оказался и животный мир (У. Георге, 1984).

Глубина и густота вертикального расчленения поверхности — третий, геоморфологический, фактор дифференциации наземного варианта ландшафтной сферы. С ним в значительной мере связана интенсивность взаимного обмена веществом и энергией между ландшафтными комплексами. Как правило, с ростом абсолютной высоты увеличиваются глубина и густота вертикального расчленения. Однако наблюдается это не всегда. Плоскогорья, несмотря на большую абсолютную высоту, обладают редким и неглубоким вертикальным расчленением. Вот почему при разделении наземного варианта на классы ландшафтов нельзя ограничиваться учетом только одной абсолютной высоты или только одной глубины и густоты вертикального расчленения, а следует синтезировать воздействие и того и другого факторов.

В соответствии с этим наземная ландшафтная сфера слагается из четырех классов ландшафтов.

1. Класс равнинных ландшафтов характеризуется незначительным колебанием относительных высот. Невысокая контрастность сред определяет низкую интенсивность взаимного обмена веществом и энергией между природными комплексами. Равнинный рельеф благоприятен для накопления мощных кор выветривания, на которых формируются нормально развитые почвы. На достаточно крупных равнинах отчетливо прослеживается широтная зональность ландшафтов в форме последовательно сменяющих одна другую географических зон. Имеющиеся неровности рельефа вызывают *вертикальную дифференциацию ландшафтов*. И в этом — главная особенность равнинных ландшафтов, характеризующихся отсутствием высотной поясности.

В зависимости от абсолютной высоты класс равнинных ландшафтов распадается на подклассы: низменных равнин (до 200 м), возвышенных равнин (от 200 до 500 м), нагорных равнин (выше 500 м).

2. Класс предгорных ландшафтов, размещающийся в зоне контакта наиболее контрастных сред — равнинных и горных ландшафтов, отличается повышенной интенсивностью взаимного обмена веществом и энергией, высокой тектонической и сейсмической активностью.

Предгорные ландшафты — понятие более широкое, чем предгорье в собственном (геоморфологическом) смысле этого слова. Ландшафтное воздействие гор распространяется далеко за собственно предгорья, охватывая широкую зону прилегающих равнин. Это находит свое выражение в образовании на предгорных равнинах у наветренной стороны горных хребтов «ландшафтов барьерного подножия» с повышенным атмосферным увлажнением (влажно-субтропические леса Колхиды, влажно-тропические леса Ассама у подножия Гималаев), а у подветренной стороны — «ландшафтов барьерной тени», отличающихся повышенной сухостью.

Абсолютная высота предгорных ландшафтов, как и равнинных, различна. Полоса предгорий в Средней Азии, известная под названием *адыров,* поднимается до 1000—1500 м абс. выс.; *прилавки* — аналогичная адырам полоса предгорий в Заилийском Алатау — еще выше — до 1500—1800 м. Естественно, что в предгорных ландшафтах уже обнаруживается высотная поясность, основные черты которой находятся под воздействием расположенных рядом гор. В аридных районах предгорья лучше равнин увлажнены, богаче поверхностными и грунтовыми водами, а поэтому густо заселены, богарные земли чередуются здесь с орошаемыми полями.

3. Класс горных ландшафтов отличается частым и глубоким вертикальным расчленением, исключительной динамичностью и

контрастностью составляющих его ландшафтных комплексов, а отсюда крайне высокой интенсивностью взаимного обмена веществом и энергией между ними. Важнейшая черта горных ландшафтов — наличие отчетливо выраженной высотной поясности ландшафтов.

Основными элементами горных ландшафтов являются крутые, обычно слабо освоенные человеком склоны, труднодоступные ущелья и узкие долины — места концентрации населенных пунктов и хозяйственной деятельности человека. Крупные различия в ландшафтах свойственны склонам гор разной экспозиции (рис. 45), причем ведущую роль при этом не всегда играет «солнечная экспозиция», в ряде случаев большое значение приобретает отношение склона к направлению господствующего приноса влажных воздушных масс.

В классе горных ландшафтов чаще, чем у других, проявляются *экстремальные* и *стихийные* природные процессы, такие, как землетрясения, обвалы, камнепады, оползни, сели, снежные лавины, ливни и паводки на реках, снегопады, пульсирующие ледники. Всем памятны небывалые снегопады и их тяжелые послед-

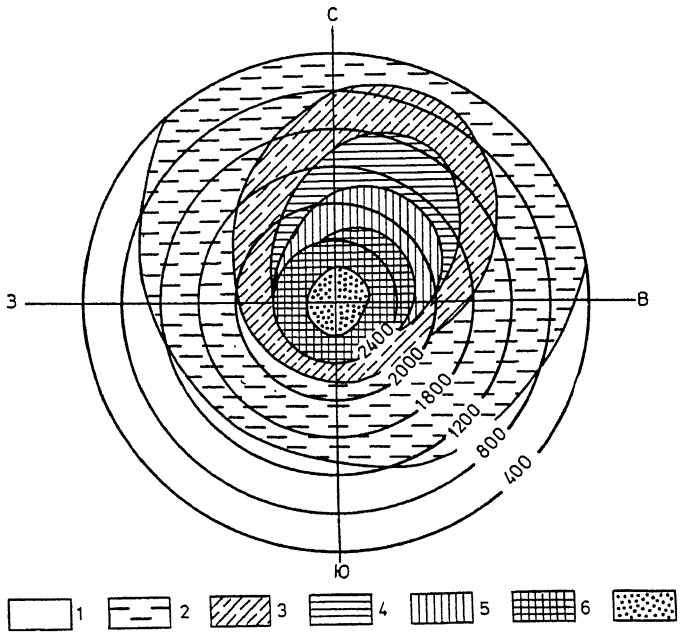


Рис. 45. Графическое изображение растительной поясности по методу Р. А. Еленевского. Поясность хребта Заилийского Алатау

Высотные пояса: *1* — пустынный, *2* — полупустынный, *3* — степной, *4* — луговостепной, *5* — лесной, *6* — субальпийский, *7* — альпийский

ствия в субтропиках Грузии зимой 1986/87 г. Все это снижает *экологическую устойчивость* горных геосистем и повышает ответственность географического прогноза при хозяйственном освоении гор. Непродуманная рубка горных лесов, например, ведет к полному смыву почв, образованию новых площадей голых скалистых обнажений. А площади их в горах и так необычно велики. Например, скалы, осыпи, морены и прочие бесплодные комплексы в горах Памира, по данным О. Е. Агаханянц и Х. Ю. Юсуфбекова, занимают 45,7% общей площади, а общая доля неудобных земель еще больше — 57,8%.

По сравнению с другими классами наземных ландшафтов горный из-за своей труднодоступности менее изучен. Предпринимаются шаги по международному сотрудничеству ученых в изучении гор. Совместными усилиями советских и французских географов подготовлена монография о природе гор Кавказа и Альп, советских и болгарских ученых — монография о природе Большого Кавказа и Стара-Планина.

В классе горных ландшафтов различают три подкласса:

Подкласс низкогорных ландшафтов с абсолютной высотой до 1000 м. У высоких гор они часто полностью или частично сливаются с предгорными ландшафтами. Примером обособленного (вдали от высоких гор) существования низкогорных ландшафтов служит Казахский мелкосопочник.

Подкласс среднегорных ландшафтов, включающий горы средней высоты с абсолютной, чаще всего от 1000 до 2000—3000 м. Отличительная черта его — округлые, мягкие очертания вершин, пологие, покрытые лесом или травянистой растительностью склоны. За исключением высоких широт, среднегорные ландшафты не достигают снеговой линии. Типичные среднегорные ландшафты широко распространены, например на Урале и в Карпатах.

Подкласс высокогорных ландшафтов. К нему относится верхний ярус высоких гор с альпийскими формами рельефа (острые зазубренные гребни, изолированные пики, скалистые склоны, изъеденные карами и цирками).

4. Класс межгорно-котловинных ландшафтов охватывает более или менее значительные межгорные котловины. Выровненное, плоское днище котловин с замедленным ходом геоморфологических процессов сочетается со склонами, характеризующимися высокой динамичностью ландшафтных комплексов. Межгорные котловины обладают своеобразным климатическим режимом, сухость и континентальность климата в них выражены резче, чем на склонах. По сравнению с горными ландшафтами они более благоприятны и для сельского хозяйства, и для промышленного производства. Яркий пример освоенных межгорно-котловинных ландшафтов — Ферганская и Иссык-Кульская котловины в горах Средней Азии. Специфика межгорно-котловинных ландшафтов как особого класса показана А. Абдулкасимовым (1983).

Речные долины и их роль в структуре наземного варианта ландшафтной сферы

Речные долины составляют важнейшую отличительную особенность наземного варианта ландшафтной сферы. Десятки миллионов рек бороздят нашу планету, придавая ей неповторимую земную индивидуальность. Размеры их колеблются в широких пределах (табл. 10).

Подавляющую часть речного стока дают немногие крупнейшие реки. На долю суперреки Амазонки приходится до 15% стока Мира. Огромен твердый речной сток (взвешенный и влекомый обломочный материал), составляющий, по данным разных авторов, от 6720 млн. до 32500 млн. т/год. Велик также речной сток растворенных веществ (Л. Г. Бондарев, 1974).

Каждая река протекает по выработанной ею долине. Долина и река образуют единый *долинно-речной ландшафтный комплекс.*

Генезис (условия заложения) речных долин. Речные долины принято считать чисто эрозионными образованиями. Это не совсем так. В создании современного облика речных долин в равной мере принимают участие как эрозионные, так и аккумулятивные процессы. Соотношение последних отличается непостоянством и зависит от общего характера поверхности и отрезка реки (активизация размыва в горах и в верховьях рек, рост аккумуляции на низменных равнинах и в нижнем течении рек). Сказанное дает основания причислять долинно-речные ландшафты к флювиальному генетическому ряду.

Одной из наиболее ранних специальных работ о возрасте и способе образования речных долин юга Европейской России является исследование И. Леваковского (1869). В 1878 г. была опубликована монография В. В. Докучаева «Способы образования речных долин Европейской России». Зарождение реки, по В. В. Докучаеву, начинается с оврага, овраг переходит в балку, а балка при определенных условиях — в реку. Большое значение в образовании речных долин он придавал озерам и в расширениях долин видел днища спущенных рекой озер.

В настоящее время большинство геоморфологов заложение

Таблица 10. Сравнение размеров одной из малых рек и крупнейших рек Мира

Река	Длина, км	Площадь бассейна, км²	Средний годовой расход воды, м³/с
Россошь	70	1 570	0,82
Енисей	4102	2 580 000	19800,0
Амазонка	Свыше 7000*	7 180 000	Около 220000,0

* От истока Укаяли.

рек связывают с *тектоникой*. По К. И. Геренчуку (1960), необходимым условием заложения речных долин являются тектонические нарушения, обеспечивающие создание первичных неровностей и разгрузку подземных вод в виде обильных ключей. Соглашаясь с этим, не следует забывать и об экзогенном факторе — *геоморфологических условиях и климате*. Значение экзогенного фактора очень велико при заложении малых и *предельно малых рек* (реки первого порядка, притоки которых состоят из одних суходолов). Густота речной сети на возвышенностях больше, чем на прилегающих низменностях. При равных геолого-геоморфологических условиях чем больше выпадает осадков, тем выше густота речных систем, возрастающая преимущественно за счет увеличения числа предельно малых рек.

Возраст и история развития речных долин. Речные долины существуют так же давно, как и сами континенты, пересекаемые ими. С течением времени менялись очертания континентов, колебались их высота и увлажнение, соответственно зарождались и исчезали речные долины. Следы древнейших рек теряются в каменной летописи Земли.

С учетом возраста и истории развития речные долины делятся на *современные, древние, пра-долины, ископаемые долины.*

Под *современными долинами* подразумевается пойма, окаймленная подмываемым рекой коренным склоном и одной-двумя нижними надпойменными террасами. Хронологически выработка современных долин совпадает с концом последнего оледенения и послеледниковым временем. Сложены нижние террасы аллювиальными песками, переходящими на северо-западе Русской равнины в зандровые поля последнего на Русской равнине Валдайского оледенения. Они нешироки и отделены от третьей террасы хорошо очерченным высоким уступом. Речные долины в указанных структурных границах оправдывают свое название еще и тем, что их развитие протекало на глазах современного человека — *Homo sapiens*.

Древние долины включают всю серию морфологически выраженных надпойменных террас. На Русской равнине число их ограничивается 3—4, в предгорьях возрастает до 5—6 и более. Большое число террас наблюдается в речных долинах Среднесибирского плоскогорья. В отличие от нижних надпойменных террас современных долин ширина третьей и четвертой террас древних долин Днепра, Волги и других крупных рек измеряется десятками километров (до 40—70 км), аллювий их более тонок и суглинист и часто перекрыт с поверхности лёссовидными породами неясного происхождения. Образование их связывают с двумя оледенениями, более древними, чем Валдайское.

Пра-долины оставлены реками, существовавшими в конце четвертичного периода и в неогене. Они текли местами там, где сейчас лежат водоразделы (Пра-Дон), в других случаях в них вло-

жены современные и древние долины (Пра-Днепр). Изучение пра-долин представляет большой интерес для восстановления истории развития ландшафтов.

Ископаемые речные долины погребены под разновозрастными породами, не выражены в современном рельефе и служат предметом изучения геологов и палеогеоморфологов.

«Мертвые», или сухие, долины хотя и образованы водными потоками, но сейчас круглый год или большую часть года лишены их. Генезис и типы сухих долин различны. Одна часть их образуется в результате перехвата одной реки другой, многочисленные примеры которых приведены А. П. Павловым (1923). Другой тип сухих долин — наши южнорусские *суходолы*, составляющие начальное звено речных систем. Это и не балка, и не речная долина. Для обычной балки он слишком велик — длина до 20—30 км и более, ширина до 1—2 км, имеет террасированные склоны. Для речной долины у суходола не хватает главного — постоянного водотока. Лишь в короткий период весеннего снеготаяния и во время редких летних ливней по ним проносятся потоки мутной воды. Помимо *первичных,* балочных, суходолов широко распространены вторичные суходолы — верховья речных долин, потерявших водоток вследствие роста дренажа, понижения уровня грунтовых вод и исчезновения родников. Во многих случаях исчезновение родников вызвано их антропогенным заилением.

Суходолы в Казахстане и Средней Азии называют *сайями,* в Монголии — *сайрами.* Подобно суходолам Русской равнины, это небольшие долинные комплексы. Другой вид имеют *вади* Северной Африки и Аравии. Так арабы именуют сухие долины пустынь большой протяженности, лишь изредка заполняемые водой. В Аравии Вади-эр-Румма вытянута на 900 км, в среднеазиатских пустынях аналогом вади служат *узбои* — сухие, иногда с редкими озерками, старые русла рек, блуждающих и сейчас по пустыне или совсем прекративших свое существование. Наиболее известные из них — Западный Узбой протяженностью около 550 км и Келифский Узбой, часть долины которого использована под Каракумский канал. Периодически пересыхающие реки в Австралии известны под названием *криков* (от англ. creek — узкий морской залив, небольшая река, рукав главной реки). Крупнейший из них — Куперс-крик длиной 1400 км — во время летних ливней доносит воды до озера Эйр, превращающегося в сухое время в солончак.

Большинство вади, узбоев и криков — реликтовые образования, свидетели более влажного климата, существовавшего на территории современных пустынь в не таком уж отдаленном прошлом (порядка первых двух-трех десятков тысяч лет назад). Пустыня не щадит сухие долины, не обновляемые хотя бы изредка речными потоками. В конце концов от сухой долины остается цепочка впадин-ложбин, о речном происхождении которых можно

лишь догадываться по уцелевшим кое-где пятнам речного аллювия.

Правило биогеоморфологического соответствия и речные долины. Микрогеография реликтов. Анализ размещения флоры и фауны показывает тесную связь их с рельефом местности. *При прочих равных условиях (возраст, географическое положение, климат) чем сложнее и разнообразнее рельеф, тем богаче видовая насыщенность флоры и фауны, разнообразнее и сложнее структура биоценотического покрова.* Закономерность эту можно именовать *правилом биогеоморфологического соответствия.* Правило хорошо подтверждается при сравнении флоры и фауны гор и равнин, возвышенностей и низменностей на равнинах. Но оно в такой же мере справедливо и по отношению к речным долинам и окружающим их междуречным пространствам.

Если равнинные водоразделы юга Русской равнины на огромных пространствах представляют, по существу, единый плакорный биотоп (местообитание), то любая речная долина — сложнейший парагенетический узел множества контрастных местообитаний. Здесь соседствуют друг с другом теплые и солнечные склоны южной экспозиции с более прохладными северными склонами, известняковый и меловой утес с пологими скатами, затянутыми лёссовидными суглинками; безводные пески террас и бьющие у подножий склонов родники; степной простор верхних террас и воды реки. И не удивительно, что растительность и животный мир речных долин намного богаче и разнообразнее водораздельных пространств. Это *биологическая ось* любого региона, при движении от которой в сторону междуречий происходит выпадение целого ряда биоценозов.

Таким же разнообразием и богатством, как и растительность, отличается животный мир речных долин. На равнинах нет таких представителей фауны, которые встречались бы на водоразделах, но отсутствовали в развитых речных долинах. Напротив, есть большая группа животных, обитающая только в долинах рек и неизвестная на междуречьях. Это «пойменные эндемики», типичными представителями которых среди зверей являются речной бобр *(Castor fiber)*, выхухоль *(Desmana moschata)*, ондатра *(Ondatra zibethica)* (С. С. Туров, 1958).

По своим экологическим условиям речные долины представляют прекрасные рефугиумы (убежища) для переживания климатических невзгод многими видами растений и животных. На фоне равнинных междуречий они выделяются как места концентрации разновозрастных реликтов. Каневские горы на Днепре, Галичья гора на Дону, Жигули на Волге — известнейшие на юге Русской равнины центры реликтовых растений — послужили основой для выделения одноименных государственных заповедников. Долину Оскола за ее богатство реликтами Б. М. Козо-Полянский (1931) назвал «страной живых ископаемых». Как выяснилось

позднее, это образное название в не меньшей мере применимо к долине Дона и его правым притокам.

Местами сосредоточения реликтов в долинах рек чаще всего выступают скалистые коренные склоны и пойменные озера.

Долины рек как эколого-географические желоба. На фоне зональных типов ландшафта, свойственных междуречьям, речные долины играют роль эколого-географических желобов, по которым северные биоценозы смещаются в южном направлении, а южные — в северном. В итоге каждый конкретный участок речной долины представляет сложный узел зональных («местных») комплексов с комплексами более северных и южных зон.

Оценка речных долин как эколого-географических желобов излагается далее отдельно для русл, пойм, песчаных надпойменных террас, крутых коренных склонов.

Русла рек — транспортное средство не для одного человека. Это естественные каналы расселения животных и растений. В отличие от животных у растений нет «речных эндемиков», т. е. видов, свойственных только проточным водам. Первичное заселение текучих вод происходит за счет побегов, приносимых из водоемов со стоячей водой. Исключение составляет семейство подостемоновых *(Podostemonaceae),* виды которого характерны для быстро текущих рек тропического пояса и отсутствуют в водоемах со стоячей водой (Г. Вальтер, 1975). У растений преобладает пассивное расселение, направленное вниз по течению реки; вверх по реке оно осуществляется в ограниченных размерах. Водным и околоводным животным свойственны и пассивное, и активное расселения. Хорошим примером может служить успешная реакклиматизация в СССР речного бобра, за короткое время освоившего долины многих крупных и малых рек.

Значение речных русл как эколого-географических желобов наиболее наглядно прослеживается на многочисленных опытах акклиматизации промысловых зверей и рыб. Иногда такая акклиматизация происходит «самодеятельно»: речные угри, завезенные в водохранилище, стали предметом промысла любителей-рыболовов в удаленных речках Верхней Волги и Оки.

На сотни и тысячи километров вверх по реке ежегодно устремляются проходные рыбы — сельди, лососевые, осетровые, карповые.

Белорыбица *(Stenodus leucichthys)* раньше поднималась из Каспия до городов Ржева на Волге и Калуги на Оке. Из глубин Саргассова моря молодые речные угри *(Anguilla anguilla)* по рекам проникают в глубь европейского материка, достигают здесь зрелости и затем снова устремляются в Атлантику, чтобы отнереститься там и погибнуть.

Поймы рек — это не только экологические желоба, но и зоны «растяжения» гумидных ландшафтов. Такие свойства пойм являются результатом их повышенного увлажнения, плодородия почв,

ежегодно обновляемых в половодье глинистым наилком, и более «мягкими» по сравнению с водоразделами микроклиматическими условиями. Почти повсеместно на поймах господствуют два типа биоценозов: луговые и лесные, переходящие нередко в низинные болота. Пойменные луга и лесные биоценозы — зональные образования, но по сравнению с водоразделами зональность в них прослеживается менее отчетливо вследствие воздействия аллювиально-пойменного процесса.

Лесные биоценозы по поймам проникают одновременно и на Крайний Север — в лесотундру и южную тундру, и на юг — в степи, полупустыни и пустыни. Роль пойм как эколого-географических желобов особенно велика и наглядна в пустынях. Поймы среднеазиатских рек — *тугаи*, несмотря на исключительную сухость климата, в ряде мест одеты густейшими лесами из туранги (*Populus deversifolia*) и других тополей, зарослями высоких кустарников. Если у вади Сахары поймой считать сухое днище, то и оно — отчетливо выраженный эколого-географический желоб, покрытый более влаголюбивой растительностью, чем окружающая пустыня.

В саваннах Южной Америки и Африки пойменные леса называют галерейными [1]. В Бразилии «эти леса называют также «ресничными», потому что их можно представить в воображении как ресницы рек; заградительными, или защитными, как назвал их ботаник Линдеман, так как они идут вдоль реки, подобно защитным лесным полосам; прибрежными, береговыми и, наконец, согласно терминологии Гонзага де Кампос, приречными или конденсационными» [2].

По поймам и руслам крупных рек пролегают основные пролетные пути птиц, находящих здесь корм, воду и укрытия от хищников и непогоды.

Необычна эколого-географическая роль **песчаных надпойменных террас.** Образно, это дороги сосновых боров из тайги в лесотундру на севере, в лесостепь и степь на юге. По этой причине нижняя терраса, обычно сложенная песками, получила на Русской равнине название боровой. Проводниками южных элементов флоры и фауны на север и северных элементов на юг служат и **коренные склоны** речных долин.

Классификация долинно-речных ландшафтов. Опыта классификации речных долин как ландшафтов мало. Ограничимся здесь трехчленной таксономической системой: класс — зональный тип — морфологический вид.

Классов долинно-речных ландшафтов два: горный и равнинный.

---

[1] Иногда под галерейными лесами понимают пойменные леса и других безлесных зон — пустынь и степей.

[2] *Сантос Л. Б.* Галерейный лес/Люди и ландшафты Бразилии. М., 1958. С. 263.

Горные речные долины узки и глубоки. На быстро текущих реках часты пороги и водопады. Самый высокий водопад в мире — Анхель (979 м) на р. Чурун в Венесуэле, ему мало уступает водопад Тугела (948 м) на реке того же названия в ЮАР. Пользующийся широкой известностью Ниагарский водопад в Северной Америке имеет высоту всего 59 м. Прорываясь сквозь хребты и плато, реки образуют тесные *ущелья* и *каньоны.* Дарьяльское ущелье в долине р. Терек на Северном Кавказе имеет глубину до 1000 м. Еще более сильное впечатление оставляет Большой Каньон в США (штат Аризона), образованный рекой Колорадо. Он тянется на 320 км, имея глубину до 1800 м, ширину на уровне поверхности плато 8—25 км и у русла реки менее 1 км.

Равнинные долинно-речные комплексы состоят из большого числа *зональных типов:* тундрового, лесотундрового, таежного, лесостепного и т. п. Один зональный тип отличается от другого водным режимом реки, скульптурными особенностями морфологии долины, почвенно-растительным покровом и животным миром.

Зональный тип долинно-речных комплексов (обобщенное понятие) находит свое выражение *в морфологических видах:* 1) *неразвитых долинах* без четко выраженной дифференциации на структурные части. Они известны на низменных равнинах типа Прикаспийской; 2) *инверсионных долинах,* в которых уровень воды в русле реки, огражденном естественными береговыми валами, находится выше аллювиальных равнин. Во время половодий и паводков река нередко прорывается через валы, заливая обширные площади низменностей. Инверсионные долины редки, они встречаются на низменностях в нижнем течении рек, отлагающих массу взвешенного материала и блуждающих в этих наносах. Примечательна в этом отношении река Хуанхэ. Ее русло расположено на 3—10 м выше прилегающих равнин, длина защитных дамб около 5 тыс. км. В СССР к инверсионному типу принадлежит долина реки Терек в приустьевой части; 3) *молодых V-образных долинах,* лишенных развитой поймы и надпойменных террас; 4) *зрелых неполных* (бессклоновых) *долинах,* обладающих широкой поймой и серией надпойменных террас, но лишенных коренных склонов. Верхние террасы у этих долин морфологически незаметно переходят в водоразделы или сами становятся таковыми для рек второго порядка; 5) *зрелых полных долинах,* характеризующихся полноразвитым долинно-речным ландшафтным комплексом с развитыми руслом, поймой, надпойменными террасами, крутым (преимущественно правым) и пологим коренными склонами.

Для формирования зрелых полных долин требуется длительное время, чтобы они могли приобрести асимметричное строение и сложился комплекс надпойменных террас — вещественное свидетельство колебаний в прошлом или водности реки, или *базиса*

эрозии (уровень озера, моря, иногда сухой котловины, куда впадает река), а чаще — и того и другого вместе.

Конкретные формы зрелых полных долин даже в равнинных условиях очень разнообразны. На их морфологию влияют три фактора: высота местности, литология горных пород, история развития. На возвышенностях, особенно если они сложены плотными коренными породами, долины узкие, с переменной асимметрией склонов; на низменностях — широкие, с выдержанной правобережной асимметрией, блуждающим по пойме руслом.

Дельты рек. Часть рек при впадении в море или крупное озеро разгружаются от влекомых наносов, образуя низменные равнины, сложенные молодыми аллювиальными наносами. За свое сходство с заглавной греческой буквой Δ подобные приустьевые аллювиальные равнины получили название дельт. Дельты обычно расчленены множеством рукавов и протоков, сильно обводнены и покрыты болотной растительностью. Крупнейшую в мире дельту — около 100 тыс. км^2 — образует р. Амазонка; площадь дельты р. Меконга — около 70 тыс. км^2. В СССР самой крупной является дельта Лены — около 30 тыс. км^2. В ней более 800 проток, глубина и очертания которых меняются после каждого половодья. Хорошо изучена дельта Волги (19 тыс. км^2), густо заросшая тростником, камышом и рогозом.

В районе аридного климата многие реки не доносят своих вод до моря или ближайшего озера. В этом случае они образуют *наземную дельту* с сетью маловодных протоков, вода которых используется для орошения. Прекрасно выражены наземные дельты у среднеазиатских рек Теджен и Мургаб.

В Прикаспийской низменности есть необычные аналоги наземных дельт — *разливы.* Это слабо оформленные, обширные понижения, заполняемые весной водой бессточных рек. На короткое время они превращаются в озера, а затем обсыхают, покрываясь луговым травостоем с пятнами камышово-тростниковых крепей.

Долины рек и водоразделы как единая парадинамическая система. Речные долины и водоразделы (междуречья) образуют неразрывную парадинамическую систему. Водораздельная подсистема хотя и служит прямым продолжением долинно-речной, заслуживает обособления как из-за более древнего возраста, так и своеобразия ландшафтной структуры. Формирование ее связано с начальной стадией развития эрозионного рельефа, предопределенной первичным наклоном топографической поверхности.

Строго говоря, речным долинам противостоят не водоразделы, а *водораздельные пространства,* или междуречья, слагающиеся из трех полос: собственно водораздела и придолинных скатов. Водораздел разделяет сток различных бассейнов рек. В горах он чаще всего в виде узкого гребня, на равнинах — полосы, то очень узкой, то весьма протяженной, с замедленным или визуально не-

заметным поверхностным стоком. Водоразделы, как и разделяемые ими бассейны рек и водотоки, разномасштабны. *Главный (глобальный) водораздел Земли* отграничивает бассейны Северного Ледовитого и Атлантического океанов от бассейнов рек Тихого и Индийского океанов.

Морфология водораздельных пространств отличается большим разнообразием. Она зависит от глубины вреза речных долин, геологического строения, возраста, биоклиматических особенностей территории. Например, на севере Русской равнины, недавно освободившемся от ледникового покрова, междуречья часто всхолмлены, усеяны бессточными моренными озерами, а на юге равнины — зрелый эрозионный рельеф, с междуречными плато, преимущественно плосковершинными и асимметричными.

Будучи единой системой, водоразделы и речные долины оказывают воздействия друг на друга. При этом более активной и в своем развитии более автономной оказывается водораздельная подсистема. Долины — места аккумуляции и транспортировки жидкого и твердого стока, количественные и качественные характеристики которых зависят от строения водоразделов. Но и долины рек нельзя считать пассивной подсистемой. Свидетельство тому — явление «расседания междуречий» вблизи глубоко врезанных долин, активизация оползней и процессов смыва на склонах.

ЛЕДОВЫЙ ВАРИАНТ ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ

К этому варианту относятся ледники и многолетние морские льды. Ледники занимают площадь 16,3 млн. км², или около 11% суши. Площадь многолетних морских льдов, а к ним следует относить льды, сохраняющиеся на протяжении всего лета соответствующего полушария, несколько меньше: в Северном Ледовитом океане — 7 млн. км², в Южном океане — около 2,5 млн. км².

Ледники и многолетние льды — производное климатических условий. Основная область распространения тех и других — высокие широты.

Ледники образуются в местах положительного баланса твердых атмосферных осадков. Область питания их лежит выше *снеговой линии,* которую следует рассматривать как нижнюю границу хионосферы, преобразованную земной поверхностью. *Хионосфера* (от греч. chion — снег и sphaira — шар) представляет слой тропосферы с положительным балансом твердых осадков. Ее М. В. Ломоносов называл *морозным слоем атмосферы,* а сам термин «хионосфера» предложен С. В. Калесником.

Положение снеговой линии зависит от широты места и количества атмосферных осадков. Наиболее приподнята она в сухих субтропиках — свыше 6000 м (в Тибете и Андах до 6500 м). Ниже всего, опускаясь до уровня моря, снеговая линия лежит в

Антарктиде; в Арктике она располагается несколько выше уровня моря.

Формирование **многолетних морских льдов** не связано со снеговой линией. Они возникают в районах с низкими зимними температурами воздуха и холодным летом, во время которого образовавшийся за зиму лед не успевает растаять.

Будучи производным климатических условий, ледовый вариант ландшафтной сферы в свою очередь является мощным климатообразующим фактором. По общему мнению, ледники и морские льды с покрывающим их снегом представляют собой настоящие холодильники Земли. Это объясняется особенностями льда и снега как подстилающей поверхности: их высоким альбедо и большой величиной излучения длинноволновой радиации. Поверхность ледника отражает в зависимости от загрязнения от 10 до 40% суммарной солнечной радиации, фирн — от 40 до 60%, свежевыпавший снег — от 80 до 95%. Все это приводит к сильному выхолаживанию нижних слоев воздуха над ледниками и снежным покровом, к иссушению воздуха в связи с выпадением из него изморози и инея. Слабо прогревается воздух над ледяным покровом даже в разгар лета, так как возросшая солнечная радиация расходуется не на прогрев почвы и воздуха, а на испарение и таяние снега и льда.

Таким образом, ледовые ландшафты характеризуются постоянно низкими температурами не только самого ледяного субстрата, но и воздуха.

Вторая особенность ледовых ландшафтов заключается в бедности или полном отсутствии минеральных веществ, столь необходимых для развития растительной жизни. Это последнее обстоятельство является решающим в подавлении органической жизни в ледовом варианте ландшафтной сферы.

Тем не менее лед и снег не необитаемая среда. В условиях средней полосы существует большая группа растений и животных, которые переносят зиму, находясь во льду в замерзшем анабиотическом состоянии. Это так называемый *пáгон* (многие растения, простейшие, коловратки, тихоходки, молюски, черви, ракообразные, насекомые и др.), в составе которого обнаружено около 150 видов.

Помимо пáгона умеренных широт есть целая группа насекомых, водорослей и грибов, вся жизнь которых связана со льдом ледников и вечными снегами.

В разных районах известны «красный снег», «цветущие ледники», окраску которым придают водоросли и обитающие с ними грибы и бактерии. Из водорослей особенно характерна хламидомонада *(Chlomidomonas nivalis-Sphaerella nivalis),* придающая снегу красный и темно-малиновый цвет. В зависимости от вида водорослей снег и лед могут быть окрашены не только в красный, но и в другие цвета — зеленый, бурый, коричневый, черный.

Исключительно на снегу и льду живет ногохвостка снежная (*Achorutes nivalis*) — мелкое бескрылое насекомое. На ледниках Альп местами их бывает так много, что поверхность снега выглядит черной (Д. Дайсон, 1966). Питаются они пыльцой деревьев, заносимой на ледник ветром. Всю жизнь проводят на льду два вида червей, обнаруженные на ледниках Северной Америки.

Эти и другие проявления органической жизни говорят о том, что ледники и вечные снега не представляют безжизненную пустыню.

У ледового варианта ландшафтной сферы есть еще одна особенность — наличие движения. Лед хотя и твердая горная порода, но обладает вязкостью, вследствие чего ледники на суше характеризуются самостоятельным движением. «Движение — основной процесс, управляющий жизнедеятельностью ледника. Оно служит источником энергии для изменений структуры ледникового льда, влияет на его тепловое состояние, разгружает области аккумуляции ото льда и производит работу выпахивания ледниковой постели»[1].

С движением ледников связано существование особого ледового типа литогенеза (осадочного процесса), характеризующегося значительной механической обработкой переносимых обломков, при полном отсутствии сколько-нибудь выраженной механической сортировки и дифференциации.

Многолетние морские льды также обладают движением, но это движение пассивное, обязанное движению воды. Перемещающиеся морские льды и айсберги разносят включенный в них терригенный материал.

В ледовом варианте обособлены три класса ландшафтов.

1. Класс горно-ледниковых ландшафтов. На горные ледники приходится лишь незначительная часть, не более 3—3,5% общей площади, покрытой ледниками. Ледники начинают формироваться на склонах гор значительно ниже климатической снеговой границы. Если климатическую снеговую границу рассматривать как «уровень 365», где снег на горизонтальной незатененной поверхности лежит все 365 дней в году, то ледники в горах СССР вследствие различной экспозиции склонов и метелевого перераспределения снега начинают появляться на «уровне 220—260» (Г. К. Тушинский, Н. М. Малиновский, 1962). Разница между климатической снеговой границей и реальной снеговой границей на ледниках измеряется обычно несколькими сотнями метров, но местами она возрастает до 1000—1500 м и более (Кавказ — 1300 м, Камчатка — 1650 м).

В зависимости от местоположения горные ледники делятся на *вершинные, склоновые* и *долинные*. Размеры их сравнительно невелики. Ледник Федченко на Памире, самый крупный в СССР,

[1] *Калесник С. В.* Очерки гляциологии. М., 1963. С. 188.

имеет длину 77 км, площадь 651,7 км², мощность льда более 500 м. Ледник Хаббард на Аляске имеет длину 145 км.

Горные ледники обладают значительной скоростью движения. На малых ледниках она составляет несколько метров в год, на крупных возрастает до 50—200 м/год. Особый класс образуют *пульсирующие ледники,* изучение которых В. М. Котляков (1986) считает одной из животрепещущих проблем гляциологии. Периодически — от нескольких лет до 100 лет — происходит разрядка накопившихся в теле ледника напряжений, сопровождающаяся перераспределением ледниковой массы вниз по профилю и резким нарастанием скорости движения льда с подвижкой ледникового языка. Быстро сместившийся ледник может перегородить стоящую на его пути речную долину и вызвать тем самым ряд крайне опасных для местного населения последствий. В СССР установлено более 100 пульсирующих ледников. Самый известный и лучше других изученный — ледник Медвежий на Памире, с подвижкой льда через каждые 10—14 лет.

Небольшие по площади, заключенные в рамку каменного материала наземных ландшафтов, лежащие часто ниже уровня климатической снеговой границы, горные ледники характеризуются повышенной загрязненностью поверхности, более разнообразными и богатыми проявлениями на ней органической жизни. Горные ледники в зоне абляции (зоне уменьшения массы ледника в результате таяния и испарения) иногда бывают так сильно перекрыты поверхностной мореной, что граница их на глаз становится трудноустановимой. Такая картина наблюдается, например, на многих ледниках Памира.

На горных ледниках можно встретить все группы живых организмов — обитателей льдов и вечных снегов: насекомых, червей, клещей, водорослей, грибов, бактерий. Зимой и летом на ледяной и снежной поверхности горных ледников отлагаются пыльца и споры растений. В связи с этим при изучении ледников применяется спорово-пыльцевой анализ, позволяющий установить время (сезон) и возраст образования того или иного снежного или ледяного горизонта.

В аридных районах умеренного пояса и субтропиков горные ледники в летнее время служат важнейшими поставщиками пресной воды.

2. Класс покровно-ледниковых ландшафтов. Они занимают не менее 96,5—97% площади современного оледенения. Представлены покровно-ледниковые ландшафты крупными куполами и щитами.

Крупнейший ледниковый покров Земли — Антарктический, скрывающий почти весь материк и значительную часть шельфа. Площадь его около 13,975 тыс. км², средняя толщина 1830 м, максимальная — 4776 м. В ледяном теле Антарктиды, равном 30 млн. км³, заключено более 90% всех пресных вод Земли. В

центре покрова лед движется очень медленно — несколько метров в год, но вблизи окраин скорость движения возрастает до 200—300 м/год, а в так называемых *выводных ледниках* — до 1000 м/год. Современный баланс льда в ледниковом покрове Антарктиды близок к равновесному. При большой мощности и нагрузке ледяной покров в Антарктиде на контакте с каменным ложем начинает подтаивать и в неровностях коренного рельефа образуются настоящие подледные озера. В районе станции «Восток» оконтурено такое озеро площадью 8000 км².

В зависимости от местоположения ледниковые покровы делятся на три *морфолого-динамических типа;* наземный, плавучий, «морской». Наземные покровы залегают целиком на каменном ложе и имеют выпуклую форму; плавучие — на морской или озерной воде и обладают плоской поверхностью; «морские», сочетающие выпуклую поверхность над каменным ложем, опущенном ниже уровня моря, и горизонтальную, где окраинный лед оказывается на плаву. К плавучим покровам относятся шельфовые ледники, к «морским»— покровы Западной Антрактиды.

Под ледниковым щитом погребен сложный рельеф «каменной» Антарктиды, кое-где проглядывающий из-подо льдов в форме оазисов и нунатаков. Массив Винсон имеет абсолютную высоту 5140 м.

Другой значительный ледниковый покров — Гренландский. Его площадь 1726,4 тыс. км², максимальная мощность 3408 м, объем льда 2,6 млн. км³.

Все другие щиты и шапки, известные в Арктике (Канадский архипелаг, Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля), занимают небольшую площадь и по своим размерам не могут идти ни в какое сравнение с Антарктическим и Гренландским ледниковыми покровами.

Занимая обширные площади, ледниковые покровы создают собственный «снежно-ледяной» климат, характеризующийся выхолаживанием нижних слоев воздуха. Над Гренландским и особенно Антарктическим ледниковым покровом устанавливаются устойчивые антициклоны, которые еще более способствуют охлаждению их поверхности. На значительной абсолютной высоте это приводит к формированию над Антарктическим ледниковым щитом земного полюса холода. Практически круглый год над Антарктидой существует инверсия температуры приземного слоя воздуха на высоту до 700 м. В июле у поверхности ледника в Центральной Антарктиде температура воздуха составляет —67°С, а на высоте около 700 м равна —41°С. Инверсия температуры поддерживает стабильность оледенения (И. И. Цигельницкий, 1984).

В отличие от класса горно-ледниковых ландшафтов загрязненность поверхности ледниковых покровов незначительная. В местах отсутствия нунатаков источников загрязнения ледниковых щитов оказывается вулканическая и космическая пыль. Однако летом

поверхность ледниковых щитов (целиком или частично) уже нельзя назвать «белоснежной»: на больших пространствах подтаявшие верхние горизонты льда приобретают из-за пыли серый цвет. Не представляют исключения и периферические части Антарктического покрова. По наблюдениям В. И. Бардина, к югу от оазиса Ширмахера в летнее время поверхность ледникового щита до высоты 1000 м почти совершенно лишена покрова снега, залита талыми водами и имеет грязно-серый оттенок из-за вытаивающей и оседающей пыли.

Ледниковые покровы — крайне неблагоприятная среда для развития органической жизни. Безжизненной пустыней предстают льды Антарктиды. Даже водоросли и те не сумели приспособиться к жизни на них. Но уже ледниковый покров Гренландии не лишен проявлений жизни. Здесь ниже фирновой линии рассеяна масса цилиндрических ямок до 60 см глубины и от нескольких миллиметров до метра в диаметре. Дно таких ямок покрыто тонким слоем серого мелкозема, в состав которого входят эоловая пыль, пыльца растений, сине-зеленые водоросли и коловратки.

При огромных массах льда, заключенных в ледниковых щитах и куполах, очень важно знать, насколько они устойчивы, нет ли среди них *пульсирующих,* аналогичных горным ледникам. Наличие подледного таяния в Антарктиде не позволяет определенно утверждать, что этот гигантский ледниковый покров находится в устойчивом состоянии. Гляциологи считают вполне вероятным, что весь он или его отдельные части подвержены периодическим резким колебаниям (В. М. Котляков, 1986). Австралийские ученые пришли к заключению о возможности подвижек Восточно-Антарктического покрова через каждые 23 тыс. лет. Во время подвижек на протяжении 250 лет скорость выброса льда достигала нескольких километров в год. Если такие подвижки действительно имели место, то они влияли на уровень Океана, температуру его вод и тем самым на климат Земли в целом.

3. *Класс ландшафтов старых (остаточных однолетних, двухлетних и многолетних) морских льдов.* Эти льды характерны для высоких широт Арктики и Антарктики, где средние годовые температуры воздуха и воды отрицательные, а годовой баланс льдов (нарастание — стаивание) положительный. В центральной части Северного Ледовитого океана годовое нарастание толщины льда (на участках, свободных от многолетних льдов) составляет 200—230 см, а стаивание — 90—120 см.

Толщина многолетних морских льдов небольшая. В Северном Ледовитом океане она достигает 4,5 м зимой и 1,5—3,0 м летом. Многолетние льды Антарктики тоньше: 50—70 см у кромки и до 2,0 м вблизи материка.

За исключением многолетнего припая, известного в Антарктике и в немногих местах Арктики, например в фиордах Северной Гренландии, многолетние морские льды под влиянием течений и

ветра находятся в движении. Поверхность их разбита трещинами на отдельные льдины и ледяные поля с разводьями и полыньями между ними. Летом такие полыньи наблюдаются во всех районах Центральной Арктики.

Перемещающиеся с разной скоростью ледяные поля и льдины сталкиваются друг с другом, образуя на месте стыка полосы бугристых *торосов*. Высота торосов вдали от берегов не превышает 8—10 м. В Антарктике, где дрейф льдов не ограничен береговой линией, ледяные поля отличаются более крупными размерами и меньшей торосистостью, чем в Арктике (Ю. В. Макеров, 1956).

Название *многолетние* по отношению к морским льдам условное. Льды с помощью течений выносятся из высоких широт в более низкие, где и тают. Возраст многолетнего арктического льда может достигать 7—9 лет.

Несколько долговечнее многолетних льдов *айсберги*. Это подлинные ледяные горы, источником для образования которых служат ледниковые покровы Антарктиды, Гренландии, Земли Франца-Иосифа, Северной Земли. Хотя надводная часть айсбергов составляет лишь $^1/_5$—$^1/_6$ общей высоты, в Арктике известны случаи, когда высота айсбергов в надводной части достигала 70 м, иногда более 100 м. Наиболее крупные айсберги Арктического бассейна называют *ледяными островами*. Один из них, открытый в 1948 г., имел размеры 29×27 км. Но даже эти ледяные острова Арктики не могут идти в сравнение с айсбергами Антарктики. Советские исследователи наблюдали здесь в декабре 1965 г. айсберг размером 160×72 км. Один из айсбергов, отмеченных в водах Антарктики, достигал высоты 500 м. При этом следует иметь в виду, что 70—90% объема айсбергов находится под водой.

Снег на ледяных полях в летнее время стаивает[1], и на поверхности льдин возникают *снежницы* — заполненные талой водой углубления. Количество и глубина снежниц растет с возрастом ледяных полей. Чем старше ледяное поле, тем больше на его поверхности скапливается летом минеральных и органических частиц, вследствие чего старые льдины отчетливо выделяются своим грязно-серым цветом на фоне ярко-белых молодых льдов.

Многолетние морские льды — наиболее богатый органической жизнью класс ледовых ландшафтов. Многие животные, обитающие на них, питаются продуктами моря. Без ледяных полей не могут обходиться тюлени. Дрейфующие льды служат для них «родильным домом» и единственной средой обитания в период «детства». Охотясь за тюленями, свободно путешествуют по арктическому паку белые медведи, а за ними далеко в глубь Центральной Арктики проникают песцы. В Антарктике на старых льдах проводят значительную часть своей жизни пингвины. Наи-

[1] Это относится в первую очередь к дрейфующим льдам Арктики. Дрейфующие льды Антарктики отличаются повышенной заснеженностью.

более замечателен императорский пингвин (*Aptenodytes fosrteni*) — самая крупная из этих птиц, которая всю свою жизнь может обходиться без суши.

Разнообразная жизнь возникает и развивается на самих многолетних морских льдинах. Это удивительный мир диатомовых водорослей и других микроорганизмов. Ф. Нансен, описывая свое путешествие на «Фраме», отмечал, что почти все лето 1894 г. он изучал под микроскопом живой мир морских льдов — диатомей, жгутиковых, инфузорий и бактерий: «И эти мельчайшие одноклеточные комочки клейкого студенистого вещества родятся и живут тысячами и миллионами почти на каждой льдине, среди этого беспредельного моря, на которое человек готов смотреть как на царство смерти»[1].

Многолетний лед в Арктике обновляется ежегодно на 1 м, стаивая летом с верхней поверхности и нарастая зимой с нижней, морской, поверхности. Водоросли, особенно диатомеи, встречаются во всей толще морских арктических льдов. Активная деятельность их в летнее время способствует разрушению прочности льдов и их таянию. Особенно много водорослей на нижней, морской, поверхности льда, где диатомовые образуют сгустки и комки до 10—15 см в диаметре, а колониальная мелозира (*Melosira arctica*) образует шлейфы длиной до 2 м. С ледовой флорой связан комплекс фауны, включая постоянных обитателей льда — гаммариусов (*Gammarius wilkitzkii*), мизид (*Mysis polaris*) и др. (И. А. Мельников, 1984). Обилие диатомовых водорослей, придающих нижней поверхности льда желто-коричневую окраску, свойственно и многолетним льдам Антарктики (А. П. Лисицын, 1961).

Скопления ледовых диатомей по своему составу резко отличаются от фитопланктона того же участка моря. Это особые фитоценозы, где лед служит не только местом механического прикрепления, но и своеобразной средой, благоприятной для развития криофильной флоры (от греч. krýos — холод, лед, phytón — растение).

Ледовая флора естественно повышает общую биологическую продуктивность морей. Но сам лед, его присутствие, угнетающе действует на фито- и зоопланктон. Массовое развитие фитопланктона, его весенняя вспышка, может происходить только тогда, когда стаивает лед, а это в Центральной Арктике происходит не на всей площади и длится очень короткое время — не более 1—1,5 месяца.

При бедности планктоном *ледовых морей* обращает на себя внимание исключительное богатство фито- и зоопланктона непосредственно у кромки льдов, что привлекает сюда рыбу, млекопитающих и птиц. Основной причиной этого одни исследователи считают обогащение воды питательными веществами за счет тающе-

[1] *Нансен Ф.* «Фрам» в Полярном море. Т. 1. М., 1956. С. 278.

го льда, другие — физико-химические особенности талой воды, наконец, третьи видят у каждой кромки льда «биологическую весну», сопровождающуюся вспышкой в развитии фитопланктона. В любом случае эта особенность в географии планктона имеет важное значение, она объясняет наличие сравнительно богатой органической жизни в ледовых морях.

Пока не во всех случаях ясна нижняя граница ледового варианта ландшафтной сферы.

В классе многолетних морских льдов ландшафтная сфера имеет наиболее сложную вертикальную структуру, состоящую из трех-четырех ярусов: 1) приледового слоя воздуха на высоту 30—50 м, 2) ледяного покрова, 3) подледного слоя воды. На мелководных шельфах присоединяется четвертый — донный (подводно-грунтовый) слой.

На ледниках ландшафтная сфера двухъярусной структуры состоит из верхнего, воздушного, и нижнего, снежно-ледяного, ярусов. Нижняя граница снежно-ледяного яруса менее определенна и меняется в зависимости от местных условий. В ландшафтную сферу ледового варианта должен включаться полностью снежный покров. При небольшой мощности ледников ландшафтная сфера приобретает трехъярусное строение: к воздушному и снежно-ледяному ярусу присоединяется подлежный грунтовый ярус, всегда в той или иной мере преобразованный перемещающейся массой ледника.

Масса и время жизни основных видов льда

В ледовом варианте ландшафтной сферы заключено почти 98% массы всех природных льдов Земли (табл. 11). 2,04% приходится на *подземные* льды, распространенные в районах вечной мерзлоты. Но подземные льды составляют компонент не ледово-

Таблица 11. Распространение на Земле основных видов льда

Виды льда	Масса		Площадь распространения		Среднее время жизни, годы
	г	%	млн. км²	доля поверхности, %	
Ледники и ледниковые покровы	$2{,}4 \cdot 10^{22}$	97,72	16	11 суши	9580
Подземные льды	$5 \cdot 10^{20}$	2,04	32	25 суши	30—75
Морские льды	$4 \cdot 10^{19}$	0,16	26	7 океана	1,05
Снежный покров	$1 \cdot 10^{19}$	0,04	72	14 Земли	0,35—0,52
Айсберги	$8 \cdot 10^{18}$	0,03	64	19 океана	4,07
Атмосферные льды	$2 \cdot 10^{18}$	0,01	—	—	$4 \cdot 10^{-3}$

го, а наземного варианта ландшафтной сферы. При его вытаивании или оттаивании вечной мерзлоты образуются пустоты, а на поверхности — просадки и провальные воронки, получившие за сходство с карстом название термокарстовых форм.

Толщи льда, как и любая другая горная порода, несут богатую информацию о возрасте и природной обстановке времени своего образования. В Гренландии, Антарктиде и в ряде других ледниковых районов пробурено много глубоких скважин (до 2000 м и более) с последующим изотопно-геохимическим анализом ледяного крена. Анализ этот дает неоценимый материал для широких палеогеографических построений.

Различные виды льда имеют неодинаковый *век жизни*, измеряемый временем среднего влагооборота. Среднее время жизни ледников Земли равно 9580 лет, в центре Антарктиды оно превышает 200 тыс. лет, в Гренландии — 4000, а на Земле Франца-Иосифа — 320 лет.

ЗЕМНОВОДНЫЙ ВАРИАНТ ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ (ЗК+ВТ+ВО)

Земноводный вариант, будучи ареной прямого соприкосновения трех резко контрастных структурных частей географической оболочки, характеризуется исключительно высокой интенсивностью обмена веществом и энергией. В его составе четыре класса ландшафтов: речные, озерные, литоральные (собственно земноводные), мелководные морские.

Речные ландшафты. Реки как структурные части долинно-речных ландшафтов были описаны в наземном варианте. Но сама река, ее русловые воды принадлежат земноводному варианту. Характернейшая черта рек — текучесть, непрерывная обновляемость их вод, неповторимость русловых биоценозов, образованных устойчивым бентосом, подвижным нектоном и текучим планктоном, непрерывно смещающимся вниз по реке.

Решающее значение в формировании русловых комплексов принадлежит водному горизонту. От скорости течения, глубины, физико-химических свойств речных вод зависят рельеф дна, состав грунтов, биоценозы. В структурном отношении русло каждой реки состоит из *перекатов* и *плесов*. Образуя взаимосвязанную парагенетическую систему, перекаты и плесы медленно смещаются вверх по реке.

Непостоянство уровня и расходов воды — еще одна отличительная черта рек. Весеннее половодье (разливы) в реках умеренного пояса сменяется летним и зимним меженем. В саваннах и странах с муссонным климатом высокая вода приходится на период летних дождей. В странах Средиземноморья реки многоводны зимой. В общих чертах можно сказать, что режим рек определяется климатом. Но есть много исключений. В пустынях Средней

Азии осадков летом выпадает очень мало, а реки Амударья и Сырдарья именно в это время многоводны, так как питаются за счет горных ледников.

Многие реки сейчас перегорожены плотинами гидроэлектростанций, что привело к изменению их режима в сторону зарегулирования стока.

Озерные ландшафты. Озера занимают около 2,7 млн. км², что составляет примерно 1,8% всей площади суши. Общее число озер на Земле исчисляется миллионами, но подавляющая часть из них — малые водоемы с площадью зеркала менее 1 км². Самое крупное по площади (371 000 км²) и объему воды — Каспийское; самое глубокое озеро мира — Байкал (1620 м). В озерах сосредоточено до 176 тыс. км³ воды, из которых 52% — пресные.

Озера нередко соединены друг с другом, образуя единые *озерно-речные системы.* Подобные системы легко увидеть, рассматривая карты Карелии, Кольского полуострова или Прибалтики.

Происхождение озерных котловин самое разнообразное. Однако большинство крупных озер имеет *тектоническое происхождение.* С деятельностью ледника связано образование многочисленных, но небольших по площади *моренных* озер. В горах встречаются *вулканические* и *завальные,* или *плотинные,* озера. Одно из завальных озер, Сарезское на Памире, имеет глубину до 505 м. Невелики по размерам *термокарстовые*, *карстовые* и близкие к ним *суффозионные* озера, образующиеся в результате подземного выщелачивания и последующей просадки грунтов. В долинах рек часты *пойменные озера — старицы.*

Озера — крайне благоприятная среда для развития богатой и разнообразной биоты: бактерий, водорослей, высшей растительности, насекомых, ракообразных, рыб, некоторых видов зверей. Очень высокая интенсивность биологического круговорота. В пресных водоемах умеренных широт биомасса планктонных ракообразных обновляется 10—30 раз за вегетационный сезон. Часто требуются всего одни сутки, чтобы вся масса воды озера была пропущена через фильтровальный аппарат планктонных рачков, отфильтровывающий бактерии (Г. Г. Винберг, 1967).

Если реки — каналы по перемещению вещества, то озера, обладающие *замедленным водообменом,* служат аккумуляторами минерального и органического вещества. Аккумуляция вещества играет важную роль в эволюции озерных ландшафтов. С течением времени многие из них мелеют, превращаясь в болота.

В глубоких и крупных по площади озерах типа Каспийского моря или Байкала ландшафтная сфера приобретает двучленное строение, распадаясь на водно-поверхностный и донный варианты.

Комплексным изучением озер занимается особая наука — *озероведение*, или *лимнология* (от греч. limne — озеро, пруд). В ее задачу входит исследование и *водохранилищ* с *прудами.* Количе-

ство небольших прудов достигает многих миллионов, а число крупных водохранилищ превысило 16 000 с суммарным полезным объемом более 3000 км³.

Литоральные ландшафты. Название этого класса ландшафтов происходит от лат. litoralis — береговой, прибрежный. Под литоральными ландшафтами подразумевается ежесуточно заливаемая во время приливов часть береговой зоны. Обычно это полоса шириной от нескольких десятков или сотен метров до нескольких километров. Протяженность ее зависит от морфологии побережья и высоты приливов.

Литоральные ландшафты характеризуются крайне интенсивным взаимным обменом веществом и энергией между наземными и водными ландшафтами. Во время каждого прилива и отлива перемещаются огромные массы минерального и органического материала. Особенно большие последствия имеет накопление в литоральной зоне органического детрита — удобрения, которое обеспечивает здесь пышное развитие водорослей, преимущественно бурых. Водоросли дают корм, а часто и приют богатому животному миру — кишечнополостным, червям, моллюскам, ракообразным, рыбам. Во время отлива многие животные литорали становятся добычей птиц и грызунов, приходящих со стороны незаливаемого побережья; в прилив сюда устремляются на откорм рыбы. Литораль с ее богатой жизнью есть «настоящая кормушка и для наземных, и для морских животных» (Л. А. Зенкевич, 1951).

Классический пример земноводных ландшафтов составляют *мангровые леса,* развитые по низменным побережьям тропических морей. Почвой в них служит голубовато-черный ил, обедненный кислородом, и для большей устойчивости, а также для получения кислорода из воздуха у многих деревьев развиты ходульные и дыхательные корни, обнажающиеся во время отлива. Располагаясь в соленой воде, мангровые растения являются галофитами (приспособленными к произрастанию на засоленной почве) с ясно выраженным ксероморфным строением.

В умеренных и высоких широтах к классу земноводных ландшафтов принадлежат *ватты* и *марши* Западной Европы, *лайды* по побережью северных морей СССР. По берегам Северного моря, в Нидерландах и ФРГ, марши и ватты, защищенные от моря дамбами, превращены в *польдеры* — прорезанные каналами плодороднейшие равнины, занятые возделанными полями и лугами.

Мелководные морские ландшафты представлены акваториями Мирового океана с глубинами до 200 м. География их в основном соответствует шельфовой зоне океана, хотя полного сходства между ними нет. В то время как нижняя граница мелководных ландшафтов очерчивается строго по 200-метровой изобате, совпадающей с нижним пределом фотосинтеза, нижняя граница шельфа (материковой отмели) испытывает значительные колебания.

Мелководные ландшафты занимают площадь 27,6 млн. км², что составляет 7,6% площади Мирового океана.

Шельф, составляющий чаще всего ложе мелководных ландшафтов, представляет затопленную окраину материков, сохранившую реликтовые формы рельефа, заложенные еще в надводных условиях. Воды — основной компонент мелководных ландшафтов — характеризуются высокой подвижностью и более или менее резкими колебаниями температуры, связанными с изменениями температуры воздуха. Во время сильного волнения вся толща воды мелководных ландшафтов приходит в движение. Волнение выбрасывает камни массой до 0,5 кг с глубины 50 м, возможно перемещение твердых частиц на глубине 200 м. Расположенные в зоне контакта суши и моря мелководные ландшафты служат местом аккумуляции терригенных осадков и концентрации детрита наземного и океанического происхождения. Все это обусловливает здесь исключительное богатство органической жизни.

Бурые, зеленые и красные водоросли, а вблизи берегов и цветковые растения часто образуют на мелководье густейшие подводные луга и леса, заселенные массой разнообразных животных. Длина стеблей гигантских макроцистис и нереоцистис, широко распространенных в Мировом океане, достигает 100—200 м.

Подводные заросли водоросли *Macrocystis pyrifera* в южном полушарии произвели большое впечатление на Ч. Дарвина во время его кругосветного путешествия на корабле «Бигль»: «Эти огромные подводные леса южного полушария я могу сравнить только с наземными лесами тропических областей»[1]. Слова Ч. Дарвина — не преувеличение. Дж. Куллини (1981), американский биогеограф, также утверждает, что заросли крупных бурых водорослей по обилию жизни, нашедшей в них приют, могут соперничать с тропическим лесом в сезон дождей. Свою увлекательно написанную книгу об органической жизни в шельфовых морях он назвал «Леса моря».

Массовые заросли макрофитов свойственны наиболее мелководным участкам, обычно до глубины 10—12 м. В этой же зоне наблюдается и наиболее высокая продуктивность бентоса. По вычислениям Л. А. Зенковича и др. (1971), средняя биомасса бентоса в шельфовой зоне чаще всего колеблется от 10 до 15 г/м².

В трансформации органического вещества, поступающего на дно мелководных ландшафтов, велика роль микроорганизмов. Наиболее активен в отношении бактериальных процессов самый поверхностный слой иловых отложений, находящийся на границе грунт — вода.

Единство воздуха, воды и минеральных грунтов, свойственное земноводному варианту, иллюстрирует образ жизни населяющих

---

[1] *Дарвин Ч.* Путешествие натуралиста вокруг света на корабле «Бигль». М,. 1977. С. 220.

его животных. Только здесь в составе планктона широко участвуют *личинки донных организмов* (морских червей, крабов, моллюсков и др.). Вполне «земноводными» оказываются такие морские млекопитающие, как моржи (*Odobaenus rosmarus*) и киты. Первые, устраивая редкие теперь лежбища на берегу или льду, питаются главным образом донными моллюсками и ракообразными. Чукотско-Калифорнийская популяция серых китов (*Echrichtius robustus*) в местах летнего нагула на севере Берингова моря и в Беринговом проливе, питаясь бентосом (амфиподами), перемещает ежегодно около 1,2 км^3 грунта. «Вспахивание» морского дна путем всасывания и отцеживания мягких осадков и образование неровностей дна в виде множества неглубоких впадин обеспечивает интенсивную циркуляцию питательных веществ, что благоприятно сказывается на дальнейшем развитии амфипод.

Мелководные ландшафты располагают огромными природными ресурсами, которые с каждым годом все более вовлекаются человеком в хозяйственное использование.

Из полезных ископаемых, заключенных в мелководных ландшафтах, наибольшее значение имеют нефть, газ и фосфориты. На «морскую» нефть в 1985 г. приходилось 28,4% (787,5 млн. т) от общей ее мировой добычи. Предполагается, что к 2000 г. половину добываемых в мире нефти и газа поставят недра Мирового океана (С. Б. Слевич, 1988).

Несмотря на продвижение рыбного флота в открытый Океан, мелководные ландшафты продолжают оставаться главным поставщиком морской рыбы. Во многих странах на прибрежном мелководье интенсивно развивается *марикультура* — выращивание ценных промысловых рыб в специализированных морских хозяйствах; культивирование двустворчатых моллюсков (мидий, устриц, морского гребешка); создание плантаций морских водорослей, дающих ценнейшую пищевую, кормовую и техническую продукцию.

Подобно другим государствам, Советский Союз в законодательном порядке осуществляет суверенное право над континентальным шельфом, примыкающим к побережью или к островам СССР, в целях разведки и разработки его природных богатств.

Рациональному освоению природных ресурсов мелководных морских ландшафтов будет способствовать установление 200-мильных экономических зон для прибрежных государств. Возможно, в недалеком будущем мелководные ландшафты будут освоены и даже заселены в не меньшей мере, чем наземные. Уже сейчас над их поверхностью поднимаются не только нефтяные вышки, но и дома городов, а кое-где и зелень полей. Но больше всего в перспективе получит развитие марикультура.

ВОДНЫЙ (ВОДНО-ПОВЕРХНОСТНЫЙ) ВАРИАНТ ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ (ВО+ВТ)

Водный вариант слагается из 200-метрового поверхностного слоя воды океанов и прилегающих к нему слоев воздуха на высоту 30—50 м. По площади (около 333 млн. км^2, включая определенную часть ледового варианта) это один из самых распространенных вариантов ландшафтной сферы.

Взаимный обмен веществом и энергией между океаном и атмосферой настолько активен и всеобъемлющ, что трудно найти какое-либо одно существенное свойство, качество океана или атмосферы, которое бы не определялось активным взаимодействием этих двух геосфер. «В сущности, например, океан и тропосфера как два тела, раздельно существующие, есть фикция. Мы в действительности имеем дело с своеобразной организованностью биосферы, с естественным планетным телом, которое мы не можем разделить без его уничтожения. Мы имеем дело здесь с единым определенным планетным динамическим равновесием: Тропосфера⇄океан⇄подводная тропосфера»[1].

200-метровый поверхностный слой воды океанов резко отличается от нижележащих водных масс. Именно в этом слое воды, как следствие прямого взаимодействия океана с атмосферой, наблюдаются широтные (зональные) изменения ландшафта (температуры, солености, плотности воды, биологической жизни), заметные колебания температуры, ветровые течения и фотосинтез, осуществляемый фитопланктоном.

Водно-поверхностный вариант представляет динамическую систему, четко обособленную как от нижележащих слоев воды, так и мелководных (шельфовых) морей. Отличительная черта этой системы — *преобладающий широтный перенос вещества и энергии*, хорошо выраженный в направлении поверхностных течений. Напротив, в глубже лежащих слоях Океана и в мелководных морях ведущая роль принадлежит *меридиональному переносу вещества и энергии*.

Вертикальная структура приповерхностной водной массы очень сложная и состоит из качественно различных слоев. Главнейшие из них: верхний квазиоднородный; перемешанный толщиной около 50 м; слой ночной конвекции — суточного «дыхания»— 5 м; слой линейного уменьшения турбулентности с приближением к поверхности — 0,5 м; холодная поверхностная пленка — 1 см; холодная квазиламинарная поверхностная пленка молекулярной проводимости тепла и газов — около 1 мм^2.

---

[1] *Вернадский В. И.* Химическое строение Земли и ее окружения. М., 1965. С. 213.

[2] *Добровольский А. Д., Лебедев В. Л.* Граничные поверхности как элемент структуры океана.//Вест. МГУ. Геогр. 1988. № 4. С. 67—73.

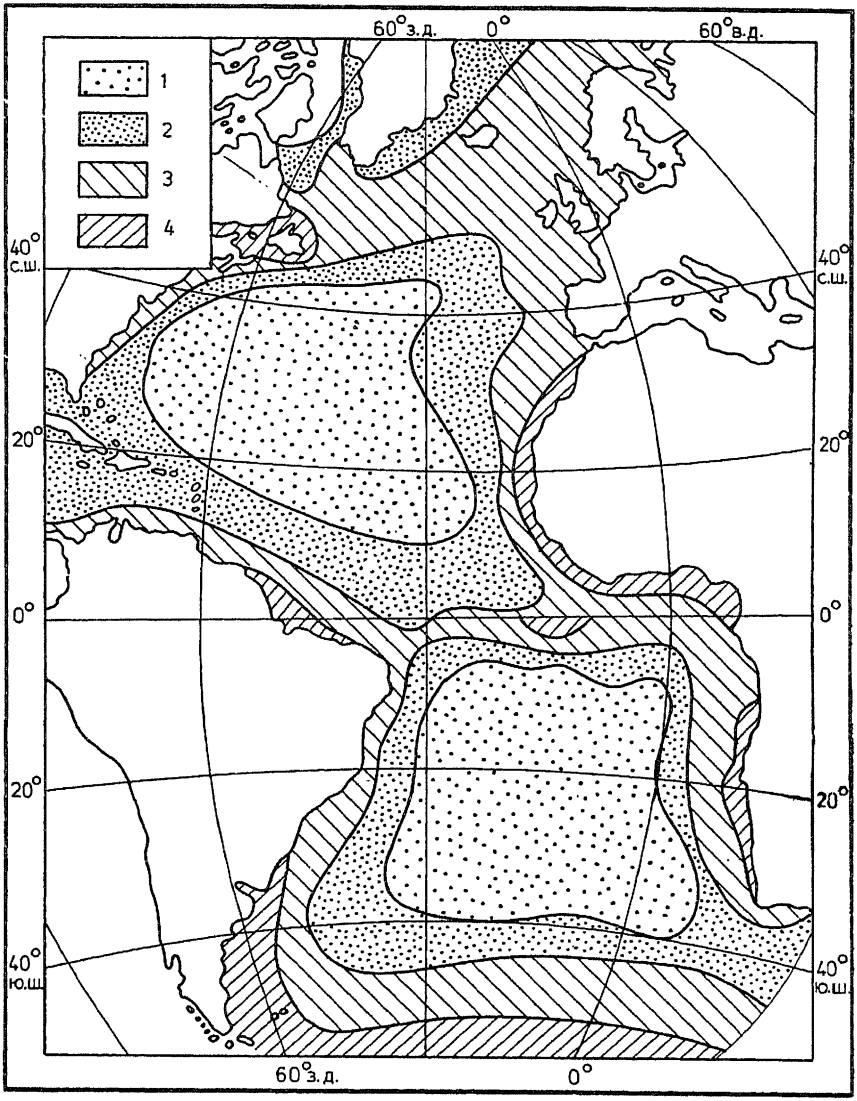


Рис. 46. Распределение численности клеток фитопланктона (кл./л) (по Г. И. Семиной, 1977):

Среднее значение для слоя 0—100 м: *1* — $<10^2$, *2* — 10^2—10^3, *3* — 10^3—10^4, *4* — $>10^4$

Если не принимать во внимание пикопланктон тропических акваторий, то биологическая продуктивность водно-поверхностного варианта намного ниже продуктивности шельфовых морей. Численность фитопланктона здесь на несколько порядков меньше, чем вблизи побережий. Для иллюстрации приводим схему распределения фитопланктона в Атлантическом океане (рис. 46). Схема дает основания еще для двух выводов о: 1) возрастании продуктивности Океана в умеренных субполярных широтах, где прохладные и холодные воды сравнительно богаты нитратами и фосфатами; 2) высокой продуктивности в зонах *дивергенции* (расхождения) поверхностных течений и *апвеллинга* (от англ. *up* — наверх, well — хлынуть). В обоих случаях наблюдается подъем на поверхность в зону фотосинтеза глубинных вод, относительно богатых питательными веществами.

По подсчетам В. Г. Богорова (1967), районы с высокой первичной продукцией (водоросли) занимают в Океане только около 10% его площади. Отсюда синтезированное органическое вещество разносится течениями и используется зоопланктоном, высокопродуктивные районы которого занимают примерно 20% площади Океана. Еще больше, около 25% площади Океана, занимают области обильно развивающегося нектона.

Неравномерно распределена жизнь не только в горизонтальном, но и вертикальном направлении. Наибольшего развития она достигает в самом верхнем, очень тонком (до 5 см) слое воды, отличающемся исключительно высокой концентрацией органических веществ. Совокупность организмов, населяющих этот тончайший слой воды, как и его поверхность, получила название *нейстона* (от греч. neustos — плавающий). Количество беспозвоночных и икры рыб в нейстоновом горизонте в десятки и сотни раз больше, чем в остальной толще воды (Ю. П. Зайцев, 1970; А. С. Константинов, 1986). Специфический нейстоновый горизонт известен и в земноводном варианте ландшафтной сферы.

Иногда в зонах «затишья» со слабо выраженными явлениями водообмена, возникающими внутри круговых течений, наблюдаются своеобразные биоценозы из плавающих макрофитов — крупных водорослей. Пример тому — Саргассово море, расположенное в субтропических широтах Северной Америки. Плавающие бурые водоросли (*Sargassum*) создают в этой части Атлантики с ее глубинами в 4000—6000 м иллюзию мелководных ландшафтов. Кустики водорослей дают приют сидячим и ползающим животным, которые здесь не могли бы существовать без них. Среди обитателей саргассова биоценоза — брюхоногие и голые моллюски, асцидия, ракообразные, крошечный крабик.

Близок к описанному плавучий биоценоз парусника (*Velela lata*) на северо-западе Тихого океана (между 40—32° с. ш. и 146—160° в. д.). По наблюдениям с корабля «Витязь» в мае

1955 г., численность парусника размером до 12 см местами достигала 5—10 экземпляров на 10 м² поверхности океана. Парусник служит пищей или субстратом или же тем и другим более чем для 15 видов животных (переднежаберные гастроподы, голожаберные моллюски, краб, креветка, усоногий рак, летучая рыба — *Prognicthys agoo,* использующая парусник для откладки икры) (А. И. Савилов, 1956).

Несмотря на присутствие макрофитов, Саргассово море и аналогичные ему акватории отличаются низкой биологической продуктивностью. По выражению гидробиологов, это безжизненная Сахара в Мировом океане. И действительно, концентрация саргассовых водорослей здесь очень невелика — один куст на 83 м² (Л. А. Зенкевич, 1951); мало и других видов фито- и зоопланктона.

В соответствии с принятой ООН в 1982 г. Конвенцией по морскому праву большая часть водно-поверхностного варианта располагается за границами 200-мильной *исключительной экономической зоны* прибрежных государств и его изучение, как и эксплуатация природных ресурсов, предполагает широкое международное сотрудничество.

ДОННЫЙ (ПОДВОДНЫЙ) ВАРИАНТ ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ (ЗК+ВО)

Вариант этот своеобразен — вода вместо атмосферы, илы взамен почв, отсутствие света. Он лишен собственного зеленого вещества, и жизнь, представленная консументами (зоопланктон, зообентос, нектон) и бактериями, поддерживается в той или иной форме фитопланктоном и фитобентосом, обитающими в других вариантах ландшафтной сферы.

Для развития органической жизни в донном варианте существенное значение имеют три момента.

Во-первых, это широко распространенный среди водных животных фильтрационный способ питания. Морская вода представляет собой настоящий эликсир жизни, готовый питательный раствор, содержащий все необходимое для поддержания жизни. «Морские организмы все получают из окружающей их морской воды и все отдают в морскую воду и при жизни, и после своей смерти» (Л. А. Зенкевич, 1967).

Во-вторых, исключительное богатство бактериальной жизни. Подсчитано, например, что если в воде тропической зоны Тихого океана на глубинах до 1500 м содержится от 0 до 160 бактерий на 1 см³, то в грунтах на глубине 1500 м обнаружено 160 000 000 бактерий на 1 см³ (Л. А. Зенкевич, 1951). С помощью бактерий происходит минерализация поступившего и захороненного в донных отложениях органического вещества. При этом от 10 до 20% выделяющейся энергии бактерии используют для биосинтеза соб-

ственных клеток, состоящих почти целиком из белка, полноценного в пищевом отношении. По утверждению Ю. И. Сорокина (1967), бактерии образуют важнейший питательный компонент ила и детрита и широко используются илоядными и детритоядными беспозвоночными и, возможно, рыбами.

В-третьих, наличие органического синтеза за счет бактерий, питающихся серой. Эти удивительные микроорганизмы существуют в гидротермальных источниках с широким диапазоном температуры — от нескольких градусов до 250—300°С.

В рифтовой зоне Восточно-Тихоокеанского поднятия на глубине 2500—2600 м при температуре 20—30°С обнаружены богатые биоценозы с участием вестиментифер — крупных двустворчатых моллюсков, брюхоногих моллюсков, крабов.

Близкие биоценозы, но еще на большей глубине и не связанные с гидротермами, описаны у подножия Флоридского эскарпа — почти отвесной двухкилометровой стены известняка, отделяющей шельф от глубоководной равнины Мексиканского залива. Здесь на глубине 3266 м при температуре воды 4°С найдены белые пласты бактерий, плотные скопления вестиментифер, целые банки двустворчатых моллюсков, многощетинковые черви, голотурии и мн. др. У подножия обрыва выходят проникающие с шельфа концентрированные рассолы, насыщенные аммонием и сероводородом.

Упоминаемые выше вестиментиферы — новый отряд животных типа погонофор. Широко распространенный представитель его — рифтия (*Riftia pachyptila*) — представляет собой крупное червеобразное животное длиной до 1,5 м при диаметре 3,5—4,0 см. Оно упрятано в трубку, состоящую из белка и хитина. Обладая красной кровью, рифтия не имеет ни рта, ни кишечника. «Пищу» ей поставляют заключенные в ней самой бактерии-симбионты, окисляющие сероводород. Рифтия своей кровью снабжает бактерии кислородом и поедает их же или продукты их метаболизма (К. Н. Несис, 1984).

Удивительно богатая жизнь по крутым склонам горных пород выявлена также в рифтовой зоне северной Атлантики. Почти отвесная стена краевого уступа (высотой более 600 м) здесь, на глубине 1500—2100 м, «покрыта, словно ярким ковром, губками, так густо они заселили ее»[1].

Пока трудно дать количественную оценку придонного биосинтеза, не связанного с фотосинтезом на поверхности Океана, но для заключения о его значительной роли есть много оснований. С каждым погружением подводных аппаратов число донных оазисов жизни растет, все они приурочены к тем или иным деформациям земной коры и связаны с выходами прогретых подземных вод, метана или рассолов, поступающих со стороны материка.

Помимо своеобразной фауны с гидротермами связаны скопления сульфатных руд, богатых цинком и медью, иногда содержа-

[1] *Кузнецов А. П.* и др. В рифтовой зоне хребта Рейкьянес//Природа. 1985. № 8. С. 35—41.

щих также свинец, сурьму, мышьяк. Рудообразование активно протекает и сейчас в «черных курильщиках». Названы они так за столбы черного «дыма», возникающего в местах прорыва на поверхность рудоносных горячих флюидов. Последние, смешиваясь с холодной водой, образуют мельчайшие частицы минералов, придающих воде темную окраску.

«Черные курильщики» подробно изучались в Калифорнийском заливе советской экспедицией на корабле «Академик Мстислав Келдыш». Сульфидные постройки здесь имеют вид причудливых башен высотой до 100 м, одеты сплошь «живым одеялом» из организмов, а вверху увенчаны столбами черного «дыма» высотой до 100—150 м. На площади 14 км² было встречено около 70—80 башен, основная часть которых скрыта под толщей рыхлых осадков (А. П. Лисицын, 1987).

Решающий фактор в дифференциации ландшафтов донного варианта — глубина. Как с рельефом на суше, так и с глубиной на дне океанов меняются климат, почвы, илы, животный мир. В связи с этим в донном варианте обособляются батиальный, абиссальный, ультраабиссальный классы ландшафтов.

Батиальные ландшафты (от греч. bathýs — глубокий) располагаются на глубинах примерно от 200 до 3000 м и соответствуют материковому склону, большей части материкового подножья, а также подводным горам и поднятиям, достигающим этого интервала глубин. Придонные слои воды относятся к *промежуточной вертикальной зоне,* о которой говорилось раньше. Осадки и илы имеют преимущественно терригенное происхождение. В формировании аккумулятивно-подножных комплексов помимо мутьевых потоков, стекающих вниз по материковому склону, большая роль принадлежит геострофическим, или «контурным» (вдоль контура материка), течениям, имеющим для таких больших глубин достаточно большую скорость. Они перемещают осадочный материал, создавая подводные дюны высотой в десятки метров и еще более высокие песчаные валы. Биомасса бентоса в батиальных ландшафтах в среднем на один, а местами и на два порядка меньше биомассы бентоса на мелководьях. Исключение составляют «оазисы жизни» в местах выхода гидротерм и рассолов.

Абиссальные ландшафты (от греч. abyssos — бездонный). Это дно *Океана,* в основном его *ложе*, с глубинами от 3000 до 6000 м. Водную «атмосферу» абиссальных ландшафтов образуют воды глубинных и придонных вертикальных зон.

Своеобразный *холмистый рельеф* является преобладающим на дне абиссальных котловин. Он занимает около 140 млн. км², или 40% площади всего дна Мирового океана, и принадлежит к числу самых распространенных на Земле. Высота *абиссальных холмов* от 50 до 500 м, основание в плане округлой или вытянутой формы, поперечник — сотни метров или несколько километров. Склоны холмов положе, вершины почти плоские. Только в Тихом океа-

не менее 1,5—3 млн. абиссальных холмов[1]. Скорее всего абиссальные холмы представляют неровности вулканического базальтового слоя океанической коры, слабо завуалированного осадочными отложениями. Вообще мощность осадочных отложений в абиссали невелика — в пределах 50—300 м. Она значительно возрастает вблизи подножий материкового склона и становится ничтожной в пределах срединно-океанических хребтов (Г. Б. Удинцев, 1987). Морфология последних («рифтогенальных систем»), рассеченных продольными и поперечными сбросами, в отличие от остальной части абиссали характеризуется большим разнообразием — глубокие впадины и желоба чередуются с хребтами и платообразными поднятиями.

Абиссальные ландшафты — царство мрака, холодных, малоподвижных вод и очень бедной органической жизни. В олиготрофных зонах Океана биомасса бентоса колеблется от 0,05 и менее до 0,1 г/м², несколько повышаясь в областях богатого поверхностного планктона. Но и здесь, на таких больших глубинах, встречены «оазисы жизни». В 1985 г. при погружении французского аппарата «Наутилус» вблизи Японских островов на глубине около 4000 м обнаружены две колонии моллюсков и кольчатых червей поперечником около 500 м каждая. «Почвы» абиссальных ландшафтов образованы илами. Состав их, как и наземных почв, зависит от широты места и высоты (в данном случае глубины). Где-то на глубине 4000—5000 м преобладавшие ранее карбонатные илы сменяются бескарбонатными (красными глинами, радиоляриевым илом в тропиках и диатомовым в умеренных широтах).

Недалеко время, когда широкое промышленное использование найдут минеральные ресурсы абиссальных ландшафтов. И прежде всего полиметаллические сульфидные руды и железомарганцевые конкреции. Первые свойственны рифтовым зонам, где их образование связано с гидротермальной деятельностью. Вторые — железомарганцевые конкреции — широко, но неравномерно распространены по абиссали за пределами рифтовых зон. Неравномерность распространения железомарганцевых конкреций объясняется необходимостью для их образования ряда условий, не всегда имеющихся в абиссали: длительного взаимодействия с водой биогенных компонентов, что возможно лишь при низких скоростях осадконакопления в местах с выраженными придонными течениями.

Ультраабиссальные ландшафты (от лат. ultra — сверх, за пределами, и абиссаль). Класс ультраабиссальных ландшафтов образуют 17 глубоководных желобов с глубинами свыше 6500 м. Из них четыре глубже 10 000 м: Кермадек (10 047), Филиппинский (10 265), Тонга (10 882), Марианский (11 022). Эти гигант-

---

[1] *Гершанович Д. Е., Леонтьев О. К.* Холмистое дно Океана//Природа. 1985. № 9. С. 43—47.

ские — протяженностью в тысячи километров — расщелины земной коры, где океанические литосферные плиты погружаются в астеносферу, несмотря на свою большую глубину, имеют достаточно развитую органическую жизнь. В Курило-Камчатской впадине на глубине 9000 м за двухчасовое траление советскими океанологами было добыто 5700 экземпляров животных, относящихся к 17—18 видам. Среди них преобладают голотурии и погонофоры.

Техника подводных исследований шагнула так далеко вперед, что человек уже более четверти века назад сумел побывать на дне самого глубокого желоба. Это сделали в 1960 г. французы Жак Пикар и Дон Уолш, опустившись в батискафе «Триест» на дно Марианского желоба на глубину более 11 тыс. м. Жак Пикар рассказывает: «Дно — огромная пустыня цвета слоновой кости — было покрыто осадками легкого светлого вещества... Здесь не было видно столь типичных для мелких и средних глубин небольших холмов, хотя то тут, то там встречались отдельные незначительные неровности грунта. Самое главное — в момент приземления нам очень повезло: прямо в середине светового круга нашего прожектора мы увидели рыбу. Таким образом, за одну секунду, хотя позади были годы подготовки, мы смогли дать ответ на вопрос, которым тысячи океанографов задавались в течение десятков лет: встречаются ли высшие формы жизни в океане на большой глубине? Да, действительно, встречаются везде, независимо от глубины. То, что мы увидели, было, несомненно, настоящей костистой рыбой, очень похожей на морской язык, длиной около 30 см и шириной 15 см» (Э. Манн-Боргезе, 1982. С. 17—18).

Научный подвиг Пикара и Уолша заслужил не меньшего уважения, чем покорение Северного или Южного географических полюсов.

ЕДИНСТВО ВАРИАНТОВ ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ

Подобно тому, как взаимодействие структурных частей географической оболочки определяет ее единство, так и варианты ландшафтной сферы — лишь структурные части единого целого. Чтобы избежать повторения, подтвердим сказанное на двух примерах.

Ледовитость Баренцева моря и колебания уровня оз. Виктория. В. Ю. Визе, советский исследователь Арктики, обратил внимание на наличие связи между двумя очень отдаленными явлениями: ледовитостью Баренцева моря и колебаниями уровня оз. Виктория в Восточной Африке. Оказалось, что низкая ледовитость Баренцева моря совпадает с высоким уровнем оз. Виктория, и наоборот. Это на первый взгляд странное совпадение находит закономерное объяснение. Ледовитость арктических морей падает в годы интенсивной циркуляции атмосферы, когда в Арктику поступает больше тепла, в экваториальной же зоне усиление цирку-

ляции атмосферы вызывает увеличение количества выпадающих осадков.

Явление Эль-Ниньо и пустыня Атакама. Время от времени холодное Перуанское течение и прибрежный подъем холодных глубинных вод (апвеллинг) у берегов Перу и Эквадора исчезают, замещаясь теплыми водами экваториального (межпассатного) противотечения. Если обычно температура поверхностных вод океана здесь держится в пределах от 15—16 до 18—19°С, то при наплыве теплых вод она повышается до 21—23 и даже до 25—29°С. Это резкое потепление прибрежных вод называется явлением Эль-Ниньо, что означает по-испански младенец, так как начало его чаще всего приходится на рождественские праздники (конец декабря). По сравнению с холодным Перуанским течением теплые воды Эль-Ниньо содержат меньше питательных веществ и кислорода, в связи с чем в прибрежных водах Перу и Эквадора резко падает биомасса планктона, исчезают промысловые рыбы, улетают или гибнут морские птицы, питающиеся рыбой. Влияние Эль-Ниньо распространяется и на прилегающее побережье. На пустыню Атакама, одну из самых сухих в мире, обрушиваются ливневые дожди, голые скалы скрываются под ковром яркой зелени, горные тропинки и дороги перекрываются свежими оползнями. Так продолжается около полугода, пока холодное Перуанское течение не восстановит свои «права», обогащая жизнью океанические воды и возвращая побережью снова облик иссушенной пустыни.

По наблюдениям за последние 120 лет, Эль-Ниньо повторяется с интервалом от 4 до 18 лет, наиболее часто — от 6 до 8 лет. Очень длительное и глубокое по своим последствиям Эль-Ниньо наблюдалось с сентября 1982 г. по август 1983 г.

Чем же вызвано это явление? Механизм его возникновения сложен и не до конца разгадан, но и то, что уже известно, служит прекрасной иллюстрацией функционирования географической оболочки как целостной системы. В год, предшествующий Эль-Ниньо, сильный пассат активизирует Южно-Экваториальное течение, нагоняя теплые воды на запад Тихого океана, повышая здесь его уровень на 10—20 см и одновременно выводя на поверхность более прохладные воды в восточном секторе. В год Эль-Ниньо пассат сменяется на устойчивый западный ветер, нагоняющий необычно теплые воды к берегам Южной Америки и повышая здесь уровень океана на 25 см (К. Н. Федоров, 1984). Таким образом, Эль-Ниньо — гигантское по масштабам и необычайно глубокое по ландшафтным последствиям сгонно-нагонное явление. Конечная причина его — изменения в давлении воздуха и циркуляции атмосферы — ждет своего объяснения.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ВАРИАНТОВ ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ

Границы вариантов ландшафтной сферы, а соответственно и их площади, не оставались неизменными во времени. Подвержен колебаниям уровень Мирового океана. Медленные («вековые») изменения уровня Океана получили название *эвстатических колебаний* (от греч. eustathés — спокойный, постоянный). Вызваны они не одной, а рядом причин: увеличением поступления воды в Океан; накоплением на дне Океана осадков; тектоническими движениями, изменяющими морфологию дна Океана.

Крупные и геологически недавние эвстатические колебания уровня Океана связаны с четвертичными оледенениями и межледниковыми эпохами. Во время верхнеплейстоценового[1] оледенения в связи с консервацией больших масс воды в лед уровень Океана понизился по сравнению с современным по меньшей мере на 120 м (Г. Г. Матишов, 1987). Это привело к общей *регрессии* (отступанию) морей от берегов, к полному или частичному осушению шельфа, поверхность которого стала подвергаться активному эрозионному размыву. Материковое оледенение сопровождалось понижением температуры воды в Океане, распространением плавучих льдов до субтропических широт, что отразилось на составе морских осадочных отложений.

Стаивание материковых ледниковых покровов вызвало повышение уровня Океана, *трансгрессию* (наступление) морей, заливших осушенные ранее шельфы.

В наше время разнонаправленные вертикальные движения блоков земной коры обусловливают региональные трансгрессии и регрессии морей. Так, в послеледниковое время после исчезновения ледниковой нагрузки Скандинавия испытывает энергичное поднятие, море отступает от ее берегов, а рядом на низменные берега Нидерланд наступают воды Северного моря.

Как видно, изменение хотя бы одного из вариантов ландшафтной сферы влечет за собой трудно предсказуемые последствия во всех других вариантах, что еще раз подтверждает функционирование ее как единой парадинамической системы.

ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ УЧЕНИЯ О ЛАНДШАФТЕ

Трудно переоценить прикладное значение учения о ландшафтах. По существу, вся деятельность человека — от производственной до рекреационной — протекает в ландшафтной сфере, среди комплексов различного ранга, и находится во взаимодействии (не путать

[1] Плейстоцен — нижний, наиболее длительный по времени, отдел четвертичного периода, характеризовавшийся чередованием ледниковых и межледниковых эпох.

с зависимостью) с ними, испытывая их влияние и, в свою очередь, воздействуя и преобразуя ландшафты (Ф. Н. Мильков, 1966; В. С. Преображенский, 1981). Разные ландшафтные комплексы создают благоприятные и неблагоприятные условия для всех видов человеческой деятельности. И не учитывать этого уже нельзя ни при закладке новых городов, ни при промышленном и дорожном строительстве, ни при размещении сельскохозяйственных культур, пастбищ, лесных полос. Особенно тесные связи у ландшафтоведения с градостроительной архитектурой. Особое направление архитектуры давно уже получило название ландшафтной. Прямую связь ландшафтной теории с сельскохозяйственной практикой осуществляет мелиоративная география и ее раздел — *мелиоративное ландшафтоведение,* с медициной — *медицинское ландшафтоведение.*

ГЛАВА V. ПРИРОДНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ

ИЗ ИСТОРИИ ВОПРОСА

Природная зональность — одна из наиболее ранних закономерностей в науке, представления о которой углублялись и совершенствовались одновременно с развитием географии. Зональность, наличие природных поясов на известной Ойкумене находили греческие ученые V в. до н. э. Геродот (485—425 гг. до н. э.) и Эвдоникс из Книда (400—347 гг. до н. э.), различающий пять зон: тропическую, две умеренные и две полярные. А несколько позже римский философ и географ Посидоний (135—51 гг. до н. э.) еще более развернул учение о природных поясах, отличающихся один от другого климатом, растительностью, гидрографией, особенностями состава и занятий населения. Широта местности получила у него преувеличенное значение, вплоть до того, что она влияет якобы на «вызревание» драгоценных камней.

Велик вклад в учение о природной зональности немецкого естествоиспытателя А. Гумбольдта. «Главной особенностью его работ было то, что он каждое явление природы (а часто и человеческой жизни) рассматривал как часть единого целого, связанную с остальной средой цепью причинных зависимостей; не менее важно было и то, что он впервые применил сравнительный метод и, описывая то или иное явление изучаемой им страны, стремился проследить, какие формы оно принимает в других аналогичных частях земного шара. Эти идеи, наиболее плодотворные из всех когда-либо высказывавшихся географами, легли в основу современного страноведения и вместе с тем привели самого Гумбольдта к установлению климатических и растительных зон, как горизонтальных (на равнинах), так и вертикальных (в горах), к выявлению различий между климатическими условиями западных и восточных частей первых из них и ко многим другим весьма важным выводам» [1].

Зоны А. Гумбольдта — биоклиматические по своему содержанию. Наиболее полно его взгляды о зональности отражены в книге «География растений» (1936), благодаря чему он заслуженно считается одним из основоположников одноименной науки.

Зональный принцип был использован уже в ранний период физико-географического районирования России, относящийся ко второй половине XVIII — началу XIX столетия. Имеются в виду

---

[1] *Григорьев А. А.* География теоретическая и прикладная, их современное состояние и намечающиеся пути развития. М., 1929. С. 3.

географические описания России А. Ф. Бишинга, С. И. Плещеева и Е. Ф. Зябловского. Зоны этих авторов имели комплексный, природохозяйственный характер, но вследствие ограниченности знаний были крайне схематичными. Достаточно сказать, что границы трех-четырех зон, выделявшихся ими на территории России, проводились по градусам географической широты.

Современные представления о географической зональности основываются на трудах В. В. Докучаева. Комплексный характер его зон нашел отражение в названии первой отдельной брошюры В. В. Докучаева (1899) по этому вопросу: «К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны». Там же, в брошюре, приводится стенограмма доклада В. В. Докучаева о почвенных зонах на заседании Закавказского Сельскохозяйственного общества в Тифлисе от 29 сентября 1899 г. Обращаясь к присутствующим, В. В. Докучаев говорил: «Надеюсь, милостивые государи, для вас достаточно ясно, что все указанные мною выше почвенные зоны в то же время являются и зонами *естественно-историческими:* тут очевидна теснейшая генетическая связь климата, почвы, животных и растительных организмов» (курсив автора.— *Ф. М.*).

Широкому признанию взглядов В. В. Докучаева во многом способствовали труды его многочисленных учеников — Н. М. Сибирцева, К. Д. Глинки, А. Н. Краснова, Г. И. Танфильева и др.

Дальнейшие успехи в развитии природной зональности связаны с именами Л. С. Берга и А. А. Григорьева. Зоны как ландшафтные комплексы стали общепризнанной географической реальностью; без анализа их не обходится ни одно страноведческое исследование; они вошли в понятийный аппарат далеких от географии наук.

А. А. Григорьеву (1966) принадлежат теоретические изыскания о причинах и факторах географической зональности. Он приходит к заключению, что в формировании зональности наряду с величиной годового радиационного баланса и количества годовых осадков громадную роль играет их соотношение, степень их соразмерности. Большая работа выполнена А. А. Григорьевым (1970) по характеристике природы основных географических поясов суши. В центре этих во многом оригинальных характеристик — физико-географические процессы, определяющие ландшафты поясов и зон.

Отдельные стороны учения о природной зональности служили предметом изучения в работах Г. Д. Рихтера, К. К. Маркова, М. И. Будыко, А. М. Рябчикова, Е. Н. Лукашовой, Д. В. Богданова.

Зональность — важнейшее свойство, выражение упорядоченности структуры ландшафтной сферы Земли. Конкретные проявления зональности исключительно разнообразны и обнаруживаются как в физико-географических, так и в экономико-географических объектах (Б. Б. Родоман, 1968). Ниже речь пойдет только о при-

родной (физико-географической) зональности. Она в свою очередь распадается на *компонентную зональность* и *ландшафтную зональность.*

КОМПОНЕНТНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ

Природная зональность называется так, поскольку компоненты ландшафта, все слагаемые природы земной поверхности несут на себе печать воздействия *мирового закона зональности.* Если не принимать во внимание взгляды некоторых античных географов, то установление зональности основных компонентов — климата, растительности, животного мира, почв — по времени предшествовало ландшафтной зональности. Покажем в общих чертах проявление зональности на отдельных компонентах.

При большом количестве существующих опытов климатического разделения Земли все они отражают постепенное, зональное нарастание тепла и влаги, уменьшение сезонного колебания температуры воздуха и атмосферных осадков в направлении от полюсов к экватору. В самом генерализованном виде зональность климата отчетчиво видна на размещении климатических поясов, о чем уже говорилось.

Зональность растительности, как и климата, была установлена давно. При этом между тем и другим компонентами легко прослеживается настолько тесная взаимосвязь, что широкое признание получило понятие *биоклиматической зональности.*

Наиболее обширные площади на Земле заняты *пантропическим поясом растительности.* Его растительный покров отличается древностью происхождения, флористическим богатством и биоценотическим разнообразием. Среди характерных пантропических семейств — пальмовые (Palmae), бомбаковые, или баобабовые (Bombacaceae), коннаровые. Есть много данных, что именно тропики, и в первую очередь экваториальная зона, на протяжении биогенного этапа развития ландшафтной сферы были местом возникновения новых групп растений высокого таксономического ранга, откуда эти принципиально новые формы распространялись, претерпевая изменения, в более высокие широты. Процесс этот С. В. Мейен называет «ботаническим спредингом», в котором роль рифтовой зоны играет экваториальная зона [1].

Основные типы растительного покрова тропиков — леса, саванны, пустыни. В основе географии их, как и отдельных формаций, лежит длительность сухого периода.

В расположенных к северу и к югу от пантропиков *субтропиче-*

---

[1] *Мейен С. В.* Флорогенез и эволюция растений//Природа. 1986. № 11. С. 47—57.

ских поясах наиболее распространены *жестколистные леса* (в области зимних осадков), лавровые и хвойные леса, листопадные муссонные леса, заросли жестколистных кустарников (маквисы, чапараль) [1], пустыни.

В *умеренном поясе* северного полушария выражен разнообразный спектр типов растительности — хвойные (тайга) и листопадные леса, лесостепь, а в аридных районах — степи и пустыни. В *субарктическом и арктическом поясах* широко представлены (с юга на север) леса, тундра, арктические пустыни.

Закону широтной зональности подчинена продуктивность растительного покрова. Фитомасса на единицу площади закономерно растет от Арктики и Антарктики в сторону экватора, испытывая снижение в местах распространения пустынь (рис. 47).

Рассматривая мелкомасштабную карту растительности Мира, видишь пеструю картину. И хотя зональный рисунок типов растительности просматривается и здесь, он во многом нарушен неровностями рельефа и различиями в условиях увлажнения. Как близкий к теоретическому *реальный эталон зональности растительного покрова* в условиях преимущественно достаточного увлажнения возьмем атлантическое побережье от Канадского арктического

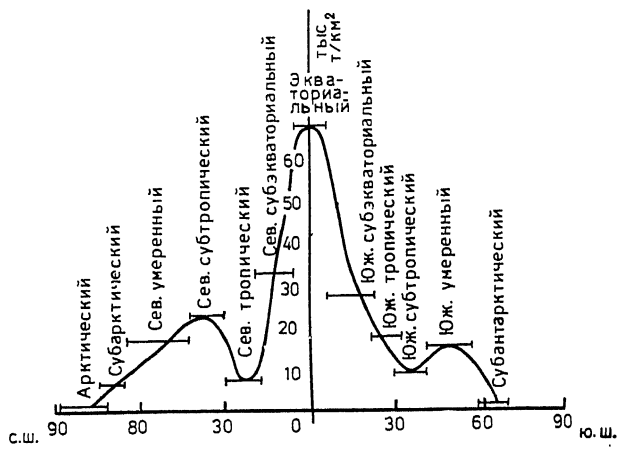


Рис. 47. Кривая распределения фитомассы на единицу площади (тыс. т/км²) по географическим поясам (К. К. Марков и др., 1978)

[1] *Маквисы* — местное название зарослей вечнозеленых кустарников и невысоких деревьев в странах Средиземья. *Чапараль* — аналогичные маквисам растительные группировки в Калифорнии и на севере Мексиканского плоскогорья.

архипелага до Амазонской низменности и выстроим в один ряд сменяющие друг друга с севера на юг типы растительности:

Арктические пустыни
↓
Тундры
↓
Таежные леса и редколесья
↓
Дубово-буковые леса
↓
Сосново-дубовые субтропические леса
↓
Злаковые и кактусово-акациевые
субтропические саванны
↓
Центрально-американские вечнозеленые
умеренно-увлажненные тропические леса
↓
Оринокские саванны (льянос)
с ксерофильными зарослями кустарников и редколесьями
↓
Гилеи — влажные вечнозеленые
экваториальные леса

Идеальный эталон зональности растительного покрова был предложен Г. Брокман-Ерош и Е. Рюбелем (рис. 48). Влияние рельефа и очертаний материков здесь снято, поэтому размещение растительности на схеме определяется климатическими условиями в «чистом виде».

Жизнь и размещение животного мира настолько тесно связаны с растительностью, что они образуют единое целое — *биом*. Основные типы биомов: полярная пустыня, тундра, лес умеренного пояса, степь, внутриматериковая пустыня, саванна, тропический лес.

Зональность почвенного покрова, как известно, установлена В. В. Докучаевым. Он различал пять главных почвенных зон: бореальную, таежную, черноземную, аэральную, латеритную. Типология почв с того времени претерпела большие изменения, все материки покрылись причудливым рисунком ареалов почвенных типов, но общий контур зональности почв, набросанный В. В. Докучаевым, сохранился.

В почвах лесных биомов с *промывным режимом* всюду — от тайги до экваториальных гилей — мало гумуса, высока выщелоченность, значительно содержание железа и алюминия. При движении на юг эти свойства почв усиливаются, а мощность несколько возрастает.

Почвы степных биомов с *непромывным режимом* богаты гумусом, менее выщелочены, имеют горизонты скопления карбоната кальция и гипса. В числе их — знаменитые русские черноземы. *Резко непромывной режим* присущ почвам пустынь — сероземам,

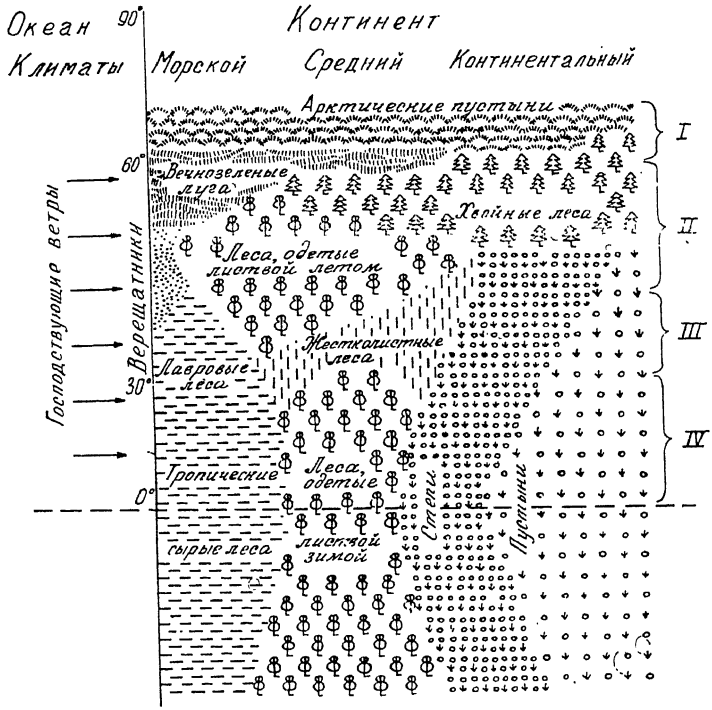


Рис. 48. Распределение растительности на идеальном континенте по Брокман-Ерош и Рюбель

Справа — географические циклы развития биострома: *I* — полярный; *II* — умеренный; *III* — субтропический; *IV* — тропический

серо-бурым и другим типам почв, отличающихся низким содержанием гумуса, солонцеватостью, обызвесткованностью в одних случаях и солончаковатостью (выходом на поверхность легкорастворимых солей) — в других.

Если отвлечься от других свойств почв, кроме окраски, то зональность их выразится в такой последовательной гамме цветов при движении с севера на юг: серый, темно-серый, темно-каштановый, бурый, серо-бурый, желтовато-серый, красный, красновато-желтый. Кстати, цвет почв и принят в качестве важного классификационного признака почв: серые лесные, подзолы (под цвет золы), черноземы, каштановые, бурые лесные и полупустынные сероземы и т. п. В тропическом поясе в названиях большинства почв, богатых соединениями железа, есть слово «красный»: красновато-желтые ферралитные постоянно влажных лесов, красные ферралитные сезонно-влажных лесов и высокотравных саванн, коричнево-красные ксерофитных лесов и кустарников, красно-бурые и красновато-бурые саванн.

Зональны *поверхностные воды.* А. И. Воейков говорил, что реки — «продукт климата». Но это в такой же мере справедливо и по отношению к озерам. Режим рек, биота рек и озер, наконец, особенности химического состава поверхностных вод подчинены широтной климатической зональности. Выделения *гидрологических зон,* близких к почвенно-растительным, придерживаются В. А. Троцкий (1948) и П. С. Кузин (1960). По мнению П. С. Кузина, гидрологический режим рек «тесно связан с природными условиями и имеет зональный характер распределения по территории», поэтому описание гидрологических районов проводится им по основным гидрологическим зонам — арктической, тундровой, лесной, степной, полупустынной и пустынной.

Пожалуй, позже других компонентов природы была доказана зональность *грунтовых вод.* Большой вклад в эту проблему внесен советскими исследователями О. К. Ланге, Г. Н. Каменским, В. Л. Личковым. Установлено, что на территории СССР в направлении с севера на юг увеличивается глубина их залегания, повышается температура, исчезают органические примеси и возрастает минерализация. Меняется характер засоления грунтовых вод: ультрапресные воды севера сменяются южнее гидрокарбонатными и сульфатными, а затем и хлоридными.

Иногда говорят о *зональности мегарельефа Земли.* Основанием служит наличие в северном полушарии на широте 25—40° максимума высот, включая Гималаи, увенчанные величайшей вершиной Земли — Джомолунгмой. Но, во-первых, в южном полушарии аналогичной закономерности нет, а во-вторых, приподнятость поверхности субтропических широт имеет эндогенную природу и обусловлена, скорее всего, еще неясным перемещением вещества земной коры в связи с вращением Земли.

Другое дело — *экзогенный* (морфоскульптурный) *рельеф,* который можно именовать еще *климатогенным,* так как решающая роль в формировании его принадлежит климату. Как уже говорилось, в условиях гумидного (влажного), аридного (сухого) и нивального (снежного, холодного) климата процессы выветривания протекают по-разному, меняются значение и роль рельефообразующих процессов (водной эрозии, эолового развевания, солифлюкции и др.), что и обусловливает в конечном итоге зональность скульптурного рельефа.

Долгое время на зональность рельефа обращалось недостаточное внимание и в проявившемся за последние десятилетия интересе к нему стали видеть чуть ли не что-то новое. А между тем уже в первом отечественном учебнике по общему землеведению, составленном А. Н. Красновым в конце прошлого столетия, зональности рельефа было отведено большое место. Автор очень точно подметил особенности геоморфологических процессов и форм рельефа полярных стран, умеренного пояса, пустынь, влажных тропиков. При этом он говорил именно о зональности рельефа

даже в условиях одного и того же типа климата, например гумидного, но в разных поясах. Это видно из описания *геоморфологического ландшафта* влажных тропиков: «Это глубокое выветривание горных пород, имеющее следствием образование скрывающих камень толщ почв, придает и самим ландшафтам тропических, особенно влажных тропических стран, особый облик. Их ландшафты, как и ландшафты стран умеренного пояса, суть эрозионные, созданные размывающею деятельностью воды — но их облик иной. Тех пиков, юров, камней, осыпей и других обнажений невыветрелой породы, которые характеризуют области дислокаций (умеренного пояса.— Ф. М.), здесь мы обыкновенно или не замечаем вовсе или они играют второстепенную роль, встречаясь по преимуществу в областях вулканической деятельности. Напротив, мы всюду видим мягкие очертания, тупые вершины, пологие склоны, холмообразные формы»[1].

ЛАНДШАФТНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ

Ландшафтная зональность не повторяет, а критически использует на новом, комплексном уровне выводы, полученные климатологами, почвоведами, геоботаниками.

В зависимости от определяющего фактора следует различать пять типов ландшафтной зональности: широтную, гидротермическую, орогенетическую, парадинамическую, вертикальную.

Широтная (радиационная) зональность. В основе ее лежит нарастание солнечной радиации от высоких широт к низким. В конечном счете солнечная радиация определяет тепловые ресурсы в ландшафтах. Установлена закономерная связь между радиационными условиями и суммами средних суточных температур выше 10°С: последние в 100 раз превышают величины радиационного баланса, выраженного в килокалориях на 1 см^2 за год (А. А. Григорьев, М. И. Будыко, 1961). Широтная зональность — глобальная и наиболее универсальная зональность, сказывающаяся буквально на всех компонентах ландшафта. Однако степень ее проявления в разных компонентах ландшафта не одинакова и распределяется по убывающей в таком порядке: климат — растительность — животный мир — почвы — поверхностные воды — грунтовые воды — рельеф (морфоскульптура) — грунты (литогенез). Широтная зональность обусловливает формирование географических поясов.

Географические пояса как высшие зональные подразделения первоначально ограничивали пределами суши. Единые для суши и океана географические пояса стали выделять с начала 70-х годов (А. М. Рябчиков, 1972). В учебном пособии К. К. Маркова и др. (1973) сказано: «Буквально все географические пояса имеют и в океане свой собственный облик. Экваториальный, тропический

[1] *Краснов Л. Н.* Основы землеведения. Харьков. 1987. Вып. 3. С. 80.

(пассаты), субтропический, умеренный антарктический поясы в океане так же неповторимы, как и на суше. Особый колорит поясности океана создают температура и соленость воды, течения, ледовые условия, окраска воды, волнение, облачность, авиафауна и весь остальной органический мир. Зональны странствующие альбатросы, летучие рыбы, кораллы»[1] (рис. 49).

Умеренные и тропические пояса суши с их гумидным климатом и развитым биостромом продолжаются на океане в качестве поясов с высокой биологической продуктивностью. Субтропические пустынные пояса суши с слабо развитым биостремом в равной мере прослеживаются и над океаном. Причина возникновения субтропических пустынь одна и та же как на суше, так и над океаном — антициклональная циркуляция атмосферы, обусловливающая над океаном повышенную соленость воды и затрудняющая поступление к поверхности глубинных питательных солей. «В конечном счете недостаток влаги и на суше и в океане приводит к сходному результату для биоса — возникают пустыни, почти лишенные жизни»[2].

Широтная зональность свойственна всем вариантам ландшафтной сферы Земли. Помимо наземного и водно-поверхностного, она проявляется рядом специфических особенностей в земноводном, ледовом (покровные и горные ледники разных широт, многолетние морские льды) и донном вариантах.

Главная часть выносимого из определенных поясов суши осадочного материала оседает в аналогичных поясах океана. Это объясняется более сильным (в 10 раз) зональным (по широте) переносом водных масс в океане по сравнению с меридиональным.

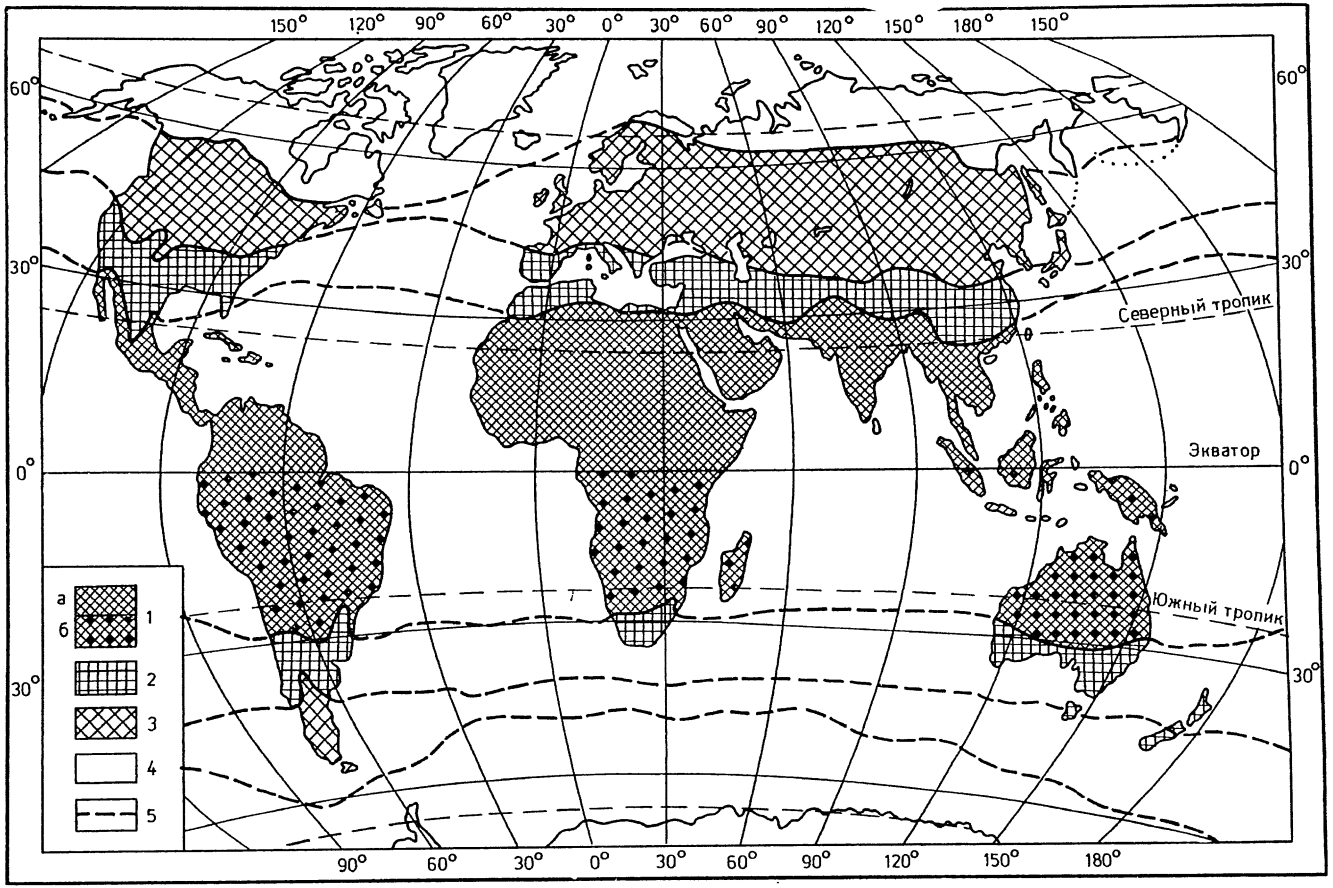
По мнению А. П. Лисицына, зоны донного осадконакопления тесно связаны с поверхностными природными зонами океана, они — их следствие, зеркало и память, подобно тому, как почвы суши — зеркало наземных ландшафтов.

Донные географические пояса обособляются не только по характеру грунтов. С широтой местности меняется состав донной биоты, состоящей в основном из зообентоса. Донные ландшафтные пояса — слабое и, разумеется, неполное отражение поверхностных океанических поясов. Но это все же *отражение,* поэтому трудно согласиться с О. К. Леонтьевым (1982), что донных географических поясов меньше, чем на поверхности океанов. Наблюдающееся якобы несовпадение поверхностных и донных океанических поясов объясняется не столько недостаточной изученностью донных ландшафтов, сколько неоправданно большим числом выделяемых поясов на поверхности суши и океанов.

Гидротермическая зональность — это внутрипоясной тип зональ-

---

[1] *Марков К. К. и др.* Введение в физическую географию. М., 1973. С. 95.
[2] *Лисицын А. П.* Зональность природной среды и осадкообразование в океанах/Климатическая зональность и осадкообразования. М., 1981. С. 14.


150° 120° 90° 60° 30° 0° 30° 60° 90° 120° 150° 180° 150°
60°
30°
0°
30°
Северный тропик
Экватор
Южный тропик
90° 60° 30° 0° 30° 60° 90° 120° 150° 180°
а
б
1
2
3
4
5

ности, обусловленный различиями в соотношении тепла и влаги. Он ведет к обособлению географических зон, простирание которых далеко не всегда совпадает с широтным (с запада на восток). Г. Д. Рихтер (1964) приходит к выводу, что широтная зональность в чистом виде наблюдается сравнительно редко, чаще зоны вытянуты с отклонением от широтного, вплоть до меридионального направления. Но зоны — следствие не широтной (радиационной), а гидротермической дифференциации ландшафтной сферы, и требовать от них обязательно широтного простирания — значит не видеть принципиальных различий между географическими поясами и географическими зонами, нашедшими выражение в периодическом законе географической зональности А. А. Григорьева — М. И. Будыко и в периодической системе географических зон (см. ниже).

Гидротермическая зональность не универсальна. В отличие от радиационной зональности, свойственной всем без исключения вариантам ландшафтной сферы, гидротермической зональности нет в водно-поверхностном и донном вариантах (табл. 12).

В основе своей гидротермическая зональность не является самостоятельной. Она — наложение широтной (радиационной) зональности на парадинамическую, чем и объясняется различная пространственная ориентация зон. Косвенно, через парадинамическую зональность, на нее воздействует и орогенетическая зональность (рис. 50).

Орогенетическая зональность, обусловленная неровностями рельефа, свойственна наземному, ледовому, земноводному и донному вариантам ландшафтной сферы и, таким образом, проявляется на большей площади, чем гидротермическая. По меньшей мере есть три вида орогенетической зональности.

Высотная зональность, вызванная изменением абсолютной высоты местности. Ее распространенный синоним — высотная поясность ландшафтов — предназначен подчеркнуть принципиальные различия между равнинными природными зонами и высотными зонами. Обязательное условие для проявления высотной зональности — наличие склонов значительной протяженности, с перепадом высот, достаточным для смены одного типа ландшафта (высотной зоны) другим. Высотная зональность — качественная особенность *класса горных ландшафтов.*

Формирование высотной зональности протекает на фоне гидротермической зональности. Каждой равнинной зоне присущ свой *тип высотной зональности* (тундровый, таежный, хвойно-широколиственных лесов, лесостепной, степной и др.). Будучи обобщенным понятием, тип высотной зональ-

Рис. 49. Географические пояса: *1* — пантропический (*а* — сев. полушарие, *б* — южн. полушарие); *2* — субтропические, *3* — умеренные, *4* — полярные, *5* — границы поясов на океане

Таблица 12. Типы ландшафтной зональности

Тип зональности	Определяющий фактор	Ландшафтные комплексы, обусловленные типом зональности	Варианты ландшафтной сферы				
			наземный	земноводный	ледовый	водно-поверхностный	донный
Широтная	Радиационный баланс	Географический пояс	+	+	+	+	+
Гидротермическая	Баланс тепла и влаги (увлажнение)	Географическая зона	+	+	—	—	—
Орогенетическая	Рельеф	Высотные пояса, склоновая микрозональность	+	+	+	—	—
Парадинамическая	Парадинамические взаимосвязи	Парадинамические комплексы, секторы (ряды зональности)	+	+	+	+	+
Вертикальная	Качественное состояние вещества, образующего ландшафтную сферу	Вертикальные зоны (ярусы)	+	+	+	+	+

ности в зависимости от местных климатических и геолого-геоморфологических условий находит свое выражение в *структуре высотной зональности.* Региональные различия в структуре высотной зональности составляют основу физико-географического районирования горных стран.

По степени выраженности различают *полную* и *срезанную вы-*

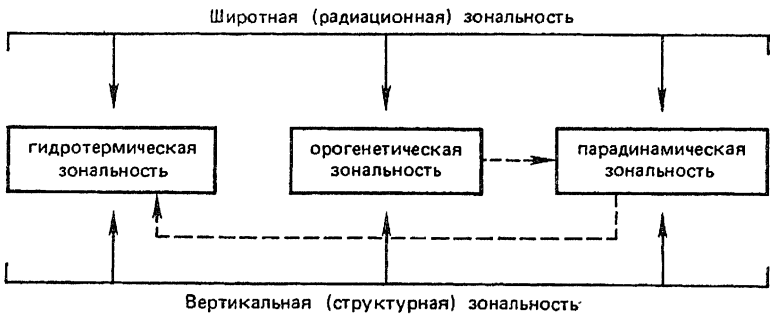


Рис. 50. Типы ландшафтной зональности

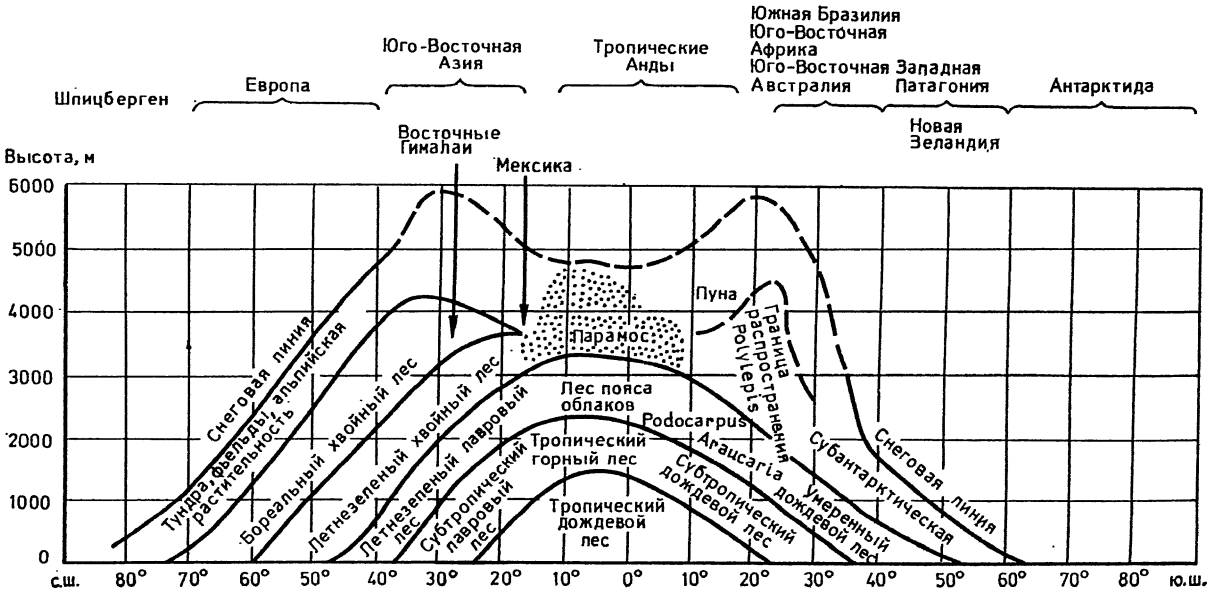


Рис. 51. Схема высотной поясности растительности Земного шара от Арктики до Антарктики (по К. Тролю)

сотную зональность. При полной зональности наблюдается весь возможный в условиях данной равнинной природной зоны набор высотных зон, что мы видим на примере Кавказа, Альп, при срезанной — вследствие небольшой высоты гор выпадают верхние зоны (Средний Урал, Горный Крым) или нижние вследствие большой абсолютной высоты «базисной» зоны (горные хребты нагорий типа Восточного Памира или Центрального Тянь-Шаня).

В общем виде соотношение *широтно-равнинной и высотной зональности* (поясности) ландшафтов от Арктики до Антарктики дано К. Троллем в виде двухмерной схемы (рис. 51). Помимо всего, схема хорошо отражает широтную зональность верхнего пояса гор от тундр на севере до свойственных только тропическим широтам *лесов пояса облаков, парамос* (степей с низкорослыми деревцами из сложноцветных) и *пуна* (высокогорные полупустыни и пустыни Центральных Анд).

Глубинная зональность — аналог высотной зональности в донном варианте ландшафтной сферы — обусловлена неровностями океанического дна. Глубина определяет «климат» донных ландшафтов — температуру и другие физические свойства придонных слоев воды, «почвы», представленные различного рода морскими осадками, состав биоты и запасы биомассы.

В размещении океанических «почв»-грунтов есть два важных глубинных рубежа: на глубине около 2500 м (нижняя граница материкового склона) терригенные осадки уступают господство осадкам биогенного происхождения, на глубинах 4000—5000 м карбонатные грунты замещаются бескарбонатными.

Очень выразительна в донных ландшафтах глубинная зональность биоты, выражающаяся в ее обеднении с нарастанием глубины. Суммарные запасы биомассы донной фауны (в живой массе) в среднем по Океану составляют: на глубине 0—200 м — 139,0 г/м^2, от 200 до 3000 м — 32,2 г/м^2, глубже 3000 м — 2,4 г/м^2 (Т. А. Айзатуллин, Т. С. Лукьянова, И. А. Суетова, К. М. Хайлов, 1980).

Сопоставляя глубинную зональность с высотной, следует заметить, что на самых больших, ультраабиссальных, глубинах Океана органическая жизнь намного богаче по сравнению с ультрахолодной ледяной пустыней внутренних районов Антарктиды.

Склоновая микрозональность — изменение ландшафтных комплексов по элементам склона в равнинных условиях. Генетически это такая же орографическая зональность, как и высотная. Различия между ними проявляются в масштабах и связанных с ними ландшафтных последствиях. Это имели в виду Я. Н. Афанасьев (1922) и С. А. Захаров (1927), возводя склоновую микрозональность в ранг одного из основных законов географии почв. На выпукло-вогнутых склонах обособляют четыре ландшафтные микрозоны: приводораздельную, прибровочную, среднесклоновую, под-

ножную. В основе обособления микрозон лежит динамическая дифференциация вещества вниз по склону.

По аналогии с сушей склоновая микрозональность свойственна донному, земноводному и, возможно, ледовому вариантам ландшафтной сферы.

Парадинамическая зональность — это система зон взаимодействия двух смежных географических объектов, поэтому проявления ее крайне разнородны и разномасштабны.

Глобальный характер имеет *циркумокеаническая* и *циркумконтинентальная зональности.* И та и другая — результат взаимодействия материков и океанов. Первая выражает падение океанического воздействия — нарастание континентальности ландшафтов — от океанического побережья в глубь материка. Именно с *циркумокеанической зональностью* связано явление секторности, или меридиональной зональности. Но секторность отражает циркумокеаническую зональность в искаженном виде, ограничиваясь только фиксацией изменений ландшафтов на западных и восточных океанических окраинах материков, наиболее четко прослеживаемых на территории СССР, и оставляя в стороне океаническое воздействие на северную и южную окраины материков. А между тем это воздействие на арктическое побережье СССР очень велико (охлаждающее влияние летом, отепляющее — зимой, при ветрах «муссонной тенденции»), хотя оно и затушевано активным западным переносом.

Существование циркумокеанической зональности на материках достаточно хорошо прослеживается на карте «Поясов континентальности климата земного шара» (Н. Н. Иванова, 1959). Анализируя ее, нетрудно прийти к заключению о существовании трех видов циркумокеанической зональности: *симметричной,* когда океаническое воздействие проявляется с одинаковой силой и протяженностью со всех сторон материка (Австралия); *асимметричной,* где, как на севере Евразии, превалирует воздействие Атлантического океана (влияние западного переноса); *смешанной.*

Циркумконтинентальная зональность — изменение донных ландшафтов по мере удаления от побережья материка: нарастание глубин, уменьшение доли терригенного материала в донных осадках, снижение биомассы бентоса. Поскольку терригенный материал (22,6 млрд. т в год) преобладает в океанических осадках (25,3 млрд. т в год) (А. П. Лисицын, 1981), можно говорить об уменьшении интенсивности осадконакопления в целом при удалении от окраины материка. В открытой океанической пелагиали значение циркумконтинентальной зональности в накоплении осадков ослабевает. Об осадконакоплении в пелагической области Тихого океана И. О. Мурдмаа говорит: «Черты циркумконтинентальной зональности проявляются слабо, на первое место выступает широтная зональность, тесно связанная с географическими (кли-

матическими) зонами Земли, с циркуляцией вод и с зональностью биологической продуктивности»[1].

Наглядно иллюстрируют циркумконтинентальную зональность донных ландшафтов Океана суммарные запасы донной фауны, рассчитанные по разным циркумконтинентальным зонам (табл. 13).

Широко распространена *парадинамическая зональность регионального уровня.* В результате взаимодействия гор с окружающими равнинами возникает своеобразная предгорная зональность, получившая название ландшафтов барьерного подножия и дождевой тени у одних авторов, гумидно-предгорной и аридно-теневой зональности — у других. Ф. А. Максютов (1981) выделяет равнины, примыкающие к горам, в особый класс пригорных ландшафтов, различая в них две полосы: подгорную и призонально-равнинную.

Наконец, в природе очень часты проявления *локальной парадинамической зональности,* которую, быть может, лучше называть парадинамической микрозональностью.

Например, при взаимодействии озера или водохранилища с окружающими ландшафтами в береговой полосе обрисовываются три ландшафтные микрозоны: 1) прямого геоморфологического воздействия; 2) прямого гидрологического воздействия; 3) климатического влияния. Ширина последней микрозоны у крупных озер в равнинных условиях достигает нескольких десятков километров. При контакте лесного массива со степью возникает *опушечная микрозональность.* В ней различают четыре микрозоны: лесную опушечную, дерезняковую, лугово-степную прилесную, степную предлесную.

Таблица 13. Суммарные запасы донной фауны (в живой массе) в циркумконтинентальных зонах Океана (Физическая география Мирового океана, 1980)

Зоны	Расстояние	Площадь		Средняя биомасса, г/м² (т/км²)	Суммарная биомасса	
		млн. км²	%		млн. т	%
Прибрежные	350	85,99	24	74,6	6410,3	97,1
Промежуточные	2000	151,82	42	1,1	167,0	2,5
Центральные	>2000	123,55	34	0,2	24,8	0,4
Мировой океан в целом относительно суммарной биомассы и площади Океана	—	361,36	100	18,0	6602,1	100

[1] *Мурдмаа И. О.* Фациальная зональность современного осадкообразования в Тихом океане/Климатическая зональность и осадкообразование. М., 1981. С. 99.

Вертикальная (структурная) зональность по своим масштабам — скорее микрозональность с протяженностью зон от нескольких *сантиметров* до нескольких десятков *метров*. Она раскрывает вертикальную структуру всех ландшафтных комплексов и, подобно широтной зональности, является универсальной.

У каждого варианта ландшафтной сферы своя вертикальная микрозональность (ярусность), например: у наземного — приземный слой воздуха + растительность + почвы + современная кора выветривания; у класса многолетних морских льдов ледового варианта — воздушный + ледовый + водный; у земноводных ландшафтов — воздушный + водный + донный (минеральный) ярусы.

РИТМИЧНОСТЬ ДИНАМИКИ, РАЗВИТИЕ И ЗОНАЛЬНОСТЬ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ритмичность динамики, развитие, зональность — разные, но одинаково важные свойства ландшафтных комплексов, раскрывающие их пространственно-временны́е особенности. При всей несхожести этих трех фундаментальных свойств ландшафта они имеют общую природу и служат выражением одного из законов диалектического материализма — перехода количества в качество.

Ритмичность динамики присуща не одним земным ландшафтам. Она установлена для планет Солнечной системы и находит проявление в звездной активности. Ритм — свойство Космоса, отражающее скорее всего пульсационный характер развития небесных тел (Е. В. Максимов, 1977).

Закону ритмики подвержен процесс развития. Речь здесь идет не о наложении ритмики на направленный процесс развития, а о внутренней структуре самого развития, слагающегося из закономерного чередования ускоренных и замедленных (эволюционных) фаз.

Наряду с временно́й ритмичностью существует пространственная ритмичность. Ее выражением служат «оболочечное» строение Земли и природная зональность с ее ландшафтными проявлениями. Каждая оболочка Земли с ее вертикальными ярусами, каждая зона с ее подзонами — это своего рода застывшая, пространственная форма временно́го ритма. После качественного скачка на границе зоны типичность зонального ландшафта нарастает к ее центру и затем снижается до нового качественного скачка при переходе данной зоны в другую. Это *позволяет видеть в сложном рисунке природных зон систему волн — ритмов,* отражающих полноту выраженности (репрезентативность) сменяющих друг друга типов ландшафта.

Ландшафтная зональность в общем смысле — отвлеченное понятие. Говоря о ней, следует иметь в виду, о каком ее типе идет речь. Но тут же приходится оговориться: в реальной природе чи-

стых типов ландшафтной зональности нет. Один тип накладывается на другой и на третий. В этом — сложность изучения ландшафтной зональности конкретной территории.

СПЕЦИФИКА ЗОНАЛЬНОСТИ ВОД ОКЕАНА

Ранее уже говорилось, что мировой закон зональности распространяется и на Океан, определяя физико-химические свойства его вод, распространение планктона, рыб, млекопитающих, птиц, географию донных отложений. Как пальмы (Palmae), лемуры (Lemuroides) и тапиры (Tapiridae) на суше, так летучие рыбы в океане одинаково служат индикаторами ландшафтов тропического пояса. Ель (*Picea*) на суше, треска (*Gadus morhua*) в Океане одинаково свойственны только умеренным и субполярным широтам северного полушария.

Полярные, умеренные, субтропические и тропический пояса едины на суше и Океане. Океану свойственны также циркумконтинентальная и глубинная зональности, аналогичные циркумокеанической и высотной зональности на материках. Но географических зон, в основе выделения которых лежит гидротермический фактор, в Океане нет. Ведущее значение во внутрипоясной дифференциации ландшафтов Океана приобретает гидродинамический фактор — характер течений, свойства водных масс, расположение зон конвергенции (схождения) и дивергенции (расхождения). Он определяет не только свойства воды, но и биологическую продуктивность Океана. Вместо зон океанические сектора поясов делятся на *аквальные области и провинции.*

Аквальные области совпадают с крупнейшими круговоротами («кольцами») океанической циркуляции. Часто их структура размыта, но там, где они отчетливо выражены, центр «колец» смещен к западным берегам Океана. Теоретически каждое кольцо — система пяти *аквальных провинций: внутренней,* с крайне замедленным движением водных масс; двух меридиональных — западной и восточной; двух широтных — *северной* и *южной.*

У тропических кольцевых циркуляционных систем ясно прослеживается *биологическая асимметрия* — высокая биологическая продуктивность восточных провинций (зона апвеллинга и холодных течений) и пониженная продуктивность западных. Биологическая асимметрия кольцевых океанических структур сопровождается прямо противоположной биологической асимметрией примыкающих к ним наземных ландшафтов. Пустынные берега Северо-Западной и Юго-Западной Африки омываются атлантическими водами с максимальной для Мирового океана первичной продукцией (О. И. Кобленц — Мишке, 1977). Рядом с пустынями Сахара и Намиб — районы интенсивного мирового рыболовства. Другая картина на западе кольцевых структур. Тропические леса и

саванны высокой продуктивности соседствуют здесь с океаническими водами, сравнительно бедными органической жизнью.

В сопряженной водно-наземной контрастности биострома у восточной и западной окраин циркуляционных круговоротов просматривается одна общая черта: *биостром развит тем лучше, чем определеннее выражено перемещение вещества снизу вверх, в водной на Океане или воздушной среде на суше.*

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПОЯСА И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН

По общему признанию географические пояса — следующая ступень дифференциации ландшафтной сферы после деления ее на материки и океаны. Но, как это нередко бывает, общее признание объекта не сопровождается его точным и содержательным определением. Большинство исследователей в основу выделения географических поясов кладут широтные изменения радиационного баланса и общие черты атмосферной циркуляции. В фундаментальном «Физико-географическом Атласе мира» (1964), известной работе А. М. Рябчикова «Структура и динамика геосферы» (1972), в учебных пособиях по общему землеведению географические пояса и количеством, и границами повторяют климатические пояса. Такая точка зрения давняя в ландшафтоведении. Еще в 20-х годах немецкий географ З. Пассарге утверждал, что ландшафтный пояс есть не что иное, как система ландшафтных областей одного климатического пояса.

Формальный климатический подход к выделению географических поясов вызвал со стороны части географов критическое отношение к самой идее существования в природе поясов как ландшафтных комплексов. И действительно, всякий ландшафтный комплекс выделяется только в том случае, если для него установлены ясные разграничительные критерии, подтверждающие объективный характер его существования. До сих пор такие критерии для географических поясов не были найдены, а если они и предлагались, то носили односторонне климатический характер.

Анализ глобальных отраслевых карт (климатических, почвенных, геоботанических, зоогеографических и ряда других), а также размещения типов ландшафта приводит к заключению, что в основе выделения географических поясов должен лежать географический цикл развития биострома. Подобно географической зоне, очерчивающей сплошной ареал какого-либо одного типа ландшафта, *пояс ограничивает территорию проявления какого-либо одного географического цикла развития биострома.*

Под географическим циклом развития биострома подразумевается система пространственно смежных типов ландшафта от лесных комплексов с максимально развитым биостромом до пустын-

ных с его предельной деградацией. Промежуточными звеньями географического цикла развития биострома, связывающими лес и пустыню, являются лесостепь (саванна в тропиках), степь, полупустыня.

Общее представление об одном из географических циклов развития биострома можно получить сравнивая продуктивность растительности основных типов ландшафта умеренного пояса. Биомасса фитострома дубрав почти в 100 раз превышает таковую в пустынях — и это при условии близкого радиационного фона. Биомасса животных значительно ниже биомассы фитострома, но сохраняет ту же закономерность резкого снижения от дубрав к пустыням. По-другому размещается законсервированный биостром в почвенном гумусе. Максимум его находится на «полпути» от лесов к пустыням — в разнотравно-луговых степях лесостепной зоны. При движении с севера на юг первый географический цикл развития биострома *полярный.* Он охватывает типы ландшафта от арктических пустынь до северной тайги включительно (арктические пустыни, тундра, лесотундра, северная тайга). Ограничительным фактором в развитии биострома в полярном географическом цикле служит тепло. Дифференциация ландшафтной сферы на типы ландшафтов обусловлена здесь закономерным повышением летних температур воздуха, протекающим на фоне достаточного или избыточного увлажнения. Закономерен вопрос: почему северная тайга отнесена к полярному поясу и почему именно ее южная граница рассматривается в качестве границы полярного и умеренного поясов? На фоне лесных ландшафтов в целом северотаежные леса представляют собой вариант крайне угнетенных лесов вследствие недостаточных тепловых ресурсов. Они разрежены, низкорослы, медленно растут, лесопромышленное значение их невелико. Но эти же леса одновременно и тип ландшафта с наиболее мощным и полным биостромом внутри полярного пояса.

Есть все основания северную тайгу рассматривать в качестве самостоятельной *полярной редколесной географической зоны,* занимающей обширные площади на юге *полярного пояса.* По структуре и продуктивности северотаежные леса не менее отличны от высокоствольных густых широколиственных лесов умеренного пояса, чем последние от влажных лесов субтропического и тропического поясов.

Южнее северной тайги для формирования мощного биострома всюду достаточно тепла, но здесь вступает в силу другой контролирующий фактор его развития — соотношение тепла и влаги. Своего максимального развития с лесными ландшафтами биостром достигает в местах оптимального соотношения тепла и влаги, где коэффициент увлажнения Высоцкого—Иванова и радиационный индекс сухости М. И. Будыко близки к единице.

Условия увлажнения к югу от полярного цикла развития биострома меняются резко и неоднократно, что вызвано особенностями

атмосферной циркуляции, обусловливающей выпадение осадков. Тем не менее на фоне все нарастающего к югу радиационного баланса достаточно хорошо прослеживаются три последовательно сменяющие друг друга полосы, где условия увлажнения меняются от оптимального соотношения тепла и влаги до острого недостатка влаги, а биостром соответственно то достигает своего максимального проявления в лесных ландшафтах, то деградирует в пустынях, пройдя предварительно промежуточные звенья лесостепных, степных и полупустынных ландшафтов. В каждой из этих полос свой географический цикл развития биострома и, следовательно, каждая из них представляет самостоятельный географический пояс: умеренный, субтропический и тропический. Всего на земной поверхности семь поясов: северный полярный, северный умеренный, северный субтропический, тропический, южный субтропический, южный умеренный, южный полярный.

Ограничение географического пояса рамками проявления в ландшафтной сфере географического цикла развития биострома составляет необходимый объективный критерий для разграничения одного географического пояса от другого. Одновременно это тот критерий, который позволяет не смешивать между собой географический пояс и географическую зону. Ни экваториальный, ни субэкваториальный пояса, по данным других авторов, не могут считаться таковыми, так как на их территории не находит полного проявления географический цикл развития биострома. Так называемый экваториальный пояс, представленный одним типом ландшафта — влажными тропическими лесами в действительности всего лишь одна из зон тропического пояса.

Географические пояса — это повторяющиеся на разной энергетической (радиационной) основе географические циклы развития биострома. Отдельные звенья этого цикла, повторяясь из пояса в пояс, образуют группы зон-аналогов, а повторение циклов в целом — периодическую систему географических зон.

Периодическая система географических зон основывается на учении Д. Г. Виленского (1924) об аналогичных рядах в почвообразовании и периодическом законе географической зональности Григорьева—Будыко, из которого следует, что в различных широтных поясах одним и тем же значениям радиационного индекса сухости соответствуют природные зоны, сходные по ряду существенных признаков. Недостатком таблицы географической зональности, составленной авторами, является то, что в ней в один радиационный ряд с дифференциацией ландшафтов по условиям увлажнения поставлены арктическая пустыня, тундра, северная и средняя тайга, южная тайга и смешанные леса, лиственный лес и лесостепь, степь, полупустыня умеренного пояса, пустыня умеренного пояса. Здесь, следовательно, объединены в один ряд принципиально различные географические циклы развития биострома — полярный и умеренный, причем дифференциация типов ландшафта в полярном

Таблица 14. Периодическая система географических зон

Пояс	Годовой радиационный баланс, ккал на 1 см²	Группы зон-аналогов				
		пустыни	полупустыни	степи	лесостепи	леса
		Термические условия полярного пояса: средняя температура воздуха самого теплого месяца				
		ниже 5°С	5—6°С	от 6 до 10—11°С	от 11 до 14°С	от 14 до 17°С
I. Полярный	От 0 до 30—35	Холодные арктические и ультрахолодные антарктические	Холодные арктические (арктическая тундра)	Тундра	Лесотундра	Редколесная тундра
		Условия увлажнения умеренного, субтропического и тропического поясов: коэффициент увлажнения Высоцкого — Иванова и радиационный индекс сухости М. И. Будыко (в скобках)				
		0,12—0,00 (более 3)	0,29—0,13 (от 2 до 3)	0,59—0,30 (от 1,5 до 2)	0,99—0,60 (от 1,5 до 1)	более 1 (менее 1)
II. Умеренный	От 30—35 до 55—60	Умеренного пояса	Умеренного пояса	Умеренного пояса	Лесостепь	Тайга, хвойно-широколиственные и широколиственные леса
III. Субтропический	От 55 до 65—70	Субтропические	Субтропические	Субтропические	Субтропическая лесостепь (прерия) восточной окраины материков	Субтропические постоянно влажные и летнесухие
IV. Тропический	От 65—70 до 80—90	Тропические	Тропические	Умеренно влажные травянистые саванны	Влажные высокотравные саванны	Влажно-тропические леса (гилеи) и другие типы лесов с кратким засушливым периодом

цикле, как уже указывалось, связана не с изменениями увлажнения, а с изменением термических условий. Не удивительно, что у арктической пустыни не нашлось аналогов, а лесотундра как самостоятельный тип ландшафта вообще исчезла.

Названные недостатки исправляет схема периодической системы географических зон (табл. 14). Она рисует в северном полушарии четыре географических пояса, в каждом из них свой географический цикл развития биострома, отдельные звенья которого, повторяясь из пояса в пояс, образуют систему зон-аналогов. При движении с севера на юг каждый новый географический цикл развития биострома разворачивается на более высоком радиационном фоне, что приводит к росту в том же направлении биологической продуктивности аналогичных типов ландшафта. Последнее, будучи мало заметным в пустынях, хорошо прослеживается в лесных ландшафтах.

Смена географических циклов развития биострома с соответствующим обособлением географических поясов достаточно ясно прослеживается на схеме растительности идеального континента Брокман—Ероша (см. рис. 48).

ЛОКАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПРИРОДНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ. АВТОГЕННЫЕ, ЛИТОГЕННЫЕ И ГИДРОГЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ

Как уже говорилось, все ландшафты зональны. Ландшафтных комплексов, которые бы не испытывали закона зональности и были, следовательно, азональными образованиями, в природе нет. Однако на степень проявления природной зональности, ее выраженность влияют местные условия, главным образом свойства грунтов и залегание уровня грунтовых вод. В связи с этим различают автогенные, литогенные и гидрогенные ландшафты.

Автогенные ландшафты (от греч. autos — сам) свойственны равнинным повышенным местоположениям с достаточно глубоким залеганием уровня грунтовых вод. Они формируются на неперемещенной коре выветривания материнских горных пород, без дополнительного грунтового или бокового увлажнения, вследствие чего и получили название автогенных, в переводе означающее *саморазвивающиеся* ландшафты. Синонимом их служат *автоморфные*, *элювиальные* и *плакорные* ландшафты. Зональные особенности природы, обусловленные климатом: состав, структура и продуктивность биоценозов; мощность, морфология и гумусность почв; степень минерализации грунтовых вод и мн. др. — полнее всего выражены в элювиальных ландшафтах. Для иллюстрации охарактеризуем два автогенных ландшафта Русской равнины: темно-хвойную тайгу и злаковую степь.

В *тайге* влажное и прохладное даже для умеренных широт лето (средняя температура июля 14—19°С), холодная, многоснежная зима. В среднем за год осадков выпадает 700—800 мм (с поправками на осадкомер), что значительно

больше величины испаряемости. Древостой отличается однообразием и простотой структуры. Преобладают ельники-зеленомошники. Под густым и высоким еловым пологом расстилается сплошной ковер из блестящих зеленых мхов (*Hylocomium, Dicranum*). Мягкие грунтовые воды хотя и залегают неглубоко, но в местах достаточного дренажа на бескарбонатных ледниковых наносах формируются *подзолистые почвы* с ясно выраженным промывным режимом. Для подзолообразования характерны глубокий распад минеральной части почвы в условиях кислой среды и вынос продуктов этого распада и органических веществ из поверхностных горизонтов вниз. В результате в верхней части почвы возникает белесый подзолистый горизонт вымывания, богатый кремнеземом и лишенный соединений железа и марганца. Ниже его — уплотненный горизонт вмывания, которому железистые соединения придают буровато-ржавую окраску.

Обладая небольшой мощностью гумусового горизонта, малыми запасами азотной и зольной пищи, кислой реакцией, подзолистые почвы, лишенные структуры, в естественном состоянии малоплодородны. Тем не менее общие запасы фитомассы ельников средней и южной тайги составляют 150—300 т/га, а ежегодный прирост — 70—85 ц/га. Подавляющая часть фитомассы (3/4) надземная. Запасы зоомассы, как и всюду в биостроме Земли, намного меньше по сравнению с фитомассой. При сходстве цифр запасы фитомассы определяются в тоннах на гектар, зоомассы — в килограммах. Основной компонент зоомассы таежных ландшафтов представлен дождевыми червями.

В *злаковых степях* лето намного солнечнее и теплее (средняя температура июля от 21 до 23°С), а осадков выпадает значительно меньше, чем в тайге, — 400—600 мм в год, что в 1,5—2 раза уступает величине испаряемости. К тому же увлажнение в степях неустойчивое: каждый второй или третий год засушливый, в теплое время часты *суховеи,* а весной и осенью не исключено появление *пыльных бурь*. Зима почти такая же холодная, как и в тайге, но малоснежная. Грунтовые воды опущены на 20 м и больше, отличаются во многих случаях высокой минерализацией.

Из-за сухого континентального климата с неустойчивым увлажнением автогенные ландшафты степей безлесны, но хорошо развит злаковый травостой, образованный ковылями (*Stipa*), типчаком (*Festuca sulcata*), тонконогом степным (*Koeleria gracilis*), житняком (*Agropyron*). Все это многолетние дерновинные злаки, снабженные развитой корневой системой для улавливания почвенной влаги. Разнотравье в злаковых степях играет подчиненную роль и становится заметным лишь во влажные годы.

Под покровом травянистой растительности на карбонатном лессе и лессовидных суглинках формируются черноземы — плодороднейшие почвы мира, богатые гумусом и зольными веществами, обладающие прочной зернистой структурой. Материала для гумуса в степях вполне достаточно, а процессы выноса ослаблены, так как глубокое промывание почвы наблюдается только весной и поздней осенью. Черноземы на юге злаковых степей сменяются темно-каштановыми почвами.

Запасы фитомассы в злаковых степях невелики — около 20—25 т/га, однако ежегодная продукция их в несколько раз превышает таковую у ельников тайги, что свидетельствует об очень активном течении биологического круговорота в степях. Вертикальное размещение фитомассы в степях противоположно таежному — подземная часть ее значительно превосходит наземную.

В литературе, и не только географической, широко распространены выражения «зональные почвы», «зональная растительность», «зональные ландшафты», под которыми неоправданно подразумеваются только автогенные ландшафты и их компоненты. Справедливо в этом утверждении лишь одно — автогенные ландшафты во многих зонах являются преобладающими и самыми репрезентативными, но не более того.

Литогенные ландшафты формируются под определяющим влия-

нием литологии горных пород, выходящих непосредственно на поверхность или полуприкрытых тонким слоем элювия.

Литогенными являются известняково-карстовые и карстово-меловые ландшафты, особенно *голый карст*, характерный для стран Средиземноморья (отсюда его второе название — *средиземноморский карст*) и встречающийся во многих других местах. Общая черта голого карста — отсутствие развитой почвы, разреженная кальцефитная растительность, обилие провальных *воронок, карров* (крутостенных борозд), безводье и одновременно выход мощных родников. Фрагменты такого голого карста в виде придолинных известняковых и меловых круч не редкость на Среднерусской и Приволжской возвышенностях. Здесь на юге лесостепи и в степной зоне распространены специфические для мела растительные группировки тимьянников и иссопников во главе с кустарничками тимьяном меловым (*Thymus cretaceus*) и иссопом меловым (*Hyssopus cretaceus*). Своеобразие ландшафтов голого карста усиливают встречающиеся здесь редкие реликтовые и эндемичные виды насекомых.

Еще шире, чем карстовые, распространены *псаммитовые ландшафты* (от греч. *psammos* — песок). Это уникальнейший тип литогенного ландшафта, минеральный субстрат которого обладает высокой эоловой подвижностью. Барханы и гряды, параболические дюны, бугры и котловины выдувания запечатлели направление современных и прошлых потоков воздуха, закрепленность или разбитость песков в разные исторические эпохи. Растения, произрастающие на песках, нетребовательны к плодородию почвы и выработали ряд приспособлений, чтобы не погибнуть при выдувании или навевании грунтов. У геоботаников они получили наименование псаммофитов. При сухости верхних горизонтов пески начиная с лесостепи и южнее выступают в роли накопителей влаги — они легко поглощают влагу и экономно расходуют ее на испарение. Вот почему на песках степной зоны могут встречаться сосновые боры, а песчаные пустыни выделяются на фоне глинистых более богатой и разнообразной биотой, включая оригинальные редколесья из белого саксаула (*Haloxylon persicum*).

Показательным примером литогенных ландшафтов являются высокоствольные сосновые боры на Урало-Тобольском водоразделе среди безбрежных ковыльных (ныне распаханных) степей. Причина — выход на поверхность массивов гранита.

Можно ли говорить о зональности литогенных ландшафтов, если пески и граниты одинаково покрыты сосной на севере тайги и юге степей? Сомнение пропадает при более близком знакомстве с сосновыми борами на севере и юге их ареала. При движении на юг постепенно деградирует ковер зеленых мхов, пока не исчезает совсем; вместе с ним выпадают один за другим северные виды из травяно-кустарничкового покрова. Относительно псаммитовых ландшафтов общая схема зональности при движении с севера на юг рисуется в

таком виде: лишайниковая тундра — сосновые боры — песчаные степи — песчаные пустыни с саксаульниками.

Гидрогенные ландшафты возникают под воздействием близкозалегающих грунтовых вод, иногда в условиях временного поверхностного затопления (на поймах рек). Самые распространенные из них — болота, солончаки, пойменные и низинные луга на водоразделах.

Болота в зависимости от способа питания и характера растительности принято делить на низинные, верховые и переходные.

Низинные (эвтрофные) болота характеризуются намывным и грунтовым питанием, сравнительно богаты минеральными солями. Растительный покров их образован зелеными мхами, болотным разнотравьем: осокой (*Carex*), аиром (*Acorus*), тростником (*Phragmites*), камышом (*Scirpus*), рогозом (*Thypha*); из деревьев встречаются черная ольха (*Alnus glutinosa*) и некоторые виды берез.

Верховые (олиготрофные) болота питаются атмосферными водами, бедны минеральными солями. Растительный покров их образован сфагновыми мхами (*Sphagnum*), низкорослыми кустарничками, невысокой болотной формой сосны. Свое название *верховые* они оправдывают не всегда, поскольку встречаются не только на водоразделах, но и в долинах рек, в понижениях рельефа. Скорее они называются так за выпуклую поверхность, обусловленную тем, что сфагнум лучше растет в центре болота, где нет притока со стороны минерализованных вод. Одним из интересных видов, растущих на сфагновых болотах, является росянка (*Drosera rotundifolia*) — растение-мухолов, восполняющее таким образом недостаток минерального питания.

Переходные (мезотрофные) болота по способу питания и характеру растительности занимают промежуточное положение между верховыми и низинными болотами. На сфагновом ковре можно встретить здесь и тростник с камышом.

География верховых болот более ограничена по сравнению с низинными. Основная область их распространения находится в лесотундре и тайге. Южнее они встречаются реже, а затем и совсем исчезают, так как низкая влажность воздуха и минерализованные грунтовые воды препятствуют произрастанию сфагновых мхов, характерных для верховых болот севера. Уже на юге смешанных (хвойно-широколиственных) лесов перевес получают переходные болота, а в лесостепи — только низинные и очень редко — сфагновые болотца небольшой площади. На севере различные типы болот генетически связаны между собой. Многие верховые болота прошли стадию низинных и переходных, возникших при заболачивании водоемов и водораздельных лесов (см. рис. 42).

Болота богаты залежами торфа — хорошим топливом и прекрасным органическим удобрением. Лучший по качеству торф (малозольный и высококалорийный) сосредоточен в верховых болотах, где мощность его измеряется несколькими метрами.

В зонах с аридным и семиаридным климатом встречаются лишь небольшие пятна низинных болот, и то преимущественно по поймам рек. Ведущая роль среди гидрогенных ландшафтов здесь переходит к солончакам. Особенность *солончаков* — наличие в поверхностном слое легкорастворимых солей (от 1% и более). Они образуются в результате испарения неглубоко залегающих минерализованных грунтовых вод, нередки *вторичные солончаки*, возникающие на орошаемых, недостаточно дренируемых полях.

Растительность солончаков бедна, но своеобразна. Здесь могут расти только *галофиты* — виды, приспособленные к засоленным почвам, многие из которых являются *суккулентами*, обладающими сочными, мясистыми стеблем и листьями. Чаще всего здесь растут солянки (*Salsola*), солерос (*Salicornia herbacea*), сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*), сведа (*Suaeda*).

При несколько лучшем увлажнении и более глубоком залегании грунтовых вод вместо солончаков в аридных и семиаридных зонах возникают *солонцы* — почвы со значительным содержанием поглощенного натрия и присутствием на некоторой глубине от поверхности легкорастворимых солей. Под верхним бесструктурным горизонтом лежит плотный, со столбчатой или глыбистой отдельностью солонцовый горизонт. Во влажном состоянии солонцовый горизонт набухает и становится водонепроницаемым. Разреженная растительность солонцов состоит из черной полыни (*Artemica pauciflora*), кокпека (*Atriplex cana*), прутняка (*Kochia prostrata*) и других засухоустойчивых галофитов. Основная область распространения солонцов лежит в полупустынях, но их много и в пустынях и на юге степной зоны. Многие почвоведы считают, что солонцы в большинстве случаев образуются при рассолении (промывании и разрушении) солончаков.

К гидрогенным ландшафтам относятся также пойменные *лугово-лесные комплексы* речных долин. Гидрогенная природа их обусловлена дополнительным увлажнением во время половодий и паводков, причем это касается не только растительности, животного мира и почв, но и рельефа пойм. В. Р. Вильямс, один из основоположников луговедения, в горизонтальной структуре пойм предложил различать три области (микрозоны): прирусловую, центральную и притеррасную (рис. 52).

Прирусловая пойма, расположенная у русла реки, где в половодье течение воды набирает максимальную скорость, повышена и сложена грубым аллювием (песками). Иногда она приобретает форму отчетливо выраженного песчаного вала.

Центральная пойма характеризуется более спокойным течением воды при разливах, сложена более тонким аллювием и обладает спокойным, иногда гривистым, рельефом. Это зернистая, в других случаях слоистая, пойма, обычно покрытая лугами высокого качества.

Притеррасная пойма находится у подножия надпойменной тер-

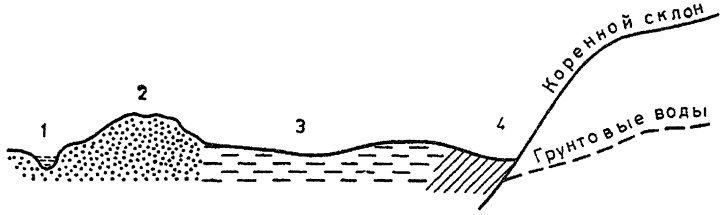


Рис. 52. Идеальная модель поперечного профиля пойм малых и реже средних рек Русской равнины:

1 — русло, *2* — прирусловая песчаная пойма (прирусловой вал), *3* — центральная суглинистая пойма, *4* — притеррасная заболоченная пойма

расы или коренного склона. Она несколько понижена, часто переувлажнена (родники, озера-старицы и притеррасные речки), встречаются песчаные дюны, возможно, остатки древних прирусловых валов. В Средней полосе и на юге Русской равнины к притеррасным понижениям приурочены черноольшаники.

Необычайно высока биологическая продуктивность пойменных ландшафтов. По данным Л. Е. Родина, Н. И. Базилевич, Н. Н. Розова, поймы при их незначительной площади (1%) производят почти 10% годичной мировой продукции.

Размещение автогенных, литогенных и гидрогенных ландшафтов на равнинах имеет свои закономерности. На *нижней высотной ступени* автогенные ландшафты очень часто теряют значение фоновых, уступая первенство гидрогенным. В Полесье, Мещере, тайге и лесотундре Западной Сибири болотные ландшафты преобладают над автогенными. На *верхней высотной ступени*, соответствующей наиболее приподнятым возвышенностям типа Приволжской и Донецкого кряжа, широкое распространение получают литогенные ландшафты. Расположенная между ними *средняя высотная ступень* занята автогенными ландшафтами. Они нарушаются здесь литогенными ландшафтами в виде боровых надпойменных террас и гидрогенными комплексами по поймам рек и недренированным участкам междуречий.

ЭКСТРАЗОНАЛЬНЫЕ ЛАНДШАФТЫ. ПРАВИЛО ЛАНДШАФТНОГО ПРЕДВАРЕНИЯ

Каждой ландшафтной зоне присущи свойственные только ей автогенные — фоновые — ландшафты, сочетающиеся в той или иной комбинации с литогенными и гидрогенными ландшафтами. Но границы между зонами никогда не являются строго линейными. Будучи эколого-географическими рубежами, они, как правило, размыты и страдают определенной условностью. *Комплексы, характерные для какой-либо одной зоны, но встречающиеся за пределами ее границ, называются экстразональными* (от лат. extra — вне, сверх).

Широко распространены и легко распознаются в природе экстразональные ландшафты, обусловленные различной экспозицией склонов. Склоны южной экспозиции (обращенные на юг) теплее и суше северных, они несут поэтому биоценозы южного типа, не наблюдающиеся здесь в плакорных условиях. Именно к ним, южным склонам, приурочены наиболее северные фрагменты степей. Встречающиеся в Московской области на высокой пойме Оки степные фитоценозы с участием ковыля перистого (*Stipa pennata*) тяготеют к пологим склонам южных экспозиций. Напротив, склоны северной экспозиции (обращенные на север), будучи более прохладными и влажными, служат проводниками северных биоценозов на юг. В степной зоне Русской равнины они одеты лесом. Закономерность эта настолько хорошо выражена, что по облесенным склонам степных балок почти безошибочно угадываются страны света.

В. В. Алехин, выдающийся знаток растительности степей, на основе экспозиционной экстразональности сделал обобщение в виде *правила предварения*: плакорный вид или плакорный фитоценоз предваряется на юге или севере в соответствующих местообитаниях. Автор подчеркивает, что экстразональная растительность, с одной стороны, отображает более северные или более южные зональные типы, а с другой стороны, *предваряет* их.

Правило предварения распространяется не только на растительность, но и на все другие компоненты ландшафта — животный мир, почвы, микроклимат, сток. Точнее, следует говорить о *правиле ландшафтного предварения*: склоны южной экспозиции заключают комплексы (фации, урочища, местности), свойственные водоразделам более южных районов, склоны северной экспозиции — комплексы, свойственные водоразделам более северных районов.

Экспозиция не единственная первопричина экстразональности ландшафтов. Сошлемся на *ополья* (от слова «поле») — крупные и мелкие острова северной лесостепи на юге хвойно-широколиственных лесов и тайги Русской равнины. Это хорошо дренированные спокойные равнины с плодородными темноцветными почвами, давно и густо заселенные, почти сплошь распаханные (Владимирское, Брянское, Овручское и др.). Решающее значение в формировании ополий как экстразональных лесостепных ландшафтов играет карбонатность подпочв—лёссовидных суглинков. Иную природу имеют экстразональные лесные ландшафты у северного предела распространения лесов. Самые северные на Земле (около 72°30′ с. ш.) леса из даурской лиственницы (*Larix dahurica*) — Ары-Мас и на р. Лукунской, — описанные Л. Н. Тюлиной и В. В. Крючковым, занимают повышенные, дренированные берега рек — притоков Хатанги. Всюду хороший дренаж, обеспечивающий глубокое оттаивание и лучший прогрев почв летом, является непременным условием местоположения крайних форпостов леса на Севере.

Без понятия экстразональности наше представление о зональности было бы ограниченным и неполным.

ГЛАВА VI. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ

ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ

В физической географии разнообразие методов предопределяется сложностью изучаемых объектов — географической оболочки и ландшафтов. Имеющиеся классификации методов исследования (В. К. Жучкова, 1977; Дж. Ханвели, М. Ньюсон, 1977; К. К. Марков, О. П. Добродеев, Ю. Г. Симонов, И. А. Суетова, 1978; В. К. Жучкова, Э. М. Раковская, 1982, и др.) неоднозначны и не бесспорны. Между тем в методах исследования требуется предельная ясность, так как их система определяет методологию науки, ее содержание и продвижение вперед.

Все разнообразие методов исследования сводится к трем категориям: общенаучным, междисциплинарным и специфическим для данной науки.

Важнейшим *общенаучным методом* является *материалистическая диалектика*. Ее законы и основные положения — о всеобщей связи явлений, движении как важнейшем свойстве материи, единстве и борьбе противоположностей, переходе количественных изменений в качественные, отрицании отрицания — составляют методологическую основу физической географии. Многие закономерности, установленные в физической географии, служат прекрасной иллюстрацией законов материалистической диалектики.

С материалистической диалектикой связан другой общенаучный метод — *исторический*. Он вытекает из материалистического признания всеобщей связи и развития явлений. В физической географии общенаучный исторический метод нашел выражение в специфическом *палеогеографическом методе*.

Общенаучное значение имеет *системный подход* к изучаемому объекту. По существу он означает дальнейшее развитие диалектического метода и сводится в физической географии к тому, что каждый объект (явление, процесс, комплекс) рассматривается как сложное образование, состоящее из различных блоков (структурных частей, элементов), взаимодействующих между собой. Или — *системный подход требует видеть всю многосторонность объекта в его внутренних и внешних взаимосвязях, представлять его как структурную часть более крупного целого и как совокупность более мелких структурных частей*. Именно такого системного подхода мы и придерживались при рассмотрении географической оболочки и ландшафта как пятимерной парадинамической системы. Сам по себе системный подход в науке не нов, однако его широкое распрост-

ранение совпадает с последними десятилетиями, способствовав появлению ряда новых междисциплинарных научных направлений.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ

Междисциплинарные методы — общие для группы наук. В физической географии это математические, геохимический, геофизический, моделирования. Некоторые из них (математические и моделирования) используются широким кругом наук, другие — более узким. Будучи общими, междисциплинарными, эти методы в каждой конкретной науке приобретают характерные черты.

Математические методы. В той или иной форме математические методы, имея в виду и количественные характеристики, применяются практически во всех естественных, точных и в ряде социальных (экономика, статистика и др.) наук. Математизация физической географии началась не сейчас, но протекает медленно. Наиболее медленно математические методы внедряются в комплексную физическую географию как из-за сложности объекта изучения, так и из-за недостаточности собранного по единой программе материала. Чаще всего в изучении ландшафтных комплексов ограничиваются пока методами математической статистики и теории вероятности (Т. Д. Александрова, 1975).

По мнению американского географа В. Бунге (1967), идеалом географического исследования является сведение географических законов и закономерностей к абстракции, выражаемой в математической форме. Высказывание не просто спорное, а ошибочное. География была и остается наукой конкретного, предметного мышления. И когда абстракция отрывается от реальных географических объектов, переходит в мир географических символов, география исчезает, остается *математическая география*, принадлежность которой к географическим наукам весьма сомнительна.

Полезность дальнейшей математизации физической географии бесспорна. Но полезна она до известных пределов. Никогда не следует забывать, что математические методы в физической географии не более чем вспомогательные.

Геохимический метод в физической географии — применение законов общей геохимии в изучении ландшафтов — получил широкое признание благодаря трудам советского почвоведа и географа Б. Б. Полынова (1956). Им был предложен *метод сопряженного анализа*, позволяющий определить содержание и перемещение химических элементов от возвышенных местоположений к понижениям. С этой целью простейшие (элементарные) ландшафты он подразделил на три типа: элювиальные, супераквальные и субаквальные. В *элювиальных или автономных ландшафтах* (от лат. eluo — вымываю), занимающих возвышенное положение с глубоким залеганием грунтовых вод, преобладает вынос элементов с помощью

воды и механического перемещения вниз по склону; аккумуляция вещества осуществляется за счет поступления его из атмосферы и горных пород. В *супераквальных или надводных ландшафтах* (от лат. super — над, aqua — вода), расположенных на более низких местах, велико влияние близко залегающих грунтовых вод, вынос элементов сочетается со значительным привносом их извне — со стороны водоразделов, а также нижележащей коры выветривания. *Субаквальные, или подводные, ландшафты* (от лат. sub — под, aqua — вода), с выходом вод на поверхность, отличаются привносом веществ с водоразделов и склонов, аккумуляцией наиболее подвижных элементов.

Пространственная, обычно межфациальная, сопряженность в геохимическом методе сочетается с вертикальной межкомпонентной (анализ химического состава грунтовых вод, почв, растительности, приземного воздуха и др.). Сопоставление вертикального химического состава фации с его пространственными изменениями от водоразделов к котловинам дает материал для заключения о миграции элементов в разных структурных частях природного комплекса — бедность одними, богатство другими элементами в элювиальных, супераквальных и субаквальных ландшафтах. Если подобные анализы будт через некоторое время повторены, то можно будет сделать выводы о тенденциях в изменении геохимии ландшафта — накоплении или обеднении его теми или иными элементами. Последнее обстоятельство ставит геохимический метод в ряд важнейших методов по определению уровня и возможностей загрязнения ландшафтов антропогенными воздействиями — промышленными и автомобильными выбросами, внесенными на поля минеральными удобрениями и т. п.

Еще одной особенностью геохимического метода является простота применения математических методов (имеется в виду обработка данных лабораторного анализа собранных образцов).

Геофизический метод предполагает изучение ландшафтных комплексов физическими методами. В центре внимания этого метода находится изучение энерго- и массообмена, связывающего ландшафтный комплекс в единое целое. На уровне современной физики с помощью применения сложных приборов определяются радиационные и тепловые условия подстилающей поверхности, условия увлажнения, термический и водный режим почв, продуктивность биоценозов — активных трансформаторов солнечной энергии.

Сбор геофизического материала трудоемок, проводится обычно на стационарах и нуждается в сложной аппаратуре, которой географы не всегда располагают. Основную часть исходных материалов для геофизики ландшафта географы получают от геофизиков, интерпретируя его в своем, географическом, аспекте. Именно поэтому, несмотря на все значение геофизического метода, помогающего заглянуть в механизм взаимообмена веществом и энергией в природ-

ном комплексе, он остается в *современной* физической географии вспомогательным методом.

Геофизический метод, как и геохимический, открывает большие возможности для привлечения математических методов обработки собранного материала и подключения ЭВМ.

Метод моделирования имеет определенное познавательное значение в физической географии. Модель — графическое или картографическое изображение ландшафтного комплекса или отдельных его блоков, отражающее их структуру и динамические взаимосвязи. Она представляет наиболее краткое, самое концентрированное и содержательное выражение наших знаний об объекте. Но значение моделей не только в этом, одновременно они являются *программой дальнейших исследований*, так как обращают внимание на сильные, ведущие звенья системы и наименее изученные, нуждающиеся в повышенном и первоочередном внимании.

Моделирование в отраслевых физико-географических исследованиях известно давно. Применительно к географическому комплексу одним из первых советских исследователей его использовал А. А. Григорьев. В 1926 г. в статье «Задачи комплексного исследования территории» он предложил графическую модель взаимодействия факторов в системе Солнце — современный человек, его быт и хозяйство, с подключением факторов в такой последовательности: астрономические — планетарные — факторы географического комплекса. Последнюю четверть XX в. В. С. Преображенский, Т. Д. Александрова, Т. П. Куприянова (1988) не без преувеличения называют эпохой моделирования. Ими же дан развернутый анализ наиболее принятого в литературе типа блоковых моделей.

Однозначной идеальной модели ландшафтного комплекса пока не создано, но работы в этом направлении ведутся. Модель ландшафтного комплекса как пятимерной парадинамической системы была охарактеризована в гл. IV «Учение о ландшафте и ландшафтной сфере Земли».

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ

Специфическими методами исследования в физической географии являются сравнительно-описательный, экспедиционный, литературно-картографический, аэрокосмический, палеогеографический, метод балансов.

Сравнительно-описательный метод — самый старый в физической географии. Он был и остается впредь не просто основным, но главным методом всей географической науки. Недооценка некоторыми учеными этого метода проистекает из поверхностных представлений о нем и о существе географии.

А. Гумбольдт (1959) писал, что сравнивать между собой отличительные особенности природы отдаленных стран и представить

в кратких чертах результаты этих сравнений — благодарная, хотя и трудная задача общего землеведения. Сравнение выполняет несколько функций: определяет ареал сходных явлений и предметов, разграничивает на первый взгляд близкие предметы и явления, делает через систему образов знакомым незнакомое.

Выражением сравнительно-описательного метода служат различного рода изолинии — изотермы, изогипсы, изобары, изогиеты (количества осадков в единицу времени), изофены (линии одновременного наступления какого-либо сезонного явления). Без них невозможно представить ни одной отраслевой или комплексной научной дисциплины физико-географического цикла.

Наиболее полное и разностороннее применение сравнительно-описательный метод находит в страноведении, где требует простоты и ясности изложения. Здесь, однако, этот метод долгое время ограничивался ответами на два вопроса: *что, где?*, тем самым давая обоснованный повод к тому, чтобы видеть в географии чисто хорологическую (от греч. choros — место, пространство) науку. В настоящее время сравнительно-описательный метод должен включать ответы по крайней мере на пять вопросов: *что, где, когда, в каком состоянии, в каких взаимосвязях? Когда* означает время, исторический подход к изучаемому объекту; *в каком состоянии* — современную динамику, тенденции развития объекта; в *каких взаимосвязях* — воздействие объекта на ближайшее окружение и обратное влияние последнего на объект.

Приведем образец применения сравнительно-описательного метода — описание влажного тропического леса Явы на высоте около 2000 м, принадлежащее А. Н. Краснову: «Издали такой лес не представляет ничего особенного. Это по внешности тот же широколиственный лес умеренной полосы. Достойно внимания то, что и здесь не видишь никогда тех пальмовых крон, которые рисуются при мысли о тропиках. Пальмы в ландшафте лесов фигурируют только в жаркой нижней зоне: выше мы видим только ротанги, ареки и им подобные ютящиеся в тени других дерев породы. Масса леса образована лиственными деревьями, и между ними, на фоне опушек, резко выделяются бело-серые стволы *Liguidambar*, этого характернейшего из деревьев девственных лесов Явы. Фон листвы лесов представляет или бесконечные варианты типа глянцеватого кожистого фикуса, или нежного перистого листа мимозы. Но зато очутившись под самою сенью леса, не только турист, но и самый опытный ботаник становится в положение деревенского мальчика, впервые попавшего в большой шумный столичный город. Не знаешь куда смотреть: внизу на земле, на уровне с головой, выше на стволах, — везде масса растений, бесконечно разнообразных, одно причудливее другого. Деревья не образуют, как у нас, общего свода. Над кустами, едва превышающими человеческий рост, возвышаются полудеревья; их кроны скрыты за деревьями роста наших лип; их покрывают деревья еще более высокие, над которыми, как шатры,

распростерты ветви исполинов, уже совершенно не видных через покровы этого четырехэтажного леса...

Понятно, что под четвертым сводом — сырость и полумрак, как под сводами таинственного храма. Как громадные паникадила какого-нибудь собора висят над вашей головой, свесившись на тонких лианах или прикрепившись к стволу, как исполинские гнезда, цельнолистовые розетки папоротника *Aspidium nidus avis*. Растительность этого пояса леса не похожа на нашу. Здесь вы не найдете на земле цветов нежных и благоухающих или чарующих взор красотою венчика. Везде одна только зелень нежной тонкой ваи папоротника, то маленького и изящного, приютившегося к стволу дерева, то громадного, древовидного, способного своею из земли поднимающуюся ваею покрыть человека, то поднимающегося как у пальмы венец вай на высоком чешуйчатом стволе»[1].

Экспедиционный метод исследования называют *полевым*. Полевой материал, собранный в экспедициях, составляет хлеб географии, ее фундамент, опираясь на который только и может развиваться теория.

Экспедиции как метод сбора полевого материала берут начало с античных времен. Геродот в середине V в. до н. э. совершил многолетнее путешествие, давшее ему необходимый материал по истории и природе посещенных стран. В частности, без посещения Скифии — причерноморских степей — он не сумел бы сообщить много точных подробностей о ее природе — равнинности, безлесии, суровости климата. 24 года (1271—1295) длилось путешествие итальянца Марко Поло в Китай.

Эпоха *Великих географических открытий* конца XI—XVII вв. — это ряд самоотверженных полных лишений экспедиций в поисках новых земель, расшифровки белых пятен на географической карте (путешествия Колумба, Магеллана, Васко да Гамы и др.). В один ряд с ними следует поставить *Великую Северную экспедицию* в России (1733—1743). Она даже по современным меркам представляется грандиозным мероприятием, поражающим количеством участников, разнообразием и объемом поставленных задач. Во время Великой Северной экспедиции, известной еще под названием Второй Камчатской, была изучена природа Камчатки, открыт северо-запад Северной Америки, описано побережье Северного Ледовитого Океана от Карского моря до Восточно-Сибирского, нанесена на карту крайняя северная точка Азии — мыс Челюскин.

Глубокий след в истории отечественной географии оставили *Академические экспедиции* 1768—1774 гг. Они были комплексными, в задачу их входило описание природы, населения и хозяйства огромной территории — Европейской России, Урала, части Сибири. В составе экспедиции принимали участие П. С. Паллас, И. И. Лепехин, С. Гмелин и другие выдающиеся ученые.

---

[1] *Краснов А. Н.* Под тропиками Азии. М., 1956. С. 52—53.

Преданность науке, мужество, способность видеть в природе главное, новое и взаимосвязанное, талант писателя-прозаика — черты лучших представителей большой армии географов-путешественников. Научные отчеты Н. М. Пржевальского (1839—1888), исследователя Центральной Азии, Д. Ливингстона (1813—1873), первооткрывателя озер и рек Южной и Восточной Африки, полные трагизма последние дневниковые записи Роберта Скотта (1868—1912), замерзшего на обратном пути от Южного полюса, как и труды многих других путешественников, читаются на одном дыхании, никого не оставляя равнодушным.

По мере дифференциации географической науки экспедиции становились более специализированными, с ограниченным кругом задач. При этом часть вопросов, решавшихся ранее географами, отошли к геологии, биологии, геофизике. Тем не менее многие экспедиции советского периода, будучи междисциплинарными по составу участников, включавших геологов, климатологов, гидрологов, ботаников, зоологов, были по существу комплексными географическими. Таковы экспедиции Совета по изучению производительных сил (СОПС), находящегося до 1960 г. при Президиуме АН СССР. В комплексных экспедициях СОПСа по изучению Кольского полуострова, Каракумов, Башкирии, Якутии, Тувы и других районов принимали участие многие институты Академии Наук.

У части исследователей возникло сомнение в возможности проведения в поле комплексных географических исследований одним лицом. Их выполнение под силу якобы только целому коллективу узких специалистов, а на долю географа остается роль организатора работ, ответственного за синтез собранного другими материала. Не отрицая за географом подобной организаторской функции в тех случаях, когда это возможно, обратим внимание на другое — *физико-географ может и обязан вести*, подобно другим узким специалистам, *собственные полевые исследования*, причем такие, которые не может выполнить за него никто иной. Выявление, картирование, анализ межкомпонентных связей ландшафтных комплексов — круг задач, решаемых физико-географами в полевых условиях. Выполнить эти задачи может лишь специалист с серьезной и широкой подготовкой. Но не следует при этом и преувеличивать трудности, не думать, что ландшафтовед в одном лице обязан совмещать геолога, климатолога, ботаника, зоолога, гидролога, почвоведа. Он должен оставаться специалистом сравнительно узкого профиля, владеющего методикой изучения природно-территориальных комплексов.

Современные географические экспедиции, с участием узких ландшафтоведов или без них, имеют междисциплинарный состав с тенденцией, не всегда реализованной, к комплексности. Особый интерес представляют корабли науки, бороздящие Океан под флагами разных стран. Это даже не лаборатории, а целевые научные институты, оснащенные самой совершенной аппаратурой по изуче-

нию водного и воздушного океанов. Судно «Академик Мстислав Келдыш», один из советских кораблей науки, обладает автономностью плавания около 20 тыс. миль.

В Центральной Арктике, на многолетних льдах, непрерывно дрейфуют, сменяя одна другую, научные станции «Северный Полюс». Начало им было положено в 1937—1938 гг. дрейфом отважной четверки, вошедшей в историю под названием *папанинцев* (И. Д. Папанин, Э. Т. Кренкель, Е. К. Федоров, П. П. Ширшов).

В послевоенные годы происходит активное научное наступление на материк Антарктида. Окраина ледяного материка покрывается сетью научных станций СССР, США, Великобритании, Австрии, Франции, Японии, Новой Зеландии, Австралии, Аргентины, Чили, ЮАР. Из шести действующих (1986) в Антарктиде советских станций в наиболее экстремальных условиях находится «Восток». Она расположена в Восточной Антарктиде на высоком ледниковом плато (3488 м) в районе магнитного и земного полюса холода.

Будучи междисциплинарными, с высоким удельным весом геофизиков, геологов, биологов и других специалистов, морские, арктические и антарктические экспедиции вносят неоценимый вклад в познание строения и динамики географической оболочки и ее ландшафтной сферы. Приходится признать, однако, что географический синтез не всегда успевает за новыми фактами и открытиями, полученными в ходе экспедиций смежными с географией подразделениями науки.

Разновидностью экспедиционного (полевого) метода являются *физико-географические стационары*. Инициатива создания их принадлежит А. А. Григорьеву. Первый стационар — Тянь-Шанская высокогорная станция — была открыта Институтом географии АН СССР в 1945 г. Стационаров до сих пор немного. Устоявшихся программ физико-географических стационаров не выработано. Первоначально они ограничивались изучением геофизики ландшафта (радиационный, тепловой, водный балансы), позднее с включением в программу биотического компонента — потеряли качественную грань, отделяющую их от биогеоценологических стационаров.

Полезность физико-географических стационаров в развитии географической теории бесспорна, но пока результаты этих исследований не выходят на практику и ожидать в ближайшее время развития широкой сети их, аналогичной, скажем, сети стоковых станций, нет оснований.

Полевые исследования физико-географа не исчерпываются экспедициями и стационарами. При решении частных, особенно краеведческих, вопросов (составление географического очерка района, выбор мест для размещения прудов, лесопосадок и т. п.) возникает необходимость в *полевых экскурсиях* для сбора недостающего материала. Научные экскурсии — мини-экспедиции — распространенный вид полевых географических исследований в высшей школе. Здесь они тесно связаны с учебными географическими экскурсиями

и учебной полевой практикой студентов-географов. Методика полевой физико-географической практики и общие вопросы методики комплексных физико-географических исследований отражены в ряде учебных пособий и руководств (В. К. Жучкова, 1977; А. Г. Исаченко, 1980; Комплексная географическая практика в Подмосковье, 1980 и др.).

Литературно-картографический метод в отличие от экспедиционного и полевого методов является *кабинетным*. Этот метод имеет два аспекта. Первый — подготовительный, *камеральный* этап в подготовке к экспедиции. Предварительное литературно-картографическое ознакомление с природой района составляет необходимое условие любых полевых исследований, но при ландшафтных значение его особенно велико. Ландшафтовед по любому району, подлежащему полевому исследованию, находит большое количество литературно-картографического материала, посвященного отдельным компонентам ландшафта, и анализ его требует больших усилий и хорошей подготовки. Камеральное литературно-картографическое изучение природы района не только поможет выявлению в поле ландшафтных комплексов, но и выявит возможные пробелы в изучении компонентов ландшафта, которые исследователь обязан восполнить или лично сам, или путем приглашения соответствующих специалистов (геоботаника, почвоведа, геолога и т. п.).

Второй аспект — литературно-картографический метод как основной, начало и конец познания географического объекта. Именно таким путем создается большинство страноведческих работ. Авторы страноведческих монографий могут быть лично знакомы с описываемой территорией, но и при этом условии в основе их труда, за редкими исключениями, лежит анализ имеющегося литературно-картографического материала.

Литературно-картографический метод не так прост, как это может показаться на первый взгляд. Чтобы пользоваться им, надо *уметь читать* отраслевую литературу, специальные карты и атласы. В них масса разнообразных сведений, разобраться в которых и отделить главное от второстепенного можно лишь овладев всей суммой информативного материала. Наиболее концентрированный вид географической информации представляют атласы, а среди них такие этапные для картографии труды, как Большой советский атлас мира (т. I, 1937), трехтомный Морской атлас и Физико-географический атлас мира (1964). Предисловие к последнему Атласу начинается словами: «Лежащий перед Вами Физико-географический атлас мира предназначен дать возможно более полную и точную картину природы мира, основанную на новейших географических материалах и современной теории наук о Земле». И это не преувеличение, на сотнях специальных карт Атласа нарисована картина *физической географии Мира*, которую трудно было бы развернуть на страницах многотомной серии монографий.

Аэрокосмические методы являются междисциплинарными, в фи-

зической географии они примыкают к литературно-картографическому, так как аэрофото- и космические снимки — это готовые карты, географическое содержание которых надо уметь раскрыть (дешифрировать).

Аэрофотосъемка широко используется с 30-х годов и давно уже стала основным методом топографической съемки. Ее материалы нашли разностороннее применение в ландшафтных и компонентных исследованиях. Обладая стереоскопическими свойствами, каждый аэрофотоснимок представляет готовую объемную модель ландшафта. Его камеральный анализ позволяет одновременно с плановым рисунком комплекса получить высотные характеристики его объектов.

По аэрофотоснимкам легко прослеживаются границы и структура природно-территориальных комплексов локального уровня (долина реки, балка, ледник, осиновый куст, тыкар, массив развеваемых песков), определение которых на местности потребовало бы много времени, а порой было бы и не таким точным. Больше того, есть ландшафты, чья закономерная структура и даже само существование распознаются лучше по аэрофотоснимкам.

Информация, поступающая со спутников и орбитальных космических станций, специфична: она широко обзорна, может быть многократно повторима через определенные интервалы времени, что дает возможность делать выводы о динамике и направленности развития выявленных процессов. По космическим снимкам легко определить направление течений и волнение на поверхности Океана; облачность циклонического характера, зарождение и пути перемещения разрушительных тайфунов; очаги развевания и маршруты переноса эоловой пыли из Гоби до Японских островов, из Сахары до Центральной и Северной Америки. Большие перспективы для прогноза климата имеет слежение за «поведением» энергоактивных зон Океана, каковыми, по предложению Г. И. Марчука, называют акватории с тепловыми аномалиями — места зарождения Гольфстрима и Куросио, зоны подъема на поверхность холодных вод и др. Остается не совсем ясной природа обнаруженных круглых спиральных вихрей — рингов и циклонических (иногда антициклонических) вихрей в Океане диаметром от нескольких десятков километров и более. Стали известны явления, пока еще ждущие своего объяснения: понижение уровня Океана в районе «Бермудского треугольника» на 25 м; видение океанического дна на таких глубинах, которые казались недоступны для взгляда; наблюдавшаяся дважды в Тихом океане «толчея воды», которая вдруг как бы закипала на площади, равной (в одном случае) примерно оз. Иссык-Куль.

Мало кто ожидал, что космические исследования принесут ценнейшие данные о составе и строении земной коры — кольцевых структурах, глубоких тектонических разрывах, артезианских скоплениях вод «Парадоксально, но факт, что, удаляясь от Земли на большие расстояния — на сотни, тысячи и даже десятки тысяч ки-

лометров, мы смогли «заглянуть» и в глубь нашей планеты»[1]. Глубинное строение земной коры распознается по снимкам не прямо, а опосредственно — по формам рельефа, размещению рыхлых и коренных пород, характеру растительности.

Космические снимки хорошо рисуют не только общую географию лесов, но и их состав, бонитет, позволяют определить стадии вегетации и ожидаемую урожайность посевов, эродированность почв и содержание в них гумуса.

Географо-космические исследования играют важную народнохозяйственную роль — ориентируют в поисках полезных ископаемых, уточняют размещение лесных ресурсов, рыбных запасов в Океане, дают материал для прогнозов погоды и климата.

Палеогеографический метод — физико-географическое преломление общенаучного исторического метода. Физическая география, как и другие разделы географии, — наука *пространственно-временна́я*. Все ее объекты от географической оболочки до конкретного урочища и фации имеют свою историю развития и современный облик их — продукт не только нынешних, но и прошлых, порой очень отдаленных, условий. Следы этого отдаленного и близкого прошлого прослеживаются в каждом ландшафте.

Лесостепной Север среднерусской лесостепи географы называют Известняковым. И действительно, многие черты ландшафта этого района—узкие, с переменной асимметрией склонов, речные долины, каменистые утесы с фрагментами реликтовой растительности; провальные воронки, исчезающие речки и мощные карстовые ключи-воклюзы обусловлены присутствием известняков, отложенных 350—400 млн. лет назад в водах девонского моря. Не знать, когда и как были отложены известняки, т. е. не учитывать геологической истории этого района, невозможно даже при самой поверхностной характеристике ландшафтов Известнякового Севера среднерусской лесостепи.

Помимо горных пород информацию различной полноты о палеоландшафтах несут все другие компоненты. Сравнительно легко прошлое ландшафтов читается по формам рельефа — моренные холмы и гряды в области аккумуляции и «бараньи лбы» в зоне сноса (экзарации) древнего оледенения; песчаные дюны, свидетели когда-то развеваемых песков, ныне закрепленные лесом; плоская равнина на дне спущенного рекой озера. Сложнее использовать в палеогеографических целях данные анализа *современного распространения и животных*. Здесь полезным является установление реликтовых видов и группировок, но во многих случаях это скорее косвенное, а не прямое свидетельство исчезнувших ландшафтов. Дело в том, что сами узкие специалисты (ботаники, зоологи) часто оставляют открытым вопрос о реликтовой природе тех или иных

---

[1] *Григорьев А. А., Кондратьев К. Я.* Космическое землеведение. М., 1985. С. 54.

растений и животных, а в отношении *возраста реликтов* больше предположений, чем прямых доказательств.

Для установления возраста пород, слагающих литогенный фундамент ландшафта, определения растительности и климата, при которых происходило их накопление, в физической географии широко используется *спорово-пыльцевой анализ*. Он применим к породам разного возраста — от очень древних до новейших. В сочетании с другими методами спорово-пыльцевой анализ позволил расчленить четвертичный период на два отдела: *плейстоцен*, для которого характерны оледенения, и *голоцен*—послеледниковое время. Благодаря ему удалось разделить голоцен, начавшийся 10 тыс. лет назад, на отрезки, отличающиеся один от другого температурой воздуха, влажностью, растительностью (Н. А. Хотинский, 1977). Из голоценовых пород очень богаты пыльцой растений торфяники.

Палеогеографический метод — это не только взгляд назад, чтобы лучше понять современную природу, но и прогноз будущего. Рассмотрим сказанное на примере климатической зональности. Путем анализа состава горных пород и ископаемых организмов в истории Земли выявлено чередование двух типов климатической зональности: термального (теплового) и ледникового. Холодных климатических поясов, свойственных ледниковому типу зональности, нет в термальном типе, при котором полярные шапки обладали умеренно-теплым климатом. На протяжении последнего миллиарда лет теплые эры, с максимумом в эоцене, верхнем мелу, нижнем карбоне, трижды сменялись ледниковыми, состоящими в свою очередь из ледниковых и межледниковых эпох. Преобладал на Земле теплый климат, на долю собственно ледниковых эпох приходилось менее $^1/_5$ последнего миллиарда лет. Как предполагают палеоклиматологи (Н. М. Чумаков, 1986), мы живем, очевидно, в конце последней ледниковой эры, между двумя ледниковыми максимумами.

Трудно сказать, насколько реален прогноз предстоящего нового ледникового максимума, тем более что не надо забывать антропогенного воздействия на климат, но уже сам научно обоснованный подход к определению того, что нас может ожидать в будущем, заслуживает пристального внимания.

Более определен прогноз, основанный на палеогеографическом анализе новейших тектонических движений. Геологические структуры, активно проявившие себя в неогене — четвертичном периоде, имеют тенденцию к сохранению выявленного у них знака движений и в будущем. Это обстоятельство уже сейчас учитывают при сооружении долговременных промышленных и портовых объектов на берегах морей.

Метод балансов. Назначение метода балансов — количественная характеристика динамических явлений по перемещению вещества и энергии в ландшафтных комплексах. Это один из немногих методов, сближающих физическую географию с точными науками. Он отве-

чает на вопросы: *что, в каком количестве входит и выходит из ландшафта за определенную единицу времени.*

Ход физико-географического исследования с применением балансового метода протекает в такой последовательности (Д. Л. Арманд, 1975): 1) предварительное составление списка статей прихода и расхода; 2) определение ареалов и сроков действующих факторов с нанесением их на карту, профиль, диаграмму и т. п.; 3) количественное измерение факторов; 4) подсчет прихода и расхода, установление тенденции изменения комплекса.

Баланс, а если быть точным — его сальдо (остаток), может быть положительным, нейтральным и отрицательным. Знак баланса зависит от продолжительности срока наблюдений. Если, например, многолетний средний тепловой баланс ландшафта *принципиально-нейтрален* (равен 0), то в разные сезоны года он может быть и положительным, и отрицательным. Следует различать также *полный* баланс, охватывающий все статьи расхода и прихода, и *частный* баланс, состоящий из ведущих или интересующих нас статей прихода и расхода.

Широкое применение в физической географии, как комплексной, так и отраслевой, нашли такие универсальные балансы, как радиационный, тепловой, водный. Вместе с ними используется множество более узких, с ограниченными задачами, балансов следующего типа: баланс грунтовых вод, баланс массы ледника, баланс снежного покрова, баланс солей в Океане, баланс биомассы, баланс гумуса, баланс отдельных химических элементов и т. д.

Тепловой и водный балансы играют решающую роль в формировании биоты ландшафта. Как выразить соотношение этих двух видов баланса в едином, соотнести этот единый баланс с уровнем развития биоты, если тепловой и водный балансы оперируют разными единицами измерения? Частичное решение дает *баланс увлажнения* — разность между атмосферными осадками и испаряемостью за определенный промежуток времени. И осадки и испаряемость измеряются в миллиметрах, но вторая величина представляет здесь тепловой баланс, так как потенциально возможное (максимальное) испарение в данном месте зависит прежде всего от термических условий. В лесных зонах и тундре баланс увлажнения положительный (осадки превышают испаряемость), в степях и пустынях — отрицательный (осадков меньше испаряемости). На севере лесостепи баланс увлажнения близок к нейтральному. Баланс увлажнения можно перевести в коэффициент увлажнения, означающий отношение атмосферных осадков к величине испаряемости за известный отрезок времени. К северу от лесостепи коэффициент увлажнения выше единицы, к югу — меньше единицы.

Впервые балансовый метод к изучению географических явлений был применен А. И. Воейковым. Позднее его внедрение в комплексную физическую географию связано с именем А. А. Григорьева. В докладе Международному географическому конгрессу в Варшаве

в 1934 г. он говорил: «Характеристика физико-географических территорий с точки зрения развернутой структуры физико-географического процесса, сопровождаемая приходо-расходными балансами слагающих физико-географическую среду веществ, должна сыграть большую роль в развитии нашей науки» [1]. Ход развития физико-географической науки подтвердил предсказание А. А. Григорьева. Балансовый метод лежит в основе работы физико-географических станций и стационаров, полевой базы того раздела географической науки, который получил название *геофизика ландшафта*.

---

[1] *Григорьев А. А.* Закономерности строения и развития географической среды. М., 1966. С. 66—67.

ГЛАВА VII. НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ШКОЛЫ В ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

Становление и развитие физической географии как науки — плод усилий многих исследователей. Как и в любой другой науке, в физической географии в процессе ее развития обособились разные научные направления, а внутри их — школы.

Научное направление характеризуется наличием специфических подходов к изучаемому объекту, особых методов исследования, а лежащие в его основе фундаментальные закономерности разрабатываются последовательно сменяющими друг друга научными школами. В физической географии сложились следующие научные направления: описательное ландшафтоведение, геоморфологическое, гидролого-географическое, геохимическое, биогеографическое.

Научная школа — исторически определенный коллектив, активно разрабатывающий перспективные проблемы научного направления. О значении научных школ в истории науки Б. М. Кедров сказал: «Научные школы — это те основные ячейки науки, в которых формируются ее новые силы и осуществляется постоянное взаимодействие между старыми и молодыми кадрами ученых, между учителями и их учениками, между основателями новых научных направлений и их преемниками» [1].

По своему вкладу в науку, роли в истории науки и подготовке кадров научные школы делят на *ведущие* и *местные*. Ведущих научных школ немного; идеи, лежащие в их основе, составляют часто целый этап в развитии того или иного научного направления. С именем ведущей школы связывается воспитание, приход в науку многих талантливых исследователей, из числа которых вырастают впоследствии лидеры новых научных школ. В отличие от ведущих местные научные школы представляют сравнительно небольшие коллективы, находящиеся обычно под влиянием ведущих школ, занятые разработкой хотя и важных, но отдельных проблемных вопросов.

Иногда говорят о национальной географической школе. Употребляя этот термин, следует иметь в виду, что он соответствует обычно не одной, а целой ассоциации научных школ. *Советская национальная географическая школа,* например, подразумевает десятки научных школ разных направлений, объединенных единой

---

[1] *Кедров Б. М.* Научная школа и ее руководитель/Школы в науке. М., 1977. С. 301.

марксистско-ленинской методологией, комплексным подходом к решению проблем, увязкой теоретических исследований с решением крупных вопросов народнохозяйственного строительства.

История возникновения научных направлений и деятельности научных школ — это история науки в ее движении, история конкретная и живая, с участием ее выдающихся представителей.

ОБЩЕГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАТЕЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Общегеографическое направление — старейшее и наиболее распространенное в физической географии. Ему присущ ряд общих черт — разработка различных разделов физической географии с преимущественным вниманием к страноведению, использование в качестве основного сравнительно-описательного метода исследования. Оно широко представлено во многих странах.

Большой опыт и давние традиции связывают с этим направлением французскую географию. До сих пор вызывают удивление многообразием обобщенного материала, легкостью изложения многотомные труды Элизе Реклю (1830—1905) — участника Парижской Коммуны: «Земля и люди. Всеобщая география» и «Человек и Земля». Другой французский ученый Э. Мартонн (1873—1955) хорошо известен советскому читателю по русским переводам его трудов «Основы физической географии» (1939—1945). «Центральная Европа» (1938), «Физическая география Франции» (1950). Профессора Сорбонны П. Биро и Ж. Дреш (1960, 1962) известны как авторы совместного фундаментального труда «Средиземноморье».

В нашей стране общегеографическое описательное направление сложилось также давно и представлено несколькими *научными школами*, отражающими определенные этапы в развитии науки. Две из них связаны с Московским университетом и одна — с Русским Географическим обществом.

Комплексная географическая школа П. П. Семенова-Тян-Шанского (1827—1914). Разносторонне образованный ученый П. П. Семенов-Тян-Шанский оставил выдающиеся труды по физической географии, энтомологии, статистике, истории географии. В 1856—1857 гг. совершил путешествие на Тянь-Шань, открыв природу этой страны для европейцев. После его путешествия впервые стали известными подлинная орография Тянь-Шаня в виде системы широтно вытянутых хребтов, альпийские ледники, высотные ландшафтные пояса. За заслуги в изучении этих гор к его фамилии была сделана добавка *Тян-Шанский*. Находясь свыше 40 лет вице-президентом Русского Географического общества, он воспитал плеяду прославленных географов-путешественников (Н. Н. Миклухо-Маклай, Н. М. Пржевальский, М. В. Певцов, Г. Н. Потанин, В. И. Роборовский, П. К. Козлов, А. П. Федченко и др.). Оставленные ими труды — отчеты о путешествиях — отличаются комплексным под-

ходом к природе, глубиной содержания и образностью изложения. Школе П. П. Семенова-Тян-Шанского обязаны появлением коллективные географические труды «Россия. Полное описание нашего отечества» и «Живописная Россия». Сам П. П. Семенов-Тян-Шанский много занимался вопросами районирования.

В числе известнейших учеников П. П. Семенова-Тян-Шанского — его сын В. П. Семенов-Тян-Шанский (1870—1942). Он принимал участие в редактировании книги «Россия. Полное описание отечества», опубликовал фундаментальные труды по экономической и физической географии. «Работа «Район и страна» (1928) и сейчас удивляет богатством идей и подходов к географии как комплексной науке.

Общегеографическая школа Д. Н. Анучина (1843—1923). Глава этой школы вошел в историю науки как отец университетской географии. Почетный академик, первый доктор географии в России (1889 г., без защиты диссертации), Д. Н. Анучин стал в 1884 г. организатором в Московском университете кафедры географии нового типа, готовящей специалистов-географов широкого профиля (физическая география, биогеография, география человека). Географию он делил на *общую,* или *землеведение,* и *частную,* или *страноведение.* В работе «Япония и японцы» (1907) описание природы дополнено живой и вдумчивой характеристикой населения, его нравов, культуры и занятий. Это образец редких у нас *полных* страноведческих трудов.

Д. Н. Анучин был ученым широкого профиля — археологом и этнографом, историком науки, страноведом, основоположником отечественной лимнологии (науки об озерах). Широкий разносторонний подход к географии Д. Н. Анучин передал своим многочисленным ученикам — впоследствии видным ученым Л. С. Бергу, А. А. Борзову, А. А. Круберу, А. С. Баркову, Б. Ф. Добрынину, И. С. Щукину. Многие из них стали во главе университетских кафедр и даже научных школ, авторами получивших широкое признание учебников для высшей школы.

Школа географической океанологии Шокальского — Зубова. Уточним название школы. Океанология (более ранний термин — *океанография*) зарождалась и первоначально развивалась как комплексная географическая наука о Мировом океане. С ростом знаний и дифференциацией науки она превратилась в биолого-геофизическую науку. В десятитомной серии «Океанология», изданной в 70-х годах Институтом океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, освещены физика, химия, геология, геофизика и биология Океана, но нет географии. Тем не менее географическая линия в развитии океанологии никогда не прерывалась. Ее проводниками были Ю. М. Шокальский (1856—1940) и Н. Н. Зубов (1885—1960).

Ю. М. Шокальский — выдающийся океанограф и картограф, профессор Военно-Морской академии (1910—1930) и Ленинградского университета, автор получившей мировую известность «Океа-

нографии» (1917). В «Океанографии» он ввел понятие Мирового океана как единой водной оболочки Земли. На трудах Ю. М. Шокальского воспитывалось не одно поколение советских океанологов. В числе его учеников — Н. Н. Зубов, профессор Московского университета, исследователь арктических морей, автор многих географических трудов в океанологии.

Географический синтез накопленного к концу 70-х годов океанологического материала был предпринят в 6-томной серии монографий «География Мирового океана». Инициатором создания серии выступило Географическое общество СССР, а главным редактором — профессор Московского университета, академик К. К. Марков.

Школа физического страноведения Б. Ф. Добрынина (1885—1951). Б. Ф. Добрынин стал организатором кафедры физической географии зарубежных стран и первым ее заведующим в Московском университете (1938—1941). В 1942—1950 гг. он заведует кафедрой физического страноведения в Тбилисском университете, а последний год жизни — кафедрой физической географии Киевского университета. Ему принадлежат учебники по физической географики СССР и Западной Европы, а также превосходно написанные с использованием личных полевых наблюдений очерки о природе Андалузских Кордильер, Апеннинской Италии, Мексики, Дагестана, Крыма. Уже после его кончины увидел свет капитальный труд по физической географии зарубежной Азии, созданный по инициативе и при авторском участии Б. Ф. Добрынина (Д. Л. Арманд, Б. Ф. Добрынин и др., 1956). Одновременно он был большим знатоком геоморфологии Русской равнины, предложил собственную схему ее геоморфологического районирования (1934). Работая в Московском университете, Б. Ф. Добрынин сплотил вокруг себя группу ученых-энтузиастов по изучению морских берегов как своеобразных геоморфолого-географических образований.

География, по Б. Ф. Добрынину (1957), слагается из общей физической географии и *страноведения*. Задача географа-страноведа в поле заключается в умении наблюдать и определять конкретные ландшафты.

Школа Б. Ф. Добрынина нашла дальнейшее развитие в страноведческих трудах Д. Л. Арманда, Н. А. Гвоздецкого, Ю. К. Ефремова, Г. М. Игнатьева, Е. Н. Лукашовой, Э. М. Мурзаева.

ЛАНДШАФТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Ландшафтное направление в физической географии сформировалось несколько позже описательного, на рубеже XIX—XX вв. Оно оказалось наиболее перспективным, так как в центре его внимания стоят не отдельные компоненты и даже не межкомпонентные взаимосвязи, а ландшафтные комплексы — прямые объекты изучения физической географии. Менее чем за 100-летний период в ланд-

шафтном направлении выделились четыре научные школы, без знания вклада которых в науку невозможно представить современное состояние физической географии.

Общеландшафтная научная школа В. В. Докучаева (1846—1903) — уникальная в истории географической науки школа по богатству и глубине развитых в ней идей, числу талантливых учеников и сподвижников. Научная деятельность В. В. Докучаева протекала в Петербургском университете и начиналась с чисто геологических работ. Но уже его диссертация на степень магистра минералогии и геологии «Способы образования речных долин Европейской России» (1878), утверждающая чисто эрозионное происхождение речных долин, носила геоморфологический характер. Следующей вехой в научном творчестве В. В. Докучаева стала его монография «Русский чернозем» (1883). Чернозем рассматривается в нем как компонент природного целого, развивающегося по своим естественным законам.

Комплексный подход к природе как целостному образованию нашел у В. В. Докучаева свое дальнейшее выражение в книге «Наши степи прежде и теперь» (1892). Это отклик ученого на страшные засухи 1891—1892 гг. в черноземной России. Давая комплексную характеристику степей (точнее, лесостепи) Полтавской губернии, В. В. Докучаев показывает, как под влиянием неразумной хозяйственной деятельности в степи исчезли последние леса, снижалось плодородие почв, истощались запасы грунтовых и речных вод, а посевы становились игрушкой суховеев и засух. В. В. Докучаев не ограничивается констатацией факта иссушения степей. Он обосновывает систему мероприятий по ослаблению отрицательного воздействия на урожай засух и суховеев, рекомендуя создание в степи прудов, посадку лесополос и применение высокой агротехники.

Вершиной научного творчества В. В. Докучаева стало обоснование закона мировой зональности (1899, 1948). Он считал, что явные, резкие и неизгладимые черты закона мировой зональности несут на себе все стихии — вода, земля, огонь (тепло и свет), воздух, растительный и животный миры.

Талант В. В. Докучаева сказывался во всем: развиваемых научных идеях, увлекательных по построению и подаче материала лекциях, простом и образном языке научных трудов. Многие места его книги «Наши степи прежде и теперь» (1892) хочется перечитывать не один раз как хорошую художественную прозу.

В. В. Докучаев был всегда окружен молодежью. Обучение их продолжалось и за пределами университетской аудитории. Замечательной школой воспитания нового поколения исследователей стали экспедиции — *Нижегородская* (1882—1886) и *Полтавская* (1888—1892) по оценке земель и *Особая экспедиция Лесного департамента* (1892—1896). Это были экспедиции нового типа, первые в истории науки комплексные физико-географические экспедиции с участием в них специалистов отраслевиков-геологов, почво-

ведов, метеорологов, гидрологов, ботаников, агрономов. Из них уникальной была и осталась Особая экспедиция Лесного департамента. В ее задачу входил выбор нескольких типично степных участков на Русской равнине с последующим созданием на них лесных полос и прудов и выяснением воздействия их на урожайность полей и природного комплекса в целом. Один из таких участков — Каменная степь (Воронежская область) — послужил базой для организации здесь впоследствии Института сельского хозяйства Центральночерноземной полосы имени В. В. Докучаева.

Как никто, В. В. Докучаев умел наблюдать природу и это умение передавать другим. В. И. Вернадский, его ученик, писал: «По складу своего ума Докучаев был одарен совершенно исключительной пластичностью воображения, по немногим деталям пейзажа он схватывал и рисовал целое в необычайно блестящей и ясной форме. Каждый, кто имел случай начинать свои наблюдения под его руководством, несомненно, испытывал то же самое чувство удивления, какое помню и я, когда под его объяснениями мертвый и молчаливый рельеф вдруг оживлялся и давал многочисленные и ясные указания на генезис и на характер геологических процессов, совершающихся и скрытых в его глубинах» [1].

Идеи и яркая личность самого В. В. Докучаева привлекали к нему массу учеников-последователей из среды географов, почвоведов геоботаников. Н. М. Сибирцев, К. Д. Глинка, С. А. Захаров, В. И. Вернадский, Г. Н. Высоцкий, Г. Ф. Морозов, А. Н. Краснов, Г. И. Танфильев — эти и многие другие ученики В. В. Докучаева составляют гордость отечественной науки.

Ландшафтно-морфологическая школа Л. С. Берга (1876—1950). Комплексный подход к природе, свойственный В. В. Докучаеву, и его учение о естественно-исторических зонах были развиты позднее Л. С. Бергом в учении о географическом ландшафте и географических зонах. Многолетний заведующий кафедрой физической географии Ленинградского университета Л. С. Берг, подобно своему учителю Д. Н. Анучину, отличался разносторонностью интересов в науке. Он был известным биологом, лимнологом, климатологом, страноведом, палеогеографом, историком науки. Им заложены теоретические основы современного ландшафтоведения, выделены и описаны географические зоны в их современном представлении, в работе «Климат и жизнь» показано влияние климата на рельеф и биоту ландшафта (Л. С. Берг, 1947, 1952).

В определении ландшафта Л. С. Берг не был последователен, на его авторитет в равной мере ссылаются сторонники и региональной и типологической трактовки природно-территориального комплекса. Так, в качестве примера географических ландшафтов он приводил ельники лесной зоны низин, болота лесной зоны, овраж-

[1] *Вернадский В. И.* Страница из истории почвоведения/Научное слово, 1904. С. 17.

ный ландшафт лесостепи, пески пустынной зоны, т. е. явно типологические комплексы, и одновременно Валдайскую возвышенность и Среднесибирское плоскогорье, являющиеся региональными комплексами. Ландшафты суши, по Л. С. Бергу, группируются в более крупные единицы — *ландшафтные зоны*, и вместе с тем они сами распадаются на более мелкие единицы. Если, например, *пески пустынной зоны* представляют географический ландшафт 1-го порядка, то там же *бугристые* пески есть географический ландшафт 2-го порядка, или географический индивид.

Предельно сжато и ясно учение о ландшафте было изложено Л. С. Бергом в теоретическом введении к его двухтомнику о географических зонах СССР. В нем последовательно даны определение ландшафта, система ландшафтных зон, соотношение учения о ландшафтах и географии; описаны факторы, влияющие на ландшафт, и влияние ландшафта на климат, воды, почвенный покров, рельеф, биоценозы; охарактеризована динамика ландшафтов — обратимые и необратимые смены, смещение ландшафтных зон, влияние человека. Задача географии, по Л. С. Бергу, заключается в том, чтобы понять сложный механизм ландшафтного комплекса.

Своеобразно подходил Л. С. Берг к определению общего землеведения. География и землеведение, по Л. С. Бергу, синонимы. Общим землеведением, или общим страноведением, он предлагал называть описание ландшафтов *всей* Земли.

В подходе к ландшафту у Л. С. Берга преобладает описательно-морфологический аспект, получивший дальнейшее развитие в трудах Н. А. Солнцева и Н. А. Гвоздецкого (Московский университет), С. В. Калесника и А. Г. Исаченко (Ленинградский университет), К. И. Геренчука (Львовский университет).

Важнейшим достижением учеников Л. С. Берга является выработка методики полевого ландшафтного картирования, составление различными коллективами крупно- и среднемасштабных ландшафтно-типологических карт с последующим использованием их для практических целей.

Геохимическая школа Б. Б. Полынова (1877—1952). Б. Б. Полынов, почвовед, геохимик и физико-географ, последние три десятилетия жизни был ведущим сотрудником Почвенного института АН СССР, совмещая эту работу с преподавательской в Ленинградском и Московском университетах. Союз академической и вузовской науки благоприятно сказался на быстром и широком распространении его идей о геохимии ландшафта и предложенного им метода сопряженного анализа миграции элементов в основных местоположениях (элементарных ландшафтах). Разумеется, решающую роль при этом сыграл прямой выход геохимии ландшафта на практику, о чем уже говорилось ранее.

К геохимии ландшафта Б. Б. Полынов пришел не сразу. Этому предшествовал долгий период полевых работ, в процессе которого был найден новый *ландшафтно-почвенный метод* географических

исследований и установлено понятие элементарного ландшафта. Геохимический поиск при изучении закономерностей накопления и распространения новейших отложений закончился созданием классического труда «Кора выветривания» (1934). Синтез идей элементарного ландшафта и геохимии коры выветривания привел к созданию учения о геохимии ландшафта.

Сам Б. Б. Полынов и некоторые его ученики употребляют термин *геохимический ландшафт*. Однако точнее говорить о *геохимии ландшафта,* так как речь идет о геохимических особенностях географических (природных и антропогенных) ландшафтов, а не о чем-то новом, отличном от них.

Развивая идеи Б. Б. Полынова, его ученик А. И. Перельман предложил геохимическую классификацию ландшафтов, дал анализ геохимии основных типов ландшафта — тундровых, болотных, лесных, лесостепных, степных, пустынных, примитивно-пустынных. Ему принадлежит большая заслуга в популяризации геохимии ландшафта и составлении учебных пособий (Перельман А. И., 1975). М. А. Глазовская (1964, 1972, 1973) детализировала схему элементарных ландшафтов Б. Б. Полынова, назвав геохимическим звеном сопряженный ряд элементарных ландшафтов от повышенных мест к понижениям; ею же разработана методика полевого изучения геохимии природных ландшафтов и предпринята попытка привлечь геохимию ландшафта к закономерностям формирования и размещения почв мира.

С 70-х годов геохимия ландшафта нашла новую область применения, связанную с охраной природы от загрязнения в результате техногенеза. Активно ведутся работы по анализу закономерностей формирования и вещественного состава техногенных потоков и ореолов рассеивания в различных ландшафтах, обоснованию рекомендаций по ликвидации отрицательных последствий техногенеза.

За короткое время геохимическая школа Б. Б. Полынова получила международное признание. В предисловии к мографии «Геохимия окружающей среды» канадский ученый Дж. Фортескью (1985) среди трех источников, лежащих в основе его мировоззренческих представлений, на первое место ставит идеи Б. Б. Полынова, А. И. Перельмана, М. А. Глазовской и ряда других русских ученых, которые заложили фундамент науки о геохимии ландшафта.

Ландшафтно-геофизическая школа А. А. Григорьева (1883—1968), или **академическая школа.** По предложению А. А. Григорьева в Академии наук в 1918 г. был создан *Промышленно-географический отдел* (*КЕПС*) (*Комиссии по изучению естественных производительных сил*), на базе которого возникли Геоморфологический институт (1930—1934), Институт физической географии (1934—1936) и Институт географии АН СССР, первым директором которого на протяжении полутора десятилетий (1936—1951) был А. А. Григорьев.

Научную работу А. А. Григорьев начал студентом Петербургского университета, совершив тогда экспедицию в Большеземельскую тундру. Затем были Кольский полуостров, Якутия, Урал. Но главная заслуга А. А. Григорьева не в полевых исследованиях, а в разработке важнейших узловых вопросов теории физической географии. В первое время, в бытность заведующего кафедрой физической географии Ленинградского университета (1925—1936), он много внимания уделял вопросам страноведения. Однако уже в 20-х годах А. А. Григорьев задачи географии видит значительно шире, чем простое страноведение. В 1926 г. он публикует статью «Задачи комплексного исследования территории», основные положения которой сохранили свое значение до наших дней. Под комплексным исследованием территории он уже тогда предложил считать изучение не просто отдельных элементов комплекса, а сами географические комплексы. Сложная система взаимодействия факторов в комплексе была представлена им в форме схемы — модели ландшафта, более последовательной и географичной, чем модели многих современных авторов. Программным на многие десятилетия вперед оказалось заключение статьи, утверждающее, что для понимания географической среды нужны стационарные или полустационарные работы, которые обеспечивают глубокое проникновение в наиболее темные стороны закономерностей географического комплекса.

В 1929 г. в работе «География теоретическая и прикладная, их современное состояние и намечающиеся пути развития» он высказывает ряд новых положений, получивших позднее широкое признание. Среди них определение географии как генетико-хорологической дисциплины; предложение различать три категории ландшафтов — природно-географический, культурно-географический (или просто культурный), географический; внедрение в практику географических исследований экспериментально-стационарного метода, количественных характеристик и метода приходо-расходных балансов вещества и энергии.

На протяжении 30-х годов А. А. Григорьев обосновывает существование географической оболочки и в развитие этого положения приступает к глобальной характеристике типов географической среды. При этом он исходит из того, что ландшафты представляют плод, произведение, или, как он выражался не совсем удачно, «внешнее выражение» структуры физико-географического процесса, протекающего в географической оболочке. Цикл не был закончен и в 40-х годах, но большая часть географических поясов Земли (экваториальный, тропический, умеренный, арктический, субарктика) описаны в 1970 г. в форме «Опытов характеристики основных типов физико-географической среды».

С именем А. А. Григорьева связано изучение механизма широтной и гидротермической зональности, установление наиболее распространенной сейчас системы таксономических единиц физико-

географического районирования с использованием метода ведущего фактора.

Идеи А. А. Григорьева оказали, правда не сразу, воздействие на весь ход развития географической науки в СССР. Ряд работ им выполнен совместно с геофизиком М. И. Будыко. Последнему принадлежат труды по тепловому балансу земной поверхности, введение радиационного индекса сухости как показателя биоклиматических условий, использованного при обосновании (совместно с А. А. Григорьевым) периодического закона географической зональности.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Изучение форм рельефа как части географического целого составляет давнюю традицию физической географии. В прошлом, до укрепления позиций ландшафтной теории, полевые исследования физикогеографов чаще всего сводились к сбору геоморфологического материала. Да и сейчас познание форм рельефа — их географии, возникновения и развития — является необходимым условием любой комплексной физико-географической работы.

Многие проблемные вопросы геоморфологии это одновременно и вопросы теории географической науки. К их числу относятся генезис и история развития разномасштабных морфоструктур, речных долин, эоловых, карстовых, ледниковых и других форм рельефа.

Общегеографический интерес представляет учение американского ученого *У. М. Дэвиса* (1962) о геоморфологических циклах. Сам У. М. Дэвис называл их *географическими*. На суше один цикл развития рельефа сменяет другой, проходя при этом стадии молодости, зрелости и дряхлости. Резко расчлененный горный рельеф, свойственный стадии молодости, в заключительной стадии — стадии дряхлости — приобретает вид «почти равнины» (пенеплена). Помимо «нормального», или водно-эрозионного цикла, автор различает ледниковый, аридный (пустынный), морской циклы. Получив широкое признание, концепция геоморфологических циклов подверглась критике якобы за излишний схематизм и абстракцию. Но любое широкое обобщение есть не что иное, как абстракция, сведение бесчисленного множества конкретных фактов к единой схеме. У. М. Дэвис заставил увидеть современный рельеф не как застывшее, а динамичное, эволюционное развивающееся образование. Не надо забывать, что идея геоморфологических циклов была впервые высказана в 1899 г. и под влиянием накопившихся фактов не могла не претерпеть дополнений и поправок, что можно проследить на примере *геоморфологических уровней* К. К. Маркова (1948) и *педипленов* Л. Кинга (1967), образующихся путем отступания склонов гор и слияния между собой наклонных подножных равнин (*педиментов*).

Теория геоморфологических циклов У. М. Дэвиса оставляет в

стороне эндогенный фактор развития рельефа — тектоническое поднятие или опускание местности.

Немецкий геоморфолог *В. Пенк* (1888—1923) показал, что тектонические движения земной коры фиксируются в морфологии склонов (выпуклые — при быстром поднятии, вогнутые — при длительном стационарном положении), и на этом основании предложил для восстановления истории развития рельефа метод морфологического анализа (В. Пенк, 1961).

В отечественной географии истоки геоморфологического направления уходят к трудам М. В. Ломоносова, рассматривавшего рельеф как результат противоречивого воздействия на земную поверхность внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) сил. Далее оно прослеживается в работах С. Н. Никитина, А. П. Карпинского, А. П. Павлова и других известных геологов. Из опубликованного ими выделим здесь чисто географическое исследование А. П. Павлова (1898) «О рельефе равнин и его изменениях под влиянием работы подземных и поверхностных вод».

Как особая наука геоморфология сложилась в советские годы. Наряду с геологами в ее формировании активное участие приняли физикогеографы. Первые вузовские учебники по геоморфологии увидели свет в 30-х годах и составлены были географами — Я. С. Эдельштейном и И. С. Щукиным.

С именем *Я. С. Эдельштейна* (1869—1952) связано создание *Ленинградской школы геоморфологов*. Он был первым деканом географического факультета Ленинградского университета, создателем кафедры геоморфологии. Экспедиционную деятельность его отличает тесная связь с геологическими организациями. В числе его учеников — К. К. Марков, И. П. Герасимов, Н. Н. Соколов, Г. Д. Рихтер.

А. А. Борзов (1874—1939) и *И. С. Щукин* (1885—1984) возглавляют *Московскую школу геоморфологов*. А. А. Борзов длительное время стоял во главе географического факультета Московского университета и заведовал кафедрой физической географии. И. С. Щукин на этом же факультете был организатором и первым заведующим кафедры геоморфологии. И тот и другой одинаково смотрят на геоморфологию как географическую дисциплину, а рельеф считают основным компонентом ландшафта. Не случайно их многочисленные ученики — А. И. Спиридонов, А. И. Соловьев, Н. А. Гвоздецкий, Н. И. Михайлов, М. В. Карандеева, Г. К. Тушинский, О. К. Леонтьев, Н. А. Солнцев, С. С. Воскресенский и другие — стали не просто геоморфологами, а физикогеографами широкого профиля.

Послевоенные успехи в изучении Океана привели к возникновению *морской геоморфологии*. Этот новый раздел геоморфологии имеет большие перспективы для своего развития, так как уже начавшееся освоение богатств донных ландшафтов невозможно без знания рельефа дна Океана и его морей.

В физической географии биогеографическое направление — одно из старейших и ведущих научных направлений. Оно не синоним биогеографии, биогеографических работ как таковых, а путь познания ландшафта через биогеографические особенности территории. Основы его заложил *А. Гумбольдт.*

Виднейшим представителем биогеографического направления в дореволюционной России был А. Н. Краснов, о котором уже говорилось. Далее следует назвать имена Г. И. Танфильева, Г. Ф. Морозова, Р. И. Аболина, Г. Н. Высоцкого, В. Н. Сукачева.

Г. И. Танфильев (1857—1928), как и А. Н. Краснов, был учеником А. Н. Бекетова и В. В. Докучаева по Петербургскому университету, с 1905 г. и до конца жизни возглавлял кафедру географии Новороссийского университета в Одессе. Полевые исследования тундр и степей Европейской России позволили ему (1953) высказать оригинальные взгляды на причины безлесья этих типов ландшафта, а изучение болот, продолженное затем В. Н. Сукачевым и другими авторами, привело к созданию болотоведения. Итогом многолетней деятельности в Новороссийском университете стало его учебное руководство по физической географии России.

Г. Ф. Морозов (1867—1920), выпускник Лесного института в Петербурге, находясь под влиянием идей В. В. Докучаева, стал создателем *географо-лесоводческой школы.* Лес представлялся им как природный комплекс, а лесоводство — как комплексная географическая наука. Учение Г. Ф. Морозова (1949) о лесе и типах насаждений было впоследствии широко использовано ландшафтоведами.

Р. И. Аболин (1866—1939) — геоботаник и физикогеограф, исследователь болот, Лено-Вилюйской равнины и Средней Азии. На примере болот предложил одну из наиболее ранних таксономических систем ландшафтных единиц, произвел естественно-историческое районирование Средней Азии, используя главным образом биоклиматический материал (Р. И. Аболин, 1914, 1929).

Г. Н. Высоцкий (1865—1940) — геоботаник, почвовед и физикогеограф, участник Особой экспедиции Лесного департамента под руководством В. В. Докучаева, большой знаток природы степей и степного лесоразведения. Один из первых в 1909 г. предложил методику составления ландшафтно-типологических карт.

В. Н. Сукачев (1880—1967) — геоботаник, лесовод, создатель особой биогеоценологической школы. Как геоботаник внес существенный вклад в становление фитоценологии — науки о растительных сообществах. Ему принадлежит первое учебное руководство по болотоведению (В. Н. Сукачев, 1926). Разработанная им географическая типология лесов нашла широкое применение в практике лесного хозяйства. Учение о *биогеоценозе* как единстве биоценоза и его местообитания составляет *биофизику ландшафта,*

изучающую географические фации с точки зрения обмена веществом и энергией между биотическими и абиотическими компонентами ландшафта. Понятие биогеоценоза, с одной стороны, близко к географической фации ландшафтоведов, а с другой — к *экосистеме*. Если от географической фации его отличает биоцентрическая направленность, то от экосистемы — ценотическая ограниченность. Экосистема означает единство с внешней средой как отдельных организмов, так и их сообществ, биогеоценоз — единство с внешней средой только сообществ организмов (биоценозов). Учение о биогеоценозе вызвало к жизни появление полевых биогеоценологических стационаров, близких к физико-географическим.

Биогеоценологические идеи В. Н. Сукачева, разработанные им для наземных, преимущественно лесных, условий (В. Н. Сукачев, Н. В. Дылис, 1964), были перенесены Л. А. Зенкевичем на Океан. Им разработана теория биологической структуры Океана, получившая широкое признание.

Зачатки биогеоценологического подхода к природе наметились давно. Профессор зоологии Московского университета К. Ф. Рулье (1814—1858) уже в середине прошлого столетия призывал к деятельному изучению сообществ растений и животных в их развитии и связи с окружающими условиями. Его ученик Н. А. Северцов, автор классического эколого-географического исследования о животном мире Воронежской губернии, описал не просто географию животного мира, а его размещение по природным комплексам в их сезонной динамике. Эколого-географическая линия в биогеографическом направлении нашла продолжение в работах А. Н. Формозова, Е. П. Коровина, Д. Н. Кашкарова и их многочисленных учеников.

Из зарубежных ученых биогеографическая направленность наиболее определена у И. Шмитхюзена (ФРГ), который считал, что предметом географии растительности являются не отдельные растения и даже не их сообщества, а страны и ландшафты и их заполнение растительностью. В своей специальной и описательной части география растительности является поэтому частью страноведения, а с точки зрения общей постановки вопроса — частью ландшафтоведения». Это та точка зрения, которая в равной мере справедлива по отношению ко всем другим отраслевым географическим наукам.

ГИДРОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

В развитии гидрологии с давнего времени наметились две линии: географическая и геофизическая. Географическая линия нашла законченное выражение в начале 30-х годов текущего столетия в работах В. Г. Глушкова, сформулировавшего *географо-гидрологический метод исследования* вод сушки. В его основе лежит тесная причинная связь всех вод изучаемого района, за исключением транзитных, с ландшафтом в целом. Поэтому изучение вод предполагает

прежде всего исследование ландшафта в целом и установление качественных и количественных соотношений с ним вод как одного из его элементов.

В среде гидрологов географо-гидрологический метод В. Г. Глушкова подвергся критике, однако сейчас большинство авторов считают необходимым в гидрологических исследованиях соблюдать разумное сочетание географо-гидрологического метода с геофизическим.

Речной сток как один из интегрирующих и наиболее динамичных факторов был использован С. Д. Муравейским (1948) для построения модели природного комплекса. Каркас модели образуют три *интегрирующих фактора*: климат, рельеф, сток — и три основных *природных процесса:* выветривание, почвообразование, развитие органического мира. Все интегрирующие факторы и процессы находятся в тесном взаимодействии. Важнейшие связи и взаимодействия в комплексе ложатся на сток как основной транспортер вещества.

К географо-гидрологическому направлению в физической географии принадлежат классические исследования Верхневолжских озер Д. Н. Анучина и Аральского моря Л. С. Берга, выполненные в дореволюционное время. С. В. Калесник, возглавлявший в 1955—1976 гг. Лабораторию (с 1971 г.— Институт) озероведения АН СССР, успешно развивал комплексный подход к изучению водоемов, назвав его *географической лимнологией.* В названии нет ничего удивительного, так как озера — это аквальные ландшафты, тесно взаимодействующие с наземными. И чтобы убедиться в этом, достаточно ознакомиться с глубокой по содержанию книгой С. В. Калесника «Ладожское озеро» (1968).

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Палеогеографический метод исследования, о котором говорилось в гл. VI, находит частичное применение в разных научных направлениях физической географии. Но в данном, палеогеографическом, направлении этот метод приобретает значение основного, а полученные им обобщения используются географической наукой в целом.

Элементы палеогеографии содержатся в наиболее ранних геологических, биогеографических и общегеографических трудах. В отечественной литературе одна из первых палеогеографических работ «Очерк физико-географических условий Европейской России в минувшие геологические периоды» (1887) принадлежит геологу А. П. Карпинскому. Палеогеографический подход проявлен В. В. Докучаевым (1892) к анализу современных ландшафтов лесостепи в его монографии «Наши степи прежде и теперь». До сих пор не потеряла своего значения работа Г. И. Танфильева «Доисторические степи Европейской России» (1887), в которой на основа-

нии географии лёссовых пород обосновывается более северное, чем сейчас, местонахождение степей в позднеледниковое время. Решению важнейших палеографических проблем — изменениям климата в послеледниковое время и историческую эпоху, происхождению лёсса, влиянию ледниковой эпохи на распространение организмов — посвящена монография Л. С. Берга «Климат и жизнь» (1947).

Многие палеогеографические труды оказали заметное воздействие на развитие физической географии в целом. Так, в книге И. П. Герасимова и К. К. Маркова «Ледниковый период и на территории СССР» (1939) впервые освещены четвертичные оледенения с чисто географических позиций. Серьезные палеогеографические исследования, опирающиеся на геологические, палеоботанические, палеозоологические и археологические исходные материалы, выполнены А. А. Величко, Г. И. Лазуковым, М. И. Нейштадтом, И. Г. Пидопличко, Н. А. Хотинским. Опубликовано два учебных пособия по палеогеографии: геолога Л. Б. Рухина (1959) и географа К. К. Маркова (1960). К вопросам общего землеведения ближе книга К. К. Маркова, который уже в заглавии определяет палеогеографию как *историческое землеведение.*

ГЛАВА VIII. ЧЕЛОВЕК И ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА

ПРАРОДИНА ЧЕЛОВЕКА. НАЧАЛО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДУ

Воздействие человека на географическую оболочку началось около 2,5—3,0 млн. лет назад, а возможно, и раньше. Проследить начальные, доисторические этапы этого воздействия физической географии помогают две науки: антропология и археология. *Антропология* (от греч. antropos — человек, и logos — наука) изучает происхождение и эволюцию человека, формирование его рас. Предмет исследования *археологии* — материальные культуры, возникающие в ходе физического и социального развития человечества. Антропология и археология дают физической географии исходные данные для установления *начала, глубины* и *последовательности* хода воздействия человека на географическую оболочку и естественные ландшафты.

Появление и развитие человека стало важнейшим этапом в эволюции органического мира. Четвертичный период, последний в геологической истории Земли, А. П. Павлов предложил называть *антропогеновым*. Антропоген как синоним четвертичного периода принимается многими советскими геологами. В этом случае деление кайнозойской эры на три периода — палеоген, неоген, антропоген — представляется более логичным, чем при сохранении старого названия четвертичной системы.

Где, в каких природных условиях произошло выделение человека из животного мира (высших приматов?)? Какую территорию считать прародиной человечества? Вопросы эти не безразличны для физической географии, с ними связан возраст и длительность воздействия человека на ландшафты. Древнейшие следы человека найдены в Восточной Африке. Здесь, в тропических саваннах широких рифтовых долин, скорее всего и находится *прародина человечества* (В. П. Алексеев, 1985). Большой древностью отличаются также находки ископаемого человека в другом регионе — на востоке Азии, в долинах рек Хуанхэ и Янцзы.

Последующее расселение человека наряду с его биологической эволюцией сопровождалось обособлением *географических рас*. По поводу происхождения термина «раса» есть два предположения: от араб. «рас» — голова, начало, корень, итал. razza — племя. В основе деления человечества на расы лежат физические (телесные) различия. Но не каждое телесное различие является расовым. Для этого необходимо, чтобы различие было наследственным и имело

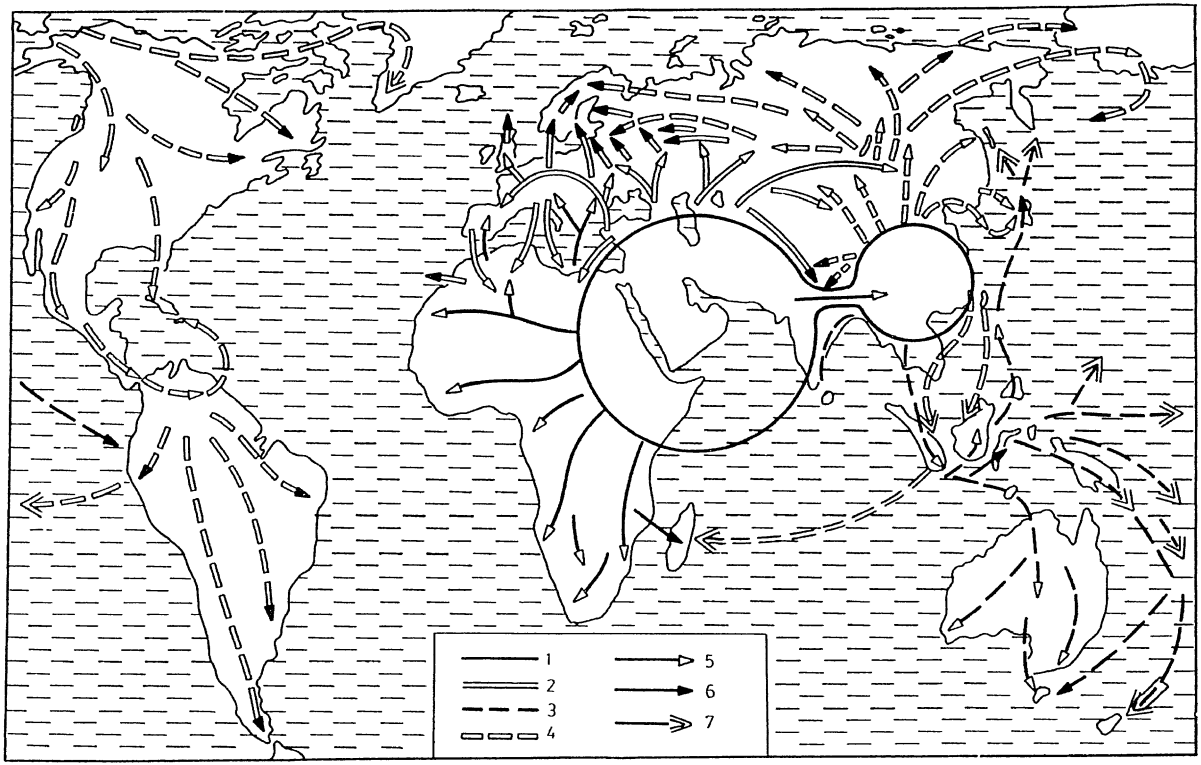


Рис. 53. Пути древнейшего расселения человечества (по С. А. Арутюнову, Н. Н. Чебоксарову, 1985)

Большой круг — западный очаг расообразования, малый восточный очаг расообразования; *1* — негроиды, *2* — европеоиды, *3* — австралоиды, *4* — монголоиды, *5* — эпоха палеолита, *6* — эпоха мезолита и раннего неолита, *7* — эпоха позднего неолита и металлита

определенный географический ареал (Н. Н. Чебоксаров, И. А. Чебоксарова, 1985).

С древнейших времен сложилось два очага расообразования: *западный,* очень обширный (северо-восток Африки и вся Передняя Азия), и восточный, менее крупный, расположенный на территории Китая (рис. 53). Каждый очаг дал по две *большие* (*географические*) *расы*: западный — европеоидную и негроидную, восточный — монголоидную и австралоидную.

Все четыре географические, или большие, расы составляют равноценные *популяции* человечества, принадлежащие в настоящее время к одному биологическому виду — *Homo sapiens*. Биологическая близость их определяется наличием переходных и промежуточных типов между большими расами. Признание равноценности рас исключает деление их на «высшие» и «низшие», вскрывает антинаучность расизма, распространенного в ЮАР и некоторых других капиталистических странах. Промышленно-культурная отсталость отдельных народов объясняется не их расовой принадлежностью, а особенностями социально-исторического развития.

Длительное время воздействие человека на ландшафты оставалось мало заметным. Собирательство плодов и выборочная охота не выделяли человека из остального животного мира. Качественный скачок в антропогенном воздействии на ландшафты произошел после того, как человек овладел огнем. Считалось, что пользоваться огнем предок современного человека *Homo erectus* научился в нижнем палеолите (древнем каменно мвеке) — 500 тыс. лет назад. Однако в Африке обнаружены следы использования огня человеком 1,42 млн. лет назад [1]. Скорее всего в это и еще более древнее время человек умел лишь хранить, но не добывать огонь. Прибегая к палам при охоте на животных, человек существенным образом влиял на растительность, в частности препятствовал возобновлению лесов. Тем самым начало формирования многих саванновых ландшафтов тропической Африки и Азии уходит к далеким временам нижнего палеолита.

ПОЯВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА РАЗУМНОГО И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДУ

Современный, или человек разумный — *Homo sapiens*, появился сравнительно недавно — 40 тыс. лет назад или немного более. Он возник в процессе длительной эволюции семейства гоминид, общая систематика которого представляется в таком виде (В. П. Алексеев, 1984):

Семейство: человечьи (Homonidae). Подсемейства: 1) австралопитеки Aaustralopithecinae [2]; 2) *собственно люди* — Hominin ae. Ро-

[1] Когда к человеку пришел огонь/Природа. 1983. № 3. С. 117—118.

[2] У австралопитеков, живших 2—3 млн. лет назад, «уровень стадных взаимоотношений был не намного выше на этом этапе, чем в сообществах стадных

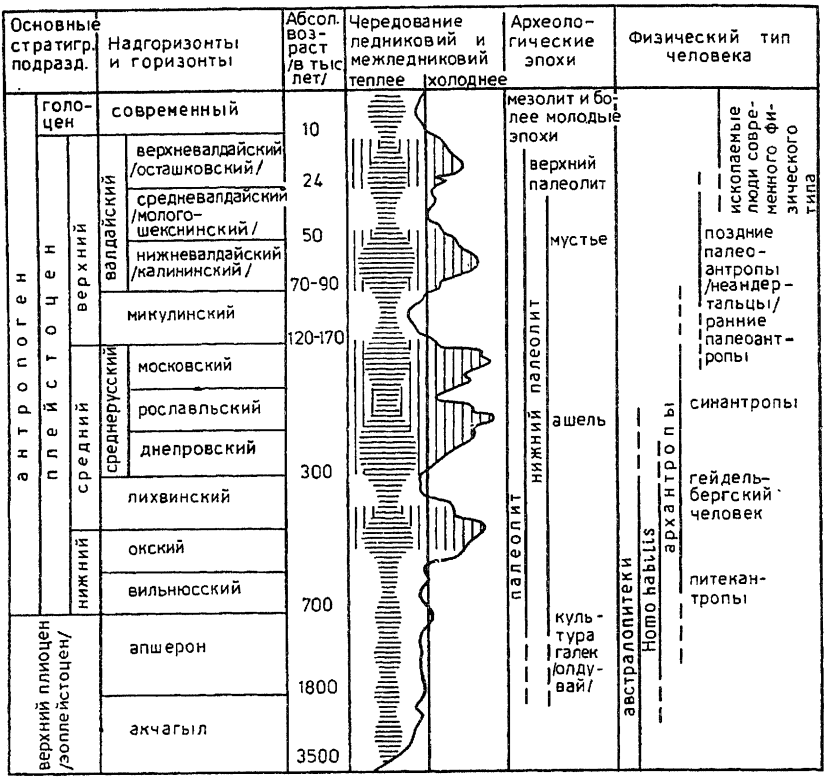


Рис. 54. Стратиграфия антропогена, археологические эпохи и эволюция физического типа человека (по Г. И. Лазукову, 1981)

ды: 1) питекантропы — *Pithecanthropus*; 2) *человек* — *Homo*. Виды: 1) человек неандертальский — *Homo neaderthalensis*; 2) *человек разумный* — *Homo sapiens*.

Развитие физических типов человека с соотношением их к археологическим эпохам и стратиграфии антропогена изображено на рис. 54.

Геологически время появления человека разумного приходится на разгар вюрмского (в СССР — валдайского) оледенения. Оно совпадает также с переходом от нижнего палеолита к верхнему с

животных. Первый росток выделения из животного мира уже появился, но он был еще очень коротким, — австралопитеки передвигались в выпрямленном положении и были способны к простейшим трудовым операциям, но отсутствие у них членораздельной речи говорит об очень монотонном цикле жизни, во многом сводившемся к животнообразным проявлениям» (В. П. Алексеев, 1984, С. 457).

заменой развитого первобытного стада, характерного для неандертальцев, первобытной родовой общиной, сменой мустьерской археологической культуры верхнепалеолитической. В верхнем палеолите человек владел искусством строительства жилищ на открытом месте. Большей частью это были шалашеобразные сооружения, углубленные в почву; строительным материалом служили дерево, кости мамонта и носорога. Встречались поселения с многоочаговыми жилищами. Совершеннее и разнообразнее стали орудия охоты. Появляются гарпун, лук, строятся западни и ловушки.

Верхнепалеолитического человека разумного резко отличает от ближайших предков высокий уровень изобразительного искусства — статуэтки из кости, роспись пещерных стен, фигурки животных, изваянные из камня и глины. Появилось первое домашнее животное — собака, ставшая помощником первобытного человека в охоте.

Проявления деятельности человека разумного становятся настолько значительными, что с его появлением начинается новый, *антропогенный, этап развития ландшафтной сферы*, о чем уже говорилось ранее (гл. I). В антропогенном этапе развития ландшафтной сферы различают три периода: древнейший, древний, новый.

Древнейший период — наиболее длительный период антропогенного этапа, продолжавшийся около 30 тыс. лет, вплоть до начала голоцена (послеледникового времени) (40 000—10 000 лет назад). Соответствует он верхнему палеолиту [1]. Умение искусственным путем добывать огонь, строить жилища и шить одежду, прогресс в развитии охоты — все это сделало верхнепалеолитического человека относительно независимым от природных условий, а его воздействие на ландшафты — более заметным. Создались предпосылки для заселения человеком самых различных природных зон, включая Субарктику, Австралию, Северную Америку, и земель, освободившихся к концу периода из-под ледниковых покровов.

В результате охоты к концу периода значительно уменьшилась численность некоторых животных. Некоторые исследователи считают, что вымирание мамонта и шерстистого носорога на Русской равнине вызвано не изменением природных условий после отмирания покровных ледников, а истреблением их человеком. Уменьшение численности животных под влиянием охоты — одна из причин, по мнению археологов, уменьшения ее роли в жизни человека послепалеолитического времени на территории Европы (П. П. Ефименко, 1953).

Истребление лесов и образование на их месте бесплодных известняково-карстовых пустошей в странах Средиземноморья началось в верхнем палеолите. Здесь известны древнейшие антропо-

---

[1] Г. И. Лазуков (1981), как и некоторые другие ученые, начало палеолита и появление *Homo sapiens* относит к более раннему времени, совпадающему с наступлением молого-шексинского межледниковья.

генные урочища позднего палеолита, выраженные в рельефе. Это кучи раковин, «улиточники» в виде холмов высотой до 5 м, рассеянные по всему африканскому побережью (А. Алиман, 1960).

Древний период соответствует мезолиту (среднему каменному веку), неолиту (новому каменному веку) и бронзовому веку, длительность — около 7 тыс. лет (10—3 тыс. лет назад). Природные условия его (последниковое время) более благоприятны для жизни человека, чем в предыдущий период. Происходит заселение новых территорий, ранее находившихся под ледником.

В это время появляется каменный, а затем и бронзовый топор, в неолите — глиняная посуда. Наряду с охотой, собирательством большой удельный вес приобретает *рыболовство,* но самое главное — возникают *скотоводство* и *земледелие.*

Возникновение скотоводства привело к резкому усилению воздействия человека на ландшафты в местах перевыпаса пастбищ. Нередко там, где огонь и топор пощадили естественную растительность, тяжелые опустошения внесли домашние животные, в первую очередь козы. Как утверждает французский зоолог и эколог Ж. Дорст (1968), именно козы положили начало гибели части плодородных земель Земного шара, и прежде всего в странах Средиземноморья. Крайне неприхотливая к корму коза не просто выстригает траву, а вырывает ее с корнем, лишая пастбища надежды на естественное восстановление. При недостатке трав коза поедает ветви.

Еще глубже и разностороннее, чем скотоводство, оказалось воздействие на природу земледелия. На Ближнем Востоке оно возникло на рубеже верхнего палеолита и мезолита около 12 тыс. лет назад [1].

На территории СССР им стали заниматься позже. Хорошо изученная в лесостепной Украине трипольская культура (5,5—4,5 тыс. лет назад) была в основном земледельческой (возделывание пшеницы и ячменя). С того отдаленного времени и до наших дней земледелие на этой территории не прерывалось, поэтому почвы здесь, как и в других местах древней земледельческой культуры, подверглись антропогенной трансформации и смыву, получили распространение антропогенные овраги.

Во второй половине древнего периода в немногих местах Земли, в частности на Ближнем Востоке, формируются раннерабовладельческие государства (Египет, Ассирия, Вавилон). К тому же времени относится возникновение крупных городов, оказывавших большое преобразующее воздействие на ландшафты как в черте городов, так и далеко за их пределами. За 4—6 тыс. лет до н. э. появились первые нефтяные промыслы.

---

[1] Мезолит на Ближнем Востоке протекал раньше, чем в других районах, в пределах 12—9 тыс. лет назад.

До сих пор поражают воображение Великие пирамиды египетских фараонов Хуфу, Хафра и Менкаура (Хеопса, Хефрена и Микерина — по гречески), построенные в 3000—2700 гг. до н. э. «Сложные чувства охватывают путника при виде Великих пирамид. Крайняя простота и ясность геометрических форм вместе с огромностью масштаба рождают ощущение нереальности, отрешенности, бесконечного спокойствия и невыразимого величия»[1]. И не удивительно: длина стороны пирамиды Хуфу 233 м, высота 146,6 м; в теле пирамиды уложено почти 2,6 млн. гранитных блоков, а масса ее превышает 6,5 млн. т. Тысячелетия, до средних веков, Великие пирамиды оставались самыми высокими сооружениями в мире.

Новый период. От начала железного века до середины XX столетия — таковы временные рамки этого периода общей продолжительностью около 3 тыс. лет.

Железо в начале I тысячелетия до н. э. занимает господствующее положение в материальной культуре и сохраняет его до наших дней. Победному шествию железа способствовали его высокие технические свойства и широкое распространение в природе. Оно сразу же полностью и окончательно вытесняет камень, что не удалось сделать бронзе.

С появлением железа усиливается разделение труда, возникают ремесла, растет число городов. Свойственная среднему периоду родовая община распадается, уступая место классовому обществу.

Новый период, непродолжительный по времени, является решающим в преобразовании человеком ландшафтной сферы. До этого времени антропогенные комплексы выглядели мелкими пятнами, терявшимися на фоне естественных. К концу периода они стали преобладающими во многих зонах и на отдельных материках. Столь быстрому антропогенному преобразованию ландшафтов Земли способствовал одновременный и все ускорявшийся рост технической вооруженности и численности населения Земли.

В технике был сделан скачок от простых и сложных орудий труда к электротехнике и автоматическим системам машин. Овладев в XVIII в. энергией пара, а затем электроэнергией, человек стал, с одной стороны, намного независимее от природной среды, а с другой — более зависим от общественных, социально-экономических условий.

Рост численности населения Земли, особенно возросший после промышленной революции, т. е. к концу периода, был вызван не увеличением рождаемости, а снижением детской смертности и увеличением средней продолжительности жизни. Если принять весьма приближенную оценку численности населения Земли к началу нашей эры за 0,2—0,3 млрд. человек, то темпы роста населения Земли, с прибавкой его на 1 млрд. человек, выглядят так: 1 млрд.— 1820 г., 2 млрд.— 1927 г., т. е. через 107 лет, 3 млрд.— 1959 г.— спустя всего 32 года (С. Т. Брук, 1986).

В отличие от предыдущих периодов в сферу воздействия че-

[1] *Домашиев А., Дроздова Т.* Из глубины веков. 1985. С. 14.

ловека в новый период были вовлечены *все компоненты* ландшафтного комплекса, включая рельеф, воды и климат. Но, разумеется, наибольшие изменения претерпели растительность и животный мир. По подсчетам американских авторов, в железный век леса одевали 47% суши, в середине XX в.— 27%. На миллионах квадратных километров леса уступили место лесопольным, лесостепным, саванновым ландшафтам, суходольным и пойменным лугам. Беднее стал животный мир. Четыре столетия назад на Земле насчитывалось примерно 4226 видов млекопитающих, из них к настоящему времени 36 видов (0,86%) исчезли, а еще 120 видов (2,84%) находятся под угрозой исчезновения. Такое же положение и с птицами. Из 8684 видов птиц исчезло 94 (1,1%) и 187 видам (2,2%) грозит исчезновение. Были полностью истреблены и исчезли как биологический вид такие, например, промысловые животные, как водившаяся в изобилии у Командорских островов морская корова (*Rhytina stelleri*), тарпан — дикая лошадь, заселявшая степи и смешанные леса Русской равнины (*Equus przewalskii*), тур, или первобытный бык (*Bos primigenius*), обитатель лесных массивов. Часть других промысловых животных резко сократили свой ареал и оказались близкими к истреблению. Обеднение промысловой фауны вызвано не одной охотой, но и изменением мест обитания — вырубкой лесов, распашкой степей, загрязнением водоемов. Что касается полного вымирания отдельных видов животных за историческое время, то некоторые из них могли исчезнуть не только под влиянием человека, но и в силу естественных биологических причин, возникающих в ходе эволюционного процесса.

Обеднение естественной фауны протекало на фоне роста поголовья домашних животных. Пастбищная перегрузка вызвала деградацию миллионов квадратных километров ранее плодородных земель — развевание песков в пустынях и полупустынях, образование известняково-карстовых безводных ландшафтов в странах Средиземья, распространение закустаренных суходольных пустошей в тайге.

Под влиянием распашки произошло ухудшение физических и биохимических свойств почвенного покрова, что нашло выражение в разрушении почвенной структуры, потере питательных веществ, уменьшении мощности гумусового слоя. Распаханные склоны стали разъедать десятки миллионов свежих оврагов, вызывая местами образование *бедлендов*. В освоенных степях появился новый природный феномен — *черные пылевые бури*. В мае 1934 г. с территории Великих равнин в США за один день было снесено ветром 300 млн. т плодороднейшей почвы.

Вырубка лесов, образование оврагов понизили уровень грунтовых вод, привели к исчезновению источников, к обмелению рек, более частой повторяемости засух и суховеев. Процесс антропогенного остепнения лесостепи Русской равнины был прекрасно

показан В. В. Докучаевым еще в конце прошлого столетия. В более широком плане деятельность человека стала причиной *аридизации ландшафтов* в глобальном масштабе — расширения площади бесплодных пустынь, усиления безводья и континентальности климата степных зон.

Нельзя думать, что в новый период человек только сводил леса и разрушал почву. В XIX и первой половины XX в. на Европейском материке проводятся значительные работы по *лесоразведению*. Лесистость Франции за счет искусственных посадок выросла с 16,8% в 1850 г. до 20,7% в 1952 г. (Д. Лоуинталь, 1960). В лесопосадках Западной Европы использовалась преимущественно сосна, которая и стала к концу периода преобладающей породой в составе лесов, хотя до вмешательства человека господство принадлежало буку и дубу. В России в 1843 г. приступили к созданию на Приазовской возвышенности Велико-Анадольского лесного массива. Сейчас на его месте вековая дубрава, раскинувшаяся среди степей на площади свыше 2500 га.

Площадь *польдеров,* лежащих ниже уровня моря низин, защищенных от затопления дамбой, в Нидерландах измеряется тысячами квадратных километров. Руками человека болотный и морской ил превращены в плодородную почву. В старых орошаемых оазисах пустынь на месте безжизненных такыров сформировались новые агроирригационные почвы исключительно высокого плодородия. В Китае, Японии, Филиппинах, Индонезии и других странах с древней земледельческой культурой террасы, занятые рисом и суходольными культурами, гигантскими ступенями опоясывают склоны многих гор. Они созданы человеком, чтобы избежать эрозии, и сами почвы террас скорее создание человека, чем природное образование.

К концу периода человек впервые становится заметным регулятором речного стока. К множеству мелких прудов, строительством которых человек занимался давно, в конце XIX столетия прибавились водохранилища гидроэлектростанций на реках. Намного возрос забор воды для целей орошения.

Промышленная революция увеличила потребность в минеральном сырье, стимулировала добычу разнообразных полезных ископаемых. Деятельность человека в перераспределении на Земле химических элементов приобрела такие размеры, что по своему масштабу и значению еще до окончания периода оказалась сравнимой с процессами самой природы (А. Е. Ферсман, 1933—1934).

Существенно, что в своей практической деятельности человек в новый период впервые вышел за вертикальные пределы ландшафтной сферы. Высотные жилые дома и соборы городов, промышленные объекты размещаются далеко за пределами приземного слоя воздуха, входящего в ландшафтную сферу. Эйфелева башня — архитектурно-техническое «чудо» XIX столетия — поднялась в Париже на высоту 300 м. Позже с ней стали соперничать

по высоте небоскребы США. В XX столетии авиация превратила всю тропосферу в систему воздушных дорог. Одновременно горные рудники[1] и буровые скважины на нефть и природный газ стали проникать на несколько километров в глубь земной коры.

ПОСЛЕВОЕННАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ЗЕМЛИ

В середине XX столетия наступает качественно новый период в развитии ландшафтной сферы Земли. Главнейшие отличительные черты его: 1) овладение человеком ядерной энергией; 2) выход человека в Космос; 3) глобальные социальные изменения — образование системы социалистических стран, распад колониальных империй капитализма и быстрый экономический прогресс *развивающихся стран.*

Человек овладел новым мощным источником энергии — энергией атома в середине 40-х годов. В настоящее время атомные электростанции играют заметную роль в энергетике многих стран, в том числе в СССР. Размещение их, как и сама эксплуатация, требует повышенного внимания и ответственности.

12 апреля 1961 г. Ю. А. Гагарин совершает первый в мире орбитальный полет вокруг Земли на корабле «Восток». В настоящее время космос через систему спутников, орбитальных станций и других аппаратов активно «работает» на человечество, обеспечивая его разнообразной информацией.

Овладение ядерной энергией и выход человека в космос сопровождаются развитием электронно-вычислительной, компьютерной и лазерной техники, массовым внедрением в промышленное производство гибких роботов.

Выражением и следствием наступившей в послевоенные годы научно-технической революции служит резкое увеличение добычи полезных ископаемых и прироста населения Земли («демографический взрыв»).

За четверть века (1961—1985) мировая добыча железа составила 51% от 35 млрд. т, добытых за весь исторический период; угля — 44% и нефти 77%, извлеченной за всю историю человечества (Л. В. Таусон, 1987). Надолго ли хватит человечеству минерального сырья при сохранении подобных темпов нарастания добычи полезных ископаемых? Вопрос не праздный, так как минеральное сырье принадлежит к невозобновляемым природным ресурсам. Если исходить из разведанных запасов, то уже к середине XXI столетия они будут окончательно исчерпаны для нефти, олова, вольфрама, цинка, свинца, меди, а во второй половине столетия — для никеля и молибдена (рис. 55). Прогноз пессимистичный, но, к счастью, в ближайшие одно-два столетия человечеству не

[1] В Южной Африке есть золотые рудники глубиной до 4 км.

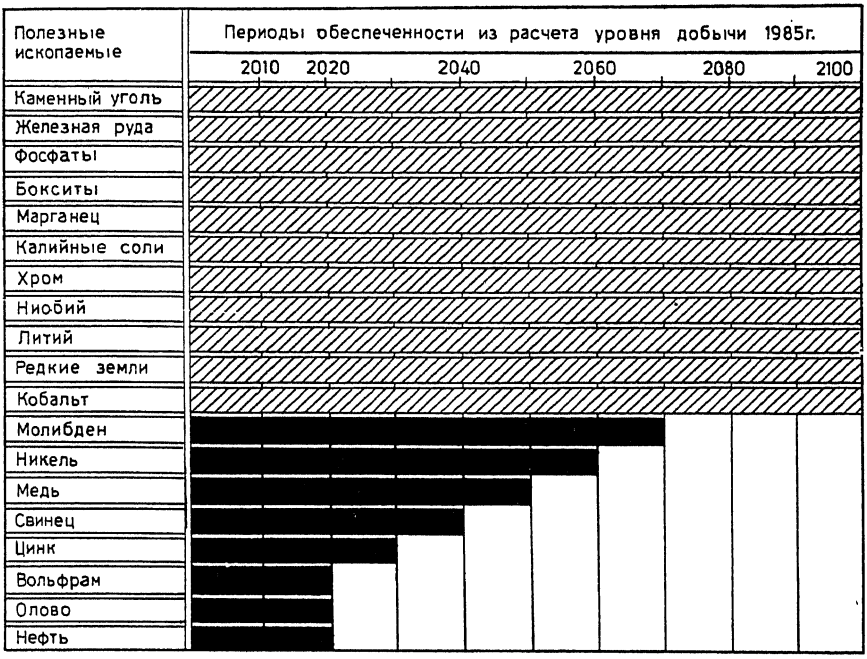


Рис. 55. Обеспеченность разведанными запасами полезных ископаемых на XXI в (Л. В. Таусон, 1987)

грозит истощение минеральных ресурсов, за исключением нефти. И вот почему. Во-первых, разведана пока лишь небольшая часть месторождений полезных ископаемых, заключенных в первом километре земной коры. Прогнозные запасы полезных ископаемых, по мнению геологов, в 7—8 раз больше по сравнению с разведанными. Во-вторых, в природе преобладает рассеянная форма вещества. У железа соотношение концентрированной (учтенной в разведанных и прогнозных запасах) и рассеянной форм железа в первом километре континентальной коры составляет 1/20000, у меди — 1/50000, у ниобия — 1/100000 (Л. В. Таусон, 1987). И все же тревога за минеральное сырье, его запасы остается, потребность в нем у человечества не отпадет и после XXI столетия. К тому же ни один самый совершенный синтетический заменитель не восполнит отсутствия многих полезных ископаемых, в особенности нефти — этого удивительного и неповторимого жидкого вещества, вызывающего и сейчас споры о своем происхождении.

Послевоенный демографический взрыв иллюстрируется тем, что для прибавки очередного миллиарда человек — с 3 млрд. (1959) до 4 млрд. (1974) — потребовалось всего 14 лет. В 1987 г.

население Земли достигло 5 млрд. человек, удвоившись, таким образом, за 37 лет. По прогнозам, через 13 лет, в 2000 г., население Земли достигнет 5,9—6,1 млрд. человек. Основной прирост населения дают развивающиеся страны, на долю которых приходится 3/4 населения Земли. Ежегодно численность населения Земли возрастает на 76—78 млн. человек.

Рост численности населения Земли не бесконечен. Пределами его росту служат размеры Земли и ограниченность ее природных ресурсов. По прогнозам экспертов ООН, к концу XXI столетия население Земли достигнет 10,2 млрд. человек, после чего оно стабилизируется.

Говоря о населении Земли современного этапа развития ландшафтной сферы, следует подчеркнуть его высокую степень *урбанизации*. В 1950 г. в городах жило 29% населения мира, в 1985 г.— 41%, по прогнозам, в 2000 г. будет 46—51%. При этом будет увеличиваться число, и так уже большое, городов-миллионеров. Это обстоятельство имеет большое значение, так как именно крупные города оказывают наиболее глубокое воздействие на ландшафты.

С ростом городов, меньшей занятостью населения на производстве, легкой доступностью авто- и авиасредств передвижения увеличиваются площади и значение в жизни человека *рекреационных ландшафтов*, используемых человеком для отдыха.

Продолжает расти добыча полезных ископаемых открытым способом. Гигантскими ступенчатыми чашами выглядят крупные карьеры, глубина которых может достигать 800 м, а ширина карьерного поля — 5 км. Вокруг карьеров высятся холмы отвалов вскрышных пород. С течением времени они зарастают естественной растительностью, превращаясь в подлинные природные ландшафты антропогенного происхождения. Но самозарастание отвалов — процесс медленный, и они часто долгое время остаются источниками загрязнения окружающих ландшафтов. Чтобы превратить бросовые земли отвалов в высокопродуктивные, прибегают к их *рекультивации*. Выравнивая рельеф поверхности отвалов и покрывая их ранее снятой почвой, создают земли, пригодные и для посевов зерновых или луговых трав, и для разбивки плодовых садов. Вблизи городов карьерно-отвальные пустоши используют для рекреационных целей, создавая на них рыболовно-охотничьи хозяйства, лесопарковые массивы и водно-спортивные сооружения. Удачные опыты рекультивации земель на больших площадях известны на Украине, в Прибалтике, Промышленном центре и в других районах нашей страны. В настоящее время в СССР рекультивация земель предусматривается на стадии проектирования горнорудных объектов.

На современном этапе развития ландшафтной сферы Земли человек впервые стал мощным преобразователем *речного стока*. Реки служат основными поставщиками пресной воды, ресурсы

которых в настоящее время стали определяющим фактором промышленного и сельскохозяйственного развития многих регионов мира.

Главный потребитель пресных вод — орошаемое земледелие. На орошение приходится более 70% мирового водопотребления. Мировая площадь орошаемых земель около 240 млн. га, они дают примерно половину общего объема сельскохозяйственной продукции. В аридных районах география населения всецело зависит от размещения источников пресной воды. В Египте, в дельте и долине Нила на площади 35 тыс. км^2 средняя плотность населения достигает 1000 человек на 1 км^2, а на большей части остальной территории она менее одного человека. Наивысшая на Земном шаре плотность сельского населения, достигающая более 1500 человек на 1 км^2 (дельты рек Хонгха и Меконг во Вьетнаме), связана также с неограниченными запасами пресной воды в условиях благоприятного тропического климата (С. И. Брук, 1981).

Орошение как интенсивный способ земледелия начинает находить применение в условиях гумидного климата. Имеются в виду мелиоративные системы двойного действия — как осушительные при избытке почвенной влаги и как оросительные в засушливое время.

Регулирование речного стока осуществляется с помощью создания на реках водохранилищ. Наибольшее значение для регулирования стока имеют крупные водохранилища объемом более 100 млн. м^3 каждое. В более мелких водохранилищах, несмотря на их большое количество, общий, объем воды незначителен — около 3% объема крупных водохранилищ. Количество крупных водохранилищ на 1980 г. достигло 2257, в том числе 202 в СССР (М. И. Львович, 1986). Почти 90% всех их построено после 1950 г., т. е. в новейший период. Ландшафтно-гидрологический эффект водохранилищ исключительно велик. Он сводится к тому, что с помощью водохранилищ увеличивается на 27% (3195 м^3) устойчивый подземный сток в реки. По этому поводу М. И. Львович справедливо замечает: «В целом такой результат является огромным достижением человечества, поскольку искусственное регулирование речного стока позволило более чем на 1/4 увеличить ресурсы мирового устойчивого стока — самого ценного источника ресурсов пресных вод»[1].

Современную ландшафтную сферу Земли отличает исключительно высокая насыщенность всех классов антропогенных комплексов ландшафтно-техногенными системами. В промышленных, селитебных и дорожных классах они преобладают над собственно антропогенными ландшафтами. Если ограничить ареал ландшафтно-техногенных систем землями промышленного и городского назначения, а также дорогами, то из географических поясов

[1] *Львович М. И.* Вода и жизнь. М., 1986. С. 77.

больше всего ими насыщены умеренные. Здесь ими занято около 6% всей их территории. Значительно меньше роль ландшафтно-техногенных систем в структуре современных ландшафтов субтропических поясов (примерно 3%) и пантропического пояса, особенно его экваториальной зоны, одетой влажными тропическими лесами. Наконец, в полярных поясах ландшафтно-техногенные системы имеют крайне ограниченное распространение в виде немногих городов (иногда таких весьма значительных, как Мурманск или Норильск) и мелких поселений.

Среди материков по насыщенности ландшафтно-техногенными системами первенство держат Европа (6% территории), Северная и Центральная Америка (5%).

Следует иметь в виду, что ареал ландшафтно-техногенных систем выходит за рамки земель городского и промышленного назначения, дорог. Они широко распространены и в других классах антропогенных ландшафтов, включая сельскохозяйственные. Поля зерновых, возделываемых по современной интенсивной технологии, являются, строго говоря, *ландшафтными агротехническими системами.* Специфика их состоит в подвижности и сменяемости технического блока, представленного в разное время тракторами, комбайнами, дождевальными установками или другими механизмами.

Переход земледелия на агротехнические системы с интенсивной технологией намного усиливает опасность загрязнения окружающих ландшафтов. Часть минеральных удобрений и пестицидов, смываемых с полей, поступает в водоемы.

Земледельческие ландшафты занимают сейчас 13% суши. Наиболее распаханы умеренные пояса (26%), а из материков — Европа (30%). В черноземных разнотравно-луговых и ковыльных степях Русской равнины распахано все, что только можно; девственные ландшафты этих степей мы представляем скорее по описаниям участников академических экспедиций (1768—1774) и художественному домыслу Н. В. Гоголя, чем небольшим эталонам их, охраняемым в немногих государственных заповедниках. Другие природные зоны освоены меньше. В целом по миру освоение земель, пригодных для земледелия, в 1965 г. составляло 44% (В. А. Ковда, 1981). Но в Азии и Европе этот процент примерно в два раза выше и земледельческие ресурсы здесь близки к полному истощению.

Леса занимают 25—31% поверхности суши и заключают более 80% всей фитомассы Земли. По составу пород преобладают лиственные (на территории СССР — хвойные) леса. При общем запасе древесины в лесах более 350 млрд. м^3 заготовка древесины превышает 2,5 млрд. м^3 в год и продолжает нарастать (А. Д. Букштынов и др., 1981).

Известно образное сравнение лесов с легкими планеты. И это не преувеличение. Они основной поставщик (более 60%) биоло-

гически активного кислорода в атмосферу. Другая важная географическая функция лесов — регулирование поверхностного стока вод. Леса резко снижают поверхностный сток, переводя его в устойчивый подземный и используя влагу для транспирации. Еще одно замечательное свойство лесов: они не только препятствуют смыву почв, но и аккумулируют минеральное вещество, осаждая ежегодно до 50—70 т пыли на каждый гектар.

В СССР, других социалистических странах, а также странах развитого капитализма лесистость стабилизировалась за счет искусственных посадок. В лесах Черноземного центра и Украины, например, около 1/3 площади занято искусственными насаждениями. Вместе с тем в развивающихся странах процесс лесоистребления продолжается. Особую тревогу вызывает состояние и будущее влажных тропических лесов, экологическое значение которых имеет глобальный характер. Они занимают сейчас около 12 млн. км^2 — 40% от первоначально занимаемых площадей. По данным Продовольственной сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), Международного комитета Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и других международных организаций, несмотря на предпринимаемые меры, обезлесивание влажно-тропических стран идет с нарастающей силой. Среднее годовое сокращение площади влажно-тропических лесов выросло с 7,3 млн. га в 1976—1980 гг. до 7,5 млн. га в 1981—1985 гг. При таких темпах сведения через 50—75 лет влажно-тропические леса могут быть полностью истреблены.

Если сведение влажных тропических лесов ведет к возникновению хотя и менее продуктивных ландшафтов (саванны, степи), но все же с развитым биостромом, то распашка и вторичное засоление земель при орошении, перевыпас пастбищ в экономически слабо развитых странах аридных зон ведет к образованию бесплодных пустынь. О масштабах глобального опустынивания, вызванного антропогенным фактором, говорят следующие данные: за последнее десятилетие, закончившееся в начале 80-х годов, опустыниванию подверглись 27 млн. га некогда орошаемых земель, 173 млн. га из-под неполивных культур и 3 млрд. га пастбищ (А. М. Рябчиков, 1983). По данным ЮНЕП, площадь с нулевой продуктивностью ежегодно возрастает на 21 млн. га, а опустынивание угрожает площади равной около 35% всей суши планеты. За историческое время общие потери земель составляют около 20 млн. км^2, что на 5 млн. км^2 больше современной пахотной площади (В. А. Ковда, 1981).

Океаны в современный период впервые потеряли роль серьезной преграды для экономического и культурного общения народов. Из средств разобщения они стали скорее средством связи стран и континентов. Это находит свое выражение в нарастающем тяготении населения к прибрежным океаническим зонам. Из чисто рыбопромысловых районов океаны превратились в зоны разнооб-

разного промышленного производства. Наибольший экономический интерес представляют *континентальные окраины океанов*, включающие мелководные (шельфовые) моря и моря материкового склона.

НООСФЕРА. ОХРАНА ПРИРОДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

На современном этапе своего развития ландшафтная сфера приобрела качественно новые свойства, присущие ноосфере. Термин «ноосфера» (сфера разума) предложен в 1927 г. французским математиком и философом Е. Ле-Руа. Современные представления о ноосфере связаны с именем В. И. Вернадского. В 1944 г. в статье «Несколько слов о ноосфере» он утверждал, что ноосфера представляет одно из многих состояний в геологически долгой эволюции биосферы — состояние наших дней. В ноосфере человек впервые приобретает значение крупнейшей геологической силы и перед ним ставится вопрос о перестройке биосферы в интересах человечества как единого целого. Еще раньше, в письме к своему ученику Б. Л. Личкову от 1 ноября 1940 г., он писал: «Образование ноосферы *вне* воли людей и не может быть остановлено *человеческой историей:* оно *следствие* неизбежное полного заселения *всей* планеты»[1]. Таким образом, переход биосферы в состояние ноосферы В. И. Вернадский считал процессом объективным, обусловленным высокой ступенью развития человечества.

По поводу того, как далеко зашел процесс перехода биосферы в ноосферу, единого мнения нет. Одни считают, что сделаны первые шаги, другие — что этот процесс трансформации уже завершился. Безотносительно к этому уже первые шаги вступления ландшафтной сферы в *ноосферный период развития* с необычайной ясностью выявили ряд вопросов и сторон дальнейшего развития человечества, которые ранее не имели такой остроты или не возникали вовсе. Среди них особое значение приобрела проблема охраны природы и рационального природопользования.

Охрана природы — проблема далеко не новая. В Беловежской пуще ценные виды животных охранялись в XIII—XIV вв., а в 1541 г. она была объявлена заповедником (А. М. Краснитский, 1983). При Петре I заповедными были объявлены многие спелые («корабельные») рощи. На заре Советского государства В. И. Ленин подписал декреты о регулировании рыбного промысла, охране рыбных и звериных угодий в Северном Ледовитом океане и Белом море, охране памятников природы, садов и парков, об организации Ильменского государственного заповедника. Однако

[1] Переписка В. И. Вернадского с Б. Л. Личковым, 1940—1944. М., 1980. С. 40.

вплоть до середины XX столетия охрана природы носила больше отвлеченный, чем практический, характер, ограничиваясь решением сугубо локальных проблем. Истощение природы в капиталистических странах и их колониях продолжалось с нарастающей силой. С началом ноосферного периода создались новые условия: *негативное техногенное воздействие на природу приобрело такие масштабы, что без продуманной системы природоохранных мер дальнейшее функционирование и прогресс индустриального общества становятся невозможными.* В самом деле, нельзя бесконечно загрязнять сточными водами реки и озера, без чистой пресной воды не может обходиться не только сам человек, но и промышленность и сельское хозяйство; нельзя без ограничений отравлять атмосферу токсичными соединениями углерода, серы, фтора, свинца — ставится под угрозу здоровье человека, от кислотных дождей страдают и гибнут леса — индикаторы экологически здорового ландшафта.

В Конституции (Основном Законе) Союза Советских Социалистических Республик статья 18-я гласит: «В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей среды человека». Начиная с 1974 г. перспективные и годовые планы по рациональному использованию природных ресурсов и по охране природы стали составной частью планов развития народного хозяйства страны. Для разработки и осуществления мер по охране природы в СССР создан специальный Государственный комитет.

Из внутригосударственной проблемы охрана природы в ноосферный этап переросла в проблему межгосударственную и общечеловеческую. Промышленные выбросы в атмосферу, как и вулканические, в своем перемещении не знают государственных границ; загрязненные в Швейцарии воды Рейна непригодны для использования в ФРГ; истребление влажно-тропических лесов сказывается на кислородном бюджете атмосферы всей планеты.

Охрана природы в широком смысле слагается из четырех направлений: рационального природопользования, совершенствования технологии, мониторинга (контроля), создания системы охраняемых территорий.

Рациональное природопользование означает сохранение и приумножение природных ресурсов в процессе их интенсивного хозяйственного использования. Приведем несколько примеров. Земледелие, если не соблюдать агротехники, ведет к смыву почв, разрушению структуры, падению гумусности и, как итог, снижению продуктивности. При высокой агротехнике, с внесением оптимальных доз органических и минеральных удобрений, эрозия почв

сводится до минимума, их плодородие в результате длительной эксплуатации не падает, а чаще растет по сравнению с исходными естественными почвами. Проведение комплекса лесоустроительных работ, выращивание высокопроизводительных лесокультур на месте вырубок и гарей не истощают лесные ресурсы, несмотря на изъятие больших масс древесины для хозяйственных нужд. Запасы зверей и рыбы не снижаются в процессе охоты и рыболовства, если они регулируются и предпринимаются меры по воспроизводству промысловых животных.

Рациональное природопользование предполагает разносторонний учет *географического фактора* — неоднозначность экологических последствий одного и того же хозяйственного фактора в разных природных зонах, странах, провинциях, типах местности. Еще В. В. Докучаев высказывал предположение, что основные направления сельского хозяйства, так же как цели и задачи опытных полей и агрономических школ, будут создаваться в России как строго зональные. Пожелание В. В. Докучаева выполнено в советские годы: открыта сеть зональных научно-исследовательских институтов сельского хозяйства, на обобщении опыта которых и рекомендаций ученых ВАСХНИЛ в сельское хозяйство внедряются зонально-региональные системы земледелия.

Особой осторожности требует решение всяких вопросов природопользования в районах, где развитие биострома протекает в экстремальных условиях. В тундрах, с ее угнетенным и медленно восстанавливающимся фитостромом, единственный след вездехода на несколько лет остается оголенным, лишенным мхов и лишайников. Песчаные пустыни, используемые под пастбища, незамедлительно реагируют на перевыпас образованием развеваемых барханов. Находящиеся на южном пределе своего распространения степные сосновые боры после вырубки не всегда восстанавливаются даже с помощью человека.

Совершенствование технологии промышленного и сельскохозяйственного производства ставит целью сведение до минимума выбросов и отходов, загрязняющих природную среду. Идеальной моделью такого производства является безотходная технология с замкнутыми циклами водопотребления. Большие средства вкладываются в строительство очистных сооружений — фильтров, пылеулавливателей, отстойников и т. п. В сельском хозяйстве переход на более прогрессивный метод орошения — дождевание — значительно снижает расходы воды и потери земель вследствие вторичного засоления и заболачивания.

Мониторинг (от лат. monitor — напоминает, предупреждает) — система слежения и контроля за состоянием природной среды. Термин введен в науку в начале 70-х годов, когда стала очевидной необходимость в непрерывном наблюдении за состоянием географической оболочки, за изменениями, происходящими в ней под влиянием деятельности человека. Объектами наблюдения и

контроля служит состояние атмосферы, вод Океана и рек, растительности и почв, вечных снегов и ледников. Мониторинг может быть содержательным и действенным, если он имеет глобальный характер. Не составляют исключения Антарктида и Арктика, атмосфера которых, как стало известно, отличается значительной загрязненностью. Связано это с общими циркуляционными процессами в атмосфере, перемещающими аэрозольные частицы из умеренных широт в высокие. Не случайно именно в Антарктиде обнаружена увеличивающаяся в размерах «озоновая дыра». Антарктической весной (октябрь) здесь отмечено резкое падение содержания озона в атмосфере. Дальнейшие исследования показали, что снижение содержания озона в атмосфере — глобальный процесс, вызванный ее техногенным загрязнением. Над плотно населенными территориями Европы и Северной Америки за последние 16 лет содержание озона в стратосфере упало на 3%. Чтобы оценить опасность этого явления, достаточно напомнить, что с каждым процентом уменьшения озонового слоя происходит увеличение числа заболеваний раком кожи на 5—7% [1].

Падение содержания озона в атмосфере Земли — тревожный сигнал для всего человечества, оно стало предметом обсуждения на встречах разного уровня Мирового сообщества. Вступило в силу Международное соглашение по ограничению производства фреонов (хлорфторуглеводородов) — активных разрушителей озона в атмосфере. Насколько эти и другие меры окажутся действенными и одно ли техногенное загрязнение атмосферы повинно в уменьшении озона, будет видно в недалеком будущем.

Все сказанное повышает роль глобального мониторинга, а его существование больше, чем во многих других областях, требует тесного международного сотрудничества. Координатором *глобального мониторинга* является *Центр программной деятельности Глобальной системы мониторинга окружающей среды,* работающий в тесном союзе с ЮНЕП и другими Комиссиями ООН. В СССР национальный мониторинг осуществляет Общегосударственная служба наблюдений и контроля за уровнем загрязнения внешней среды [2].

ОХРАНЯЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ

Даже при самом высоком уровне рационального природопользования и наиболее совершенной технологии, что в масштабах всей Земли надолго остается не более чем утопией, сохраняется необходимость в создании сети охраняемых территорий, где деятельность человека сильно ограничена или полностью исключена.

---

[1] *Яблоков А. В.* Сбережем ли среду обитания?/Правда. 13 января. 1989.

[2] Подробнее о мониторинге см. в учебнике Е. В. Милановой и А. М. Рябчикова «Использование природных ресурсов и охрана природы» (1986).

В зависимости от назначения и связанного с этим ограничительного фактора на деятельность человека охраняемые территории делят на заповедники, заказники, природные (национальные) парки, памятники природы.

Все **заповедники** (природные резерваты) по функциональному назначению являются *ландшафтными,* с охраной всего комплекса природных условий. При их создании решающее значение имеют два момента: 1) хорошая степень сохранности естественных ландшафтов и их типичность (репрезентативность) для зоны или другого крупного региона; 2) наличие в составе биоты редких элементов. Непосредственной побудительной причиной создания многих заповедников на первом этапе формирования их сети была забота о сохранении и последующем расселении редких и исчезающих промысловых животных — речного бобра *(Castor fiber)* в Воронежском заповеднике, выхухоли *(Desmana moschata)* — в Хоперском, зубра *(Bison bonasus)* — в Беловежской пуще, соболя *(Martes zibelina)* — в Баргузинском, сайгака *(Saiga tatarica)* и джейрана *(Gazella subgutturosa)* — в Барсакельмесе. Но и они очень скоро из узкоспециализированных превратились в ландшафтные заповедники.

В Советском Союзе сейчас свыше 150 заповедников, размещенных во всех природных зонах — от арктических пустынь на острове Врангеля до влажных субтропиков (Кызылагачский в Восточном Закавказье и Бадхызский на юге Средней Азии). Самый крупный из них — Таймырский (1324 тыс. га), а самый маленький, очевидно, Галичья гора в Липецкой области, разместившийся на площади всего 231 га.

Значение заповедников выходит далеко за пределы их основной функции — хранителей генофонда планеты. Одновременно они являются центрами научных эколого-географических исследований, ибо естественные экосистемы, будучи не всегда более продуктивными, чем антропогенные, обладают совершеннейшим механизмом функционирования и саморегулирования, далеко не раскрытым и в настоящее время. 21 заповедник (в 1985 г.) на территории СССР являются *биосферными,* включенными в международную программу ЮНЕСКО «Человек и биосфера» как эталоны биосферы, по которым устанавливаются процессы, происходящие в природных комплексах под влиянием антропогенного фактора. Таковы Центральночерноземный, Березинский, Кавказский и некоторые другие заповедники.

Заказники преследуют цель сохранения примечательных ландшафтов, восстановления и воспроизводства отдельных компонентов природных комплексов. В отличие от заповедника земли заказника не изымаются у землепользователя, ограничиваются только на определенный срок отдельные виды деятельности (распашка, рубка леса, сенокошение, охота, рыболовство, туризм и пр.). Больше всего зоологических и ботанических заказников.

Отрадно, что в последнее время растет число ландшафтных заказников. В справочной таблице, опубликованной в 1985 г., в СССР из 3011 природных заказников 198 — ландшафтные (А. М. Шалыбков, К. В. Сторчевой, 1985).

Природные (национальные) парки сочетают охрану живописных ландшафтов с интенсивным использованием их в целях туризма. В соответствии с этим при выборе природных парков стремятся, как и в ландшафтной архитектуре, выдержать принцип *разнообразия комплексов:* чередование темного леса с солнечным лугом, долины реки с шумящей рекой и междуречьем, озера или болота с сухим склоном. Учитывая их назначение — *массовый туризм,* природные парки обладают значительной площадью. Так, Центральнокалахарский резерват в Ботсване, организованный в 1963 г., размещается на площади 5280 тыс. га. Но самый крупный национальный парк — Гренландский, расположенный на северо-востоке острова Гренландия, площадью около 70 млн. га. Среди охраняемых животных здесь овцебык *(Ovibos moschatus),* белый медведь *(Thalassarctos maritimus),* морж *(Odobenus rosmarus).*

Под заповедниками и природными парками сейчас находится около 3% площади суши. Следует ожидать дальнейшего роста площадей и тех и других. Продолжающаяся урбанизация и неизбежная трансформация сельскохозяйственных ландшафтов в агротехнические системы будут усиливать тягу человека к естественной природе, стремление человека увидеть не распаханное поле, а целинную степь, не стройные голые ряды лесопосадок, а девственные чащи или даже пустоши, не домашних животных со строго регламентированным режимом, а табуны и стаи диких копытных и птиц.

По инициативе ЮНЕСКО часть заповедников и национальных парков отнесена к памятникам всемирного наследия. В *Список всемирного наследия* ЮНЕСКО на 31 декабря 1987 г. внесено 288 объектов, в том числе 68 природных, 211 культурных и 9 смешанных. Среди них: Великая Китайская стена, КНР; Акрополь в Афинах, Греция; пирамиды в районе Гиза-Дахшур, Египет; Беловежский национальный парк, Польша; Йеллоустонский национальный парк, Гранд (Большой)-Каньон и Мамонтова пещера, США; Килиманджаро, национальный парк в Танзании; Национальный парк оз. Ньяса в Малави; Большой Барьерный риф в Австралии; Эверест (Джомолунгма), или Сагармата, Непал.

К конвенции ЮНЕСКО по охране памятников всемирного наследия к 1 июня 1988 г. присоединились 102 государства.

Памятники природы представлены небольшими объектами, соответствующими чаще всего урочищам и фрагментам конкретных местностей. Они выступают в качестве эталонов типа этих ландшафтных комплексов, поэтому традиционное определение

памятников природы как редких или достопримечательных объектов нельзя признать точным. Должны быть учтены и взяты под охрану как памятники природы эталоны всех типов урочищ и местностей, независимо от того, редкие или распространенные они в настоящее время. Например, в среднерусской лесостепи наряду с горными меловыми борами, являющимися редкими реликтовыми урочищами, взяты на учет и объявлены памятниками природы наиболее сохранившиеся байрачные дубравы, осиновые кусты, черноольшатники, наиболее продуктивные сосновые боры и дубовые роши, которые и сейчас имеют достаточно широкое распространение. Среди памятников природы нередки урочища, созданные руками человека, — старые парки, пруды, лесопосадки, земляной оборонительный («татарский») вал под Тамбовом и т. п.

Сохранность памятников природы — прерогатива местных органов и общественности. Состояние их — показатель уровня эколого-географической культуры широких слоев населения. Памятники — *живая память природы,* с ними связано безотчетное чувство малой родины, свойственное человеку. В «Мещерской стороне» К. Г. Паустовский проводит мысль: мы любим родные места не за их богатство, а за то, что они прекрасны, что эта обыкновенная земля — часть нашей Родины.

Особую категорию памятников природы образуют ландшафты, обладающие высокой живописностью и красотой. Красота ландшафтов — неоценимые духовные или вдохновляющие ресурсы природы. Передовая «Правды» от 10 января 1987 г., озаглавленная «Ответственность перед природой», заканчивается следующими словами: «Наша обязанность — рационально, бережно, всесторонне использовать природные ресурсы. У нас нет иной земли, кроме нашей. Долг каждого — беречь и приумножать ее богатства. Советская страна огромна, ее ландшафты разнолики, и просто необходимо хранить ее животворное разнообразие, которое давало и дает не только хлеб, топливо и руду. Природа дает вдохновение. Пусть же и впредь хранятся в ней силы, красота, ее величие».

Редкие и исчезающие виды животных и растений охраняются не только в заповедниках, заказниках и памятниках природы, но на всей площади их распространения. По инициативе Международного союза охраны природы и природных ресурсов при ООН с середины 60-х годов стали издаваться Красные книги, в которые заносятся редкие и исчезающие виды, подлежащие строгой охране. Красная книга СССР — «Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений СССР» — издавалась дважды. Среди занесенных в Красную книгу СССР — белый медведь, кулан *(Equus hemionus),* тигр *(Felis tigris),* леопард *(Felis pardus),* гепард *(Acinonyx jubatus),* джейран, красный волк *(Cyon alpinus),* а из растений — некоторые виды ковы-

лей (*Stipa*), тюльпанов (*Tulipa*), лотос (*Nlumlium*), волчеягодник Юлии (*Daphne julia*), пион (*Paeonia*), эдельвейс (*Leontopodium*) и мн. др.

НООСФЕРНЫЙ ПЕРИОД И ВОПРОСЫ ВОЙНЫ И МИРА

С момента овладения человеком ядерной энергией Советский Союз последовательно выступает за *мирное использование атома,* против ядерного оружия и его испытаний в любой среде, в конечном счете за полную ликвидацию накопленных ядерных вооружений. Неизменно мирная политика проистекает из самой сущности Советского Союза как социалистического государства. Если войны в прошлом не исключались и в них могли быть победители и побежденные, то в ноосферный период ядерным войнам как средству решения межгосударственных конфликтов нет места. Исследования ученых разных стран и политических убеждений показали, что в ядерной войне не будет ни победителей, ни побежденных. Даже частичное использование ядерного оружия — обмен ударами суммарной мощностью 5000 Мт — поднимет в воздух такое количество сажи и пыли, что атмосфера окажется непроницаемой для солнечных лучей и наступит «ядерная ночь», за ней «ядерная зима», с резким падением температуры воздуха на всей планете, не исключая тропических стран. Отрицательные температуры распространятся даже на бассейн Амазонки. Контрасты между охладившейся сушей и не успевшим остыть Океаном приведут к возникновению бурь и ураганов небывалой силы. Пережить ядерную катастрофу человек не сможет, где бы он ни находился — в высоких или низких широтах, в северном или южном полушарии. Вместе с гибелью цивилизации наступит полная деградация биострома в его современном виде.

Вот почему за вопросом: быть или не быть ядерной войне? — в соверменных условиях стоит страшная проблема: быть или не быть человеческой цивилизации? В Обращении Научного совета по исследованию проблемы мира и разоружения АН СССР, ГКНТ и Советского комитета защиты мира говорится: «Необходимость предотвращения ядерной войны ради спасения современной цивилизации превратилась в основную проблему общечеловеческой значимости».

Мирные инициативы, выдвинутые XXVII съездом КПСС, последующие предложения и заявления Советского правительства о безъядерном мире находят все более широкую поддержку населения многих стран с разным социальным строем.

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ

Физико-географический прогноз ставит целью выявить направление и интенсивность предстоящих в ближайшем и отдаленном

будущем изменений в географической оболочке, ландшафтных комплексах и их компонентов.

Роль физико-географического прогноза менялась на разных этапах развития человеческого общества, в разные периоды развития ландшафтной сферы. Длительное время человек воздействовал на природу, не думая о последствиях, не зная взаимосвязи всех компонентов природы. Ф. Энгельс в «Диалектике природы» писал: «Людям, которые в Месопотамии, Греции, Малой Азии и в других местах выкорчевывали леса, чтобы получить таким путем пахотную землю, и не снилось, что они этим положили начало нынешнему запустению этих стран, лишив их, вместе с лесами, центров скопления и сохранения влаги. Когда альпийские итальянцы вырубали на южном склоне гор хвойные леса, так заботливо охраняемые на северном, они не предвидели, что этим подрезают корни высокогорного скотоводства в своей области; еще меньше они предвидели, что этим они на бóльшую часть года оставят без воды свои горные источники, с тем, чтобы в период дождей эти источники могли изливать на равнину тем более бешеные потоки»[1].

До середины XX в. осознанный прогноз физико-географического характера носил локальный характер. Необходимость в нем возникала при выборе трасс железных дорог и автомагистралей, сооружении водохранилищ и судоходных каналов, размещении городов и крупных промышленных объектов. Со вступлением ландшафтной сферы в ноосферный период наряду с усилением роли региональных физико-географических прогнозов *впервые острую практическую значимость приобрел глобальный прогноз.*

Техногенное воздействие на климат Земли давно уже привлекло к себе внимание климатологов, экологов и географов. Большинство исследователей сходилось на том, что вследствие антропогенного увеличения в атмосфере CO_2 климат Земли станет теплее. Неоднозначен был только ответ на вопрос о скорости этого потепления. Многим заметное потепление климата Земли представлялось чем-то далеким будущим, что оно еще долгое время не выйдет за рамки теоретических изысканий геофизиков и географов. Недавние расчеты М. И. Будыко (1972) о предстоящем потеплении климата и возможном уменьшении площади полярных льдов казались скорее фантастикой, чем близкой реальностью. Сейчас скепсис в отношении потепления климата в ближайшие десятилетия оставлен. Метеорологические станции всего мира фиксируют нарастающий рост количества CO_2. Ежегодно в атмосферу его поступает около $1{,}8 \times 10^{16}$ г. Количество CO_2 в атмосфере в целом возросло по сравнению с доиндустриальной эпохой (до середины XIX в.) на 20—25% (М. И. Будыко, 1986). Средняя скорость повышения массы CO_2 в атмосфере за 27 лет,

[1] *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 20. С. 496.

прошедшие с 1958 по 1984 г., превысила 0,3% в год. Выясняется, что рост парникового эффекта атмосферы вызван и концентрацией так называемых малых примесей (фреоны, оксиды азота, метан и некоторые другие газы), имеющих явно антропогенное происхождение. Средняя глобальная температура воздуха по сравнению с доиндустриальным периодом увеличилась на 0,6 °С. Но дальше последует более резкое потепление климата. По имеющимся прогнозам, глобальная температура воздуха повысится к 2000 г. по сравнению с концом XIX в. на 1,3 °С; к 2025 г. — на 2,5 °С; к 2050 г. — на 3—4 °С. Особенно значительным окажется повышение температуры воздуха в зимний сезон. Повышение температуры воздуха приведет к изменению географии атмосферных осадков. Ожидается общее увеличение годовых сумм осадков, их пространственное перераспределение. Не подтверждаются предположения некоторых ученых об аридизации обширных областей, вызванных глобальным потеплением климата (Антропогенные изменения климата, 1987; Будыко М. И., 1988).

В Декларации международной конференции по проблемам антропогенного воздействия на климат (Австрия, 1986 г.) обращается внимание правительств всех стран мира на такое значительное изменение климата через несколько десятилетий, какого не наблюдалось на протяжении истории человечества. Поэтому Декларация призывает при составлении долгосрочных планов социально-экономического развития исходить не из стабильности климатических условий, как это делалось ранее, а из предстоящих существенных изменений в климатической обстановке.

Нарисованный прогноз существенного потепления климата Земли опирается на нарастающее антропогенное поступление в атмосферу углекислого газа и усиление вызываемого этим парникового эффекта. Но парниковый эффект вызывают не только углекислота и фреоны, а и метан, содержание которого также увеличивается в атмосфере. Метан же — газ чисто бактериального происхождения. На этом основании Г. А. Заварзин (СССР) и У. Кларк (США) (1987) нарастание парникового эффекта в атмосфере связывают с естественным функционированием биосферы — ростом болот и деятельностью микроорганизмов, находящимся в условиях избыточного увлажнения. К тому же остается дискуссионной сама роль CO_2 в парниковом эффекте. Известно, например, что послеледниковые потепления климата проявлялись при низком его содержании. Появляются работы, показывающие, что действительный парниковый эффект CO_2 на порядок ниже, чем это предполагалось ранее. Поэтому никакого «перегрева» Земли в XXI столетии не ожидается. Антропогенное «удобрение» воздуха углекислотой приведет к повышению продуктивности фитострома, включая культурную растительность; увеличит накопление азота в почве бобовыми растениями; понизит транспирацию растениями, повысив тем самым размеры речного стока [1]. Прогноз этих изменений представляет исключительный общегеографический и прикладной интерес, и именно они должны стоять в центре долгосрочного прогнозирования.

Изменение климата происходит под влиянием не одного антропогенного воздействия, а многих других естественных факто-

[1] *Горшков С. П.* Проблема CO_2: пересмотр идей//Изл. Всесоюз. Геогр. о-ва. 1986. Т. 119. Вып. 4. С. 297—305.

ров. Эта многофакторность изменений климата, хорошо показанная К. Я. Кондратьевым (1987), затрудняет прогнозирование, но и не может скрыть общей антропогенной направленности его дальнейшего развития.

Прогноз глобальных изменений климата уже сейчас приобретает прикладной аспект. В 1986 г. Советское правительство приняло решение о прекращении изысканий и работ по переброске части стока северных рек в Волгу и Среднюю Азию. Целесообразность решения, помимо экологических и экономических причин, подкрепляется нарастанием естественного стока Волги. С 1977 г. началось естественное повышение уровня Каспийского моря. За истекшее десятилетие его объем увеличился на 450 км^3 воды, что при намечавшейся переброске вод северных рек могло бы произойти только на протяжении 80 лет[1]. Что касается Средней Азии, то здесь ожидается естественное изменение климата в сторону его увлажнения: к середине XXI в. количество осадков возрастет в два раза и климат этих пустынь по условиям увлажнения будет напоминать современный климат юга Украины[2]. Потепление климата уже в XXI в. приведет к смещению лесной зоны на север, активной деградации вечной мерзлоты в Сибири, что необходимо учитывать при промышленном и дорожном строительстве.

Физико-географический прогноз, ландшафтный по своему существу, с охватом всех компонентов природы представляется совершенно необходимым при принятии решений о любом крупномасштабном или даже местном строительстве, влекующем за собой изменение в ту или иную сторону экологических условий. Строители в силу узости подготовки и ведомственных интересов обычно не обнаруживают такого широкого, комплексного подхода к проблеме, как физикогеографы. В этом отношении есть ряд поучительных примеров. В начале 60-х годов развернулась острая дискуссия по поводу проекта строительства Нижнеобской гидроэлектростанции. Гидростроители в техническом проекте не учли тех изменений (затопления и заболачивания огромных площадей), которые вызовет строительство высокой плотины в нижнем течении Оби. Как известно, проект строительства Нижнеобской гидроэлектростанции был отклонен. Недостаточным комплексным подходом к природе, ошибками в экономических расчетах обладали и отклоненные проекты переброски части стока северных рек на юг страны.

Пренебрежение к комплексному физико-географическому прогнозу незамедлительно ведет к негативным последствиям в приро-

---

[1] *Голицын Г. С.* Нужна ли переброска воды в Каспий//Природа. 1987. № 3. С. 66—72.

[2] *Будыко М. И.* Климат конца XX века.//Метеорология и гидрология, 1988, № 10. С. 5—24.

де, что видно на примере тех больших усилий, какие предпринимаются для сохранения чистоты вод Байкала. Не все последствия оказались предусмотренными также при планировании резкого сокращения речного стока в Аральском море, дальнейшая судьба которого вызывает серьезную тревогу.

Помимо антропогенного фактора и тенденции в изменении климатического фона в долгосрочном региональном и локальном (местном) прогнозе необходимо принимать во внимание скорость и направленность современных тектонических движений, степень сейсмичности территории, спонтанные изменения в биостроме, многолетние колебания запасов и уровня залегания грунтовых вод; в горах — опасность схода лавин, возможность прохождения селей, активизацию оползней и многое другое. Поэтому составлению качественного прогноза предшествует большая трудоемкая работа по освоению и анализу разнообразных географических сведений, а иногда и проведение дополнительных полевых исследований.

Сам процесс прогнозирования слагается из системы операций, начало которой — определение объекта, конец — выдача рекомендаций для принятия решений. Прогнозирование и географическая экспертиза проектов находят все более широкое применение, давая тем самым выход географической науке в практику (К. П. Космачев, 1981; А. Г. Емельянов, 1982; В. С. Аношко, А. М. Трофимов, В. М. Широков, 1986; Т. В. Звонкова, 1987).

ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛАНДШАФТНОЙ СФЕРЫ НА ЧЕЛОВЕКА

Выше говорилось преимущественно о воздействии человека на ландшафты. И это оправданно, поскольку в центре внимания стояла ландшафтная сфера. Меньше внимания обращалось на *обратные связи* — воздействие *ландшафтной сферы на человека.* В решении этого вопроса одинаково опасны как переоценка, так и недооценка географического фактора в развитии человеческого общества. Первая ведет к вульгарному географическому материализму, вторая — к не менее ошибочному антропоцентризму.

Огромное влияние ландшафтной сферы на человека очевидно[1]. Влияние ландшафтной сферы на человека опосредствовано, пропущено через фильтр производственных отношений. «По Марксу, географическая среда влияет на человека через посредство производственных отношений, возникающих в данной местности на основе данных производительных сил, первым условием развития которых являются свойства этой среды...»[2].

[1] *Ленин В. И.* Полн. собр. соч. Т. 29. С. 170.
[2] Там же. С. 456—457.

Прослеживая эволюцию ландшафтной сферы на протяжении антропогенного этапа ее развития, можно, на первый взгляд, сделать вывод, что географический фактор, свойства ландшафтной сферы, постепенно теряют свое значение в развитии человеческого общества. Но такой вывод — заблуждение. Человек был и останется частью природы, разумной ячейкой биосферы, поэтому как раньше, так и сейчас зависим от природы, не может существовать вне ее.

По мере развития человеческого общества меняется не сила влияния природы на человека, а роль и соотношение в этом влиянии *первичной* и *вторичной природы.* С течением времени усиливается значение вторичной, измененной человеком, или исторической природы. В ноосферный период роль ее такова, что дальнейшее развитие человечества продолжается при условии соблюдения глобальных природоохранных мер. Вторичная природа, будучи продуктом деятельности человека, сама становится фактором, воздействующим на его деятельность.

Не все элементы природы являются категорией исторической. Есть среди них такие, которые остались — по отношению к деятельности человека — *первичными* и практически неизменными до наших дней. Это прежде всего *размеры Земли* — величина постоянная, и *площадь суши* — величина, близкая к постоянной [1], определяющие в перспективе верхний предел численности населения планеты.

Второй элемент первичной природы, оказывающий неизменно большое влияние на человека и его деятельность, — *высота над уровнем моря.* Основная масса населения Земли и в прошлом и в настоящем сосредоточена на низменных и невысоких равнинах (рис. 56). На равнинах высотой до 500 м проживает 80% всех землян, а выше 2000 м — всего 1,5% (С. И. Брук, 1978).

Третий элемент — *близость к воде,* используемой для бытовых и промышленных нужд, как источник биологических ресурсов и средство связи. О значении этого элемента говорит высокая концентрация населения по берегам рек и морей. Половина человечества Земли размещается в 200-километровой полосе побережий океанов и морей, занимающей лишь 16% суши.

И наконец, сохраняет свое значение как элемент первичной природы *широтная (радиационная) зональность.* Ее воздействие

---

[1] Определяя площадь суши Земли величиной, *близкой* к постоянной, мы имеем в виду глобальные, а не региональные соотношения суши и моря, во-первых, и относительно короткие промежутки времени, во-вторых. Исследования советских и американских авторов показывают, что происходит очень медленное, но устойчивое повышение уровня Океана, вызванное «парниковым эффектом» в атмосфере и таянием льдов. Приводятся разные количественные оценки возможного поднятия уровня Океана к концу XXI в. — от 0,5 до 3,5 м. В любом случае повышение уровня Океана создает угрозу для жизни человека на низменных побережьях.

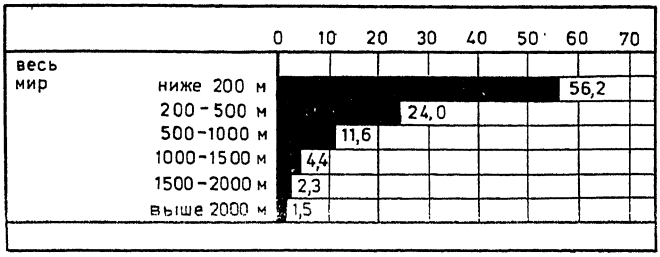


Рис. 56. Распределение населения по высотным зонам (С. И. Брук, 1978)

на человека разнообразно, одно из проявлений — низкая антропогенная освоенность высоких широт Арктики и Антарктики.

В ноосферный период человек так привык к вторичной природной среде, что не отличает ее от первичной, естественной природы. Около половины человечества сейчас живет в городах, а между тем метеорологические характеристики в них совершенно иные, чем в загородной зоне: ядер конденсации и твердых частиц в 10 раз, загрязняющих газообразных компонентов в 25 раз больше над городом, средняя температура воздуха на 0,5—1,0 °С и атмосферных осадков на 5—10% выше, средняя скорость ветра на 10—20% и суммарная радиация на 15% меньше в городе, чем в загородной зоне (К. Я. Кондратьев, 1985). Так, на улицы Мехико, одного из крупнейших городов Мира, ежедневно выпадает около 6 тыс. т ядовитых осадков — выбросов промышленных предприятий и автомобильного транспорта (Е. Н. Лисицын, 1987). Явление смога при определенных погодных условиях стало распространенным в большинстве крупных городов, и не только промышленных. Зеленые лужайки лугов, вековые сосновые боры и дубравы, как и кустарниковые пустоши и маквисы, воспринимаются в Западной Европе как вполне естественные ландшафты, хотя все они — дело рук человека, уничтожившего здесь естественные дубово-буковые леса много столетий назад.

Вторичная, историческая, природа в сплаве с консервативными элементами первичной природы — та географическая среда, в которой живет и будет жить человек ноосферы. Ее будущее зависит от человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все сказанное позволяет рассматривать *общее землеведение как географический синтез наук о Земле,* находящий выражение в учении о географической оболочке. Непрерывный рост знаний в области геологии, геофизики, геохимии, экологии обогащает общее землеведение новыми фактами, ведет к совершенствованию наших представлений о ландшафтном облике планеты, понять который — значит не только нарисовать глобальную географию ландшафтов, но и вскрыть механизм их функционирования, выявить законы пространственного размещения.

Если геологи применительно к структуре земной коры до сих пор продолжают задавать вопрос: *упорядоченность* или *беспорядок?* (В. Н. Шолпо, 1986), — то в отношении ландшафтной сферы Земли он теряет смысл, речь здесь может идти только о причинах упорядоченности, факторах, определяющих ее. И здесь у общего землеведения, как и у любой другой науки, больше вопросов, ждущих решения, чем готовых ответов. Но это и залог дальнейшего развития общего землеведения как научной дисциплины.

Вскрытие законов функционирования географической оболочки означает путь к рациональному управлению ландшафтной сферой Земли, к ее охране и обогащению в процессе интенсивного природопользования. В современных условиях, когда ландшафтная сфера вступила в ноосферный период своего развития, когда разумное или неразумное вмешательство человека в окружающую природу среду несет глубокие глобальные и не всегда предсказуемые последствия, *общее землеведение становится фундаментальной наукой большого прикладного значения.*

Название дисциплины — *Общее землеведение* — указывает, что изучение землеведения не заканчивается, а только начинается, находя продолжение в отраслевых и региональных (страноведческих) курсах. И надо, чтобы эти дисциплины носили *землеведческий* характер, а не были автономными науками с узкоспециальной или сугубо описательной направленностью. При всей многоступенчатости высшего физико-географического образования у него одна цель — подготовить специалиста с комплексным ландшафтным видением мира. Первую ступень, первый шаг в этом направлении и дает Общее землеведение. Первый шаг всегда труден, и, чтобы облегчить его, будущий специалист найдет опору в списке литературы, заканчивающем настоящий учебник.

Приложения

Приложение 1

Общие сведения о Земле и ее экстремальных пунктах

Среднее расстояние от Земли до Солнца	149 600 000 км
Среднее расстояние от Земли до Луны	384 400 км
Время полного оборота Земли вокруг своей оси (звездные сутки)	23 ч 56 мин 4 с
Период обращения Земли вокруг Солнца (тропический год)	365,256 сут
Средняя скорость движения Земли по орбите	29,80 км/с
Средний радиус Земли, принимаемой за шар	6371,1 км
Длина меридиана	40008,6 км
Длина экватора	40075,1 км
Поверхность Земли	510 083 000 км²
Поверхность суши	148 840 000 км²
Поверхность воды	361 260 000 км²
Наибольшая высота суши над уровнем океана (г. Джомолунгма)	8 848 м
Наибольшая глубина мирового океана (Марианский желоб)	11 022 м
Наиболее высокая температура воздуха наблюдалась в:	
районе Триполи (Северная Африка)	58°С
долине Смерти (США, Калифорния)	56,7°С
Наиболее низкая температура воздуха наблюдалась в:	
Антарктиде на станции «Восток» (СССР)	—89,2°С
в районе Оймякона (СССР)	—71° С
Наименьшее среднегодовое количество осадков выпадает в районе Дахла (Египет)	1 мм
Наибольшее среднегодовое количество осадков выпадает в районе Чарапунджи (Индия)	12 000 мм
Самое низкое место на поверхности суши (Мертвое море)	—400 м
Самое глубокое озеро (Байкал)	1620 м
Самый крупный ледниковый покров (Антарктида)	13 700 тыс. км²
Самая крупная по длине река (Нил)	6 671 км
Самая водоносная река мира (Амазонка)	220 тыс. м³/с (ок. 7000 км³/год)
Высочайший водопад (Анхель на р. Чурун в Венесуэле)	979 м
Самое высокогорное поселение (Ауканкилча, Чили)	5334 м
Самый высокий прилив — залив Фанди в Атлантическом океане у берегов Северной Америки	до 18 м

Хронология важнейших событий (экспедиций, открытий, опубликования теоретических трудов) в истории географического изучения Земли

Годы	Событие
III—II вв. до н. э.	Первое точное измерение окружности Земли по меридиану древнегреческим ученым Эратосфеном Киренским. Введение терминов *география, широта, долгота.*
II в. н. э.	Выход в свет 8-томного труда «Руководство по географии» древнегреческого ученого Клавдия Птоломея, завершившего античный период в развитии географии.
1271—1295	Путешествие в Китай Марко Поло (Италия).
1469—1472	Путешествие в Индию Афанасия Никитина.
1492	Пересечение Атлантического Океана Х. Колумбом (Испания). Открытие Багамских островов, Кубы, Гаити.
1498	Достижение берегов Южной Америки Х. Колумбом.
1497—1498	Открытие Васко да Гама (Португалия) морского пути вокруг Южной Африки в Индию.
1519—1521	Первое кругосветное путешествие М. Магеллана (Испания) через Атлантический, Тихий и Индийский океаны.
1606	Открытие Австралии Я. Янсзоном (Голландия).
1648	Открытие С. Дежневым и Ф. Алексеевым (Россия) Берингова пролива.
1650	Выход в свет «Всеобщей географии» Б. Варения (Голландия) — труда, положившего основы общего землеведения как научной дисциплины.
1733—1743	Работы Великой Северной, или Второй Камчатской экспедиции, выполненные В. Берингом, Х. Лаптевым, С. Челюскиным, С. Крашенинниковым и др. (Россия). Нанесено на карту северное побережье Азии, изучена природа Камчатки, пересечён Берингов пролив до берегов Северной Америки, описана часть Курильских островов.
1763	Выход в свет труда М. В. Ломоносова (Россия) «О слоях земных».
1768—1774	Академические экспедиции Петербургской АН, возглавленные П. Палласом, И. Лепехиным, С. Гмелиным (Россия). Комплексное изучение природы и населения европейской части России, Закавказья, Урала, части Сибири.
1799—1804	Комплексное географическое исследование А. Гумбольдтом (Германия) и Э. Бонплан (Франция) тропической природы Центральной и Южной Америки.
1820	Открытие материка Антарктиды Ф. Белинсгаузеном и М. Лазаревым (Россия).
1821	Создание старейшего Парижского национального географического общества.
1845	Открытие в Петербурге Русского географического общества.
1871	Созыв в Антверпене (Бельгия) 1-го Международного географического конгресса.
1872—1876	Комплексное исследование Мирового океана британским корветом «Челленджер».
1882—1883	Проведение первого Международного Полярного Года.

Годы	Событие
80-е годы XIX в.	Открытие специальных кафедр географии в университетах России: Московском (1884), Петербургском (1887), Казанском (1888), Харьковском (1889).
1895—1899	Выход в свет учебника А. Н. Краснова по общему землеведению (Харьков).
1899	Выход в свет работы В. В. Докучаева (Россия) «К учению о зонах природы», составившей основу современных представлений о географической зональности.
1903—1906	Первое арктическое плавание Р. Амундсена (Норвегия) через Северо-Западный проход.
1909	Достижение Северного полюса Р. Пири (США).
1911	Достижение Южного полюса Р. Амундсеном.
1912	Появление гипотезы о перемещении (дрейфе) материков, высказанной немецким геофизиком А. Вегенером и получившей в 60-х годах дальнейшее развитие в виде «новой глобальной тектоники» (тектоники плит).
1922	Основание Международного Географического Союза.
1926	Выход в свет труда В. И. Вернадского «Биосфера».
1930—1937	Открытие в 1930 г. Геоморфологического института в системе АН СССР, преобразованного в 1934 г. в Институт физической географии, а в 1937 г. — в Институт географии АН СССР.
1932	Путешествие О. Шмидта, В. Воронина (СССР) за одну навигацию с запада на восток Северным морским путем на корабле «Сибиряков».
1933	Первый Всесоюзный географический съезд в Ленинграде.
1937—1938	Исследование Арктического бассейна 1-й дрейфующей станцией «Северный Полюс» в составе И. Папанина, Э. Кренкеля, П. Ширшова, Е. Федорова (СССР).
30-е — 40-е годы XX в.	Обоснование А. А. Григорьевым, С. В. Калесником географической оболочки и составляющих ее ландшафтов как предмета изучения географической науки.
1947	Первый съезд Географического общества СССР в Ленинграде.
1953	Покорение (первое восхождение) участниками английской экспедиции шерпом Н. Тенсингом и новозеландцем Э. Хиллари Джомолунгмы (8848 м) — самой высокой вершины мира.
1957—1959	Осуществление программы Международного Геофизического Года.
1957	Установление рекордной глубины Мирового океана в Мариинской впадине (11 022 м) научно-исследовательским судном «Витязь» (СССР).
50-е — 60-е годы XX в.	Открытие океанических глубинных противотечений во время морских экспедиций СССР, США, Франции и других стран.
Конец 50-х — начало 60-х годов XX в.	Открытие глобальной системы срединно-океанических хребтов учеными СССР, США и других стран.
1956	Первая советская антарктическая экспедиция под руководством М. Сомова.

Годы	Событие
1958	Первая зимовка на земном полюсе холода в Антарктиде советской станции «Восток», начальник В. С. Сидоров.
1960	Создание Межправительственной океанографической комиссии (МОК) в рамках ЮНЕСКО ООН, ставшей координатором и инициатором международных научно-исследовательских работ в области океанологии.
	Опускание Ж. Пикара и Д. Уолша (Франция) на дно Марианской впадины на глубину более 11 000 м.
1961, 12 апреля	Первый в мире орбитальный полет Ю. А. Гагарина (СССР) на корабле «Восток».
1962, 17 июля	Подледное достижение Северного полюса советской атомной лодкой, впоследствии названной «Ленинский комсомол».
1964	Выход в свет в СССР фундаментального «Физико-географического атласа мира».
1970	Выход в свет Международной Красной книги.
1972	Утверждение Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) со штаб-квартирой в г. Найроби (Кения).
1977	Достижение Северного полюса советским ледоколом «Арктика».
1978	Выход в свет Красной книги СССР.

Приложение 3

Атласы, карты и словарно-справочная литература

Атласы

Атлас мира. М., 1985.
Физико-географический атлас мира. М., 1964.
Географический атлас: для учителей средней школы. М., 1986.
Атлас географический справочный. М., 1986.
Атлас мира. М., ГУГК, 1988.

Карты

Гипсометрическая карта мира, 1 : 15 000 000. М., 1985.
Земельные ресурсы мира, 1 : 15 000 000. М., 1986.
Неотектоническая карта мира, 1 : 15 000 000. М., 1985.
Орографическая карта мира, 1 : 15 000 000. М., 1984.
Почвенная карта мира, 1 : 15 000 000. М., 1982.
Тектоническая карта мира, 1 : 15 000 000. Л., 1982.

Словарно-справочная литература

Апродов В. А. Вулканы. М., 1982. 367 с.
Бабаев А. Г., Зонн И. С., Дроздов Н. Н., Фрейкин З. Г. Пустыни. М., 1986. 318 с.
Букштынов А. Д., Грошев Б. И., Крылов Т. В. Леса. М., 1981. 316 с.
Гвоздецкий Н. А. Карст. М., 1981. 214 с.
Гвоздецкий Н. А., Голубчиков Ю. Н. Горы. М., 1987. 399 с.
Географический энциклопедический словарь. М., 1986. 528 с.

Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины. М., 1988. 432 с.
Геологический словарь. М., Т. 1—2. М., 1978.
Гляциологический словарь. Л., 1984. 528 с.
Гребенщиков О. С. Геоботанический словарь. М., 1965. 227 с.
Долгушин Л. Д., Осипова Г. Б. Ледники. М., 1989. 447 с.
Исаченко А. Г., Шляпников А. А. Ландшафты. М., 1989. 505 с.
Краткая географическая энциклопедия. Т. 1—5. М., 1960—1966.
Лобова Е. В., Хабаров А. В. Почвы. М., 1983. 303 с.
Маруашвили Л. И. Палеогеографический словарь. М., 1985. 367 с.
Мильков Ф. Н. Словарь-справочник по физической географии. М., 1970. 344 с.
Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов. Толковый словарь современной фитоценологии. М., 1989. 224 с.
Мурзаев Э. М. Словарь народных географических терминов. М., 1984. 653 с.
Никонов В. А. Краткий топонимический словарь. М., 1966. 509 с.
Океанографическая энциклопедия. Л., 1974. 631 с.
Отечественные физикогеографы и путешественники. М., 1959. 783 с.
Охрана ландшафтов. Толковый словарь. М., 1982. 271 с.
Охрана природы. Справочник. М., 1987. 269 с.
Словарь общегеографических терминов. Т. 1—2/Пер. с англ. М., 1975—1976.
Тимофеев Д. А., Уфимцев Г. Ф., Онухов Ф. С. Терминология общей геоморфологии. М., 1977. 200 с.
Толковый словарь по почвоведению. М., 1975. 286 с.
Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь. Л., 1974. 568 с.
Чеботарев А. И. Гидрогеологический словарь. Л., 1978. 308 с.
Четырехъязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. М., 1980. 703 с.
Энциклопедический словарь географических терминов. М., 1968. 437 с.

Литература

Абдулкасимов А. А. Проблемы изучения межгорно-котловинных ландшафтов Средней Азии. Ташкент, 1983. 126 с.

Александрова Т. Д. Понятия и термины в ландшафтоведении. М., 1986. 111 с.

Алексеев В. П. Географические очаги формирования человеческих рас. М., 1985. 238 с.

Алексеев В. П. Становление человечества. М., 1984. 464 с.

Алпатьев А. М. Развитие, преобразование и охрана природной среды. Л., 1983. 240 с.

Альпы — Кавказ. Современные проблемы конструктивной географии горных стран. М., 1980. 325 с.

Аношко В. С., Трофимов А. М., Широков В. М. Основы географического прогнозирования. Минск, 1985. 230 с.

Антропогенные изменения климата/Под ред. М. И. Будыко и Ю. А. Израэля. Л., 1987. 406 с.

Анучин В. А. Теоретические проблемы географии. М., 1960. 264 с.

Арманд Д. Л. Наука о ландшафте. М., 1975. 287 с.

Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность почвенно-растительных формаций СССР//Изв. АН СССР. Сер. геогр. № 2. С. 49—66.

Базилевич Н. И. Продуктивность, энергетика и биогеохимия наземных экосистем Тихоокеанского кольца//Вопр. геогр. Сб. 117. М., 1981. С. 146—208.

Берг Л. С. Географические зоны Советского Союза. Т. 1—2. М., 1947—1952.

Беручашвили Н. Л. Четыре измерения ландшафта. М., 1986. 182 с.

Биология Океана. Т. 1—2. М., 1977.

Биология Центрального Арктического бассейна/Ин-т океанологии им. Ширшова. М., 1980. 259 с.

Богданов Д. В. Региональная физическая география Мирового океана. М., 1985. 176 с.

Большой Кавказ — Стара-Планина (Балкан). М., 1984. 253 с.

Бондарев Л. Г. Вечное движение. М., 1974. 158 с.

Бондарский М. С. Античная география. М., 1953. 375 с.

Бреховских Л. М. Океан и человек. Настоящее и будущее. М., 1987. 304 с.

Брук С. И. Население мира. Этнодемографический справочник. М., 1981. 880 с.

Брук С. И. Население мира на пороге XXI века//Природа. 1986. № 12. С. 44—54.

Будыко М. И. Влияние человека на климат. Л., 1972. 47 с.

Будыко М. И., Ронов А. Б., Яншин А. Л. История атмосферы. Л., 1985. 208 с.

Буллен К. Е. Плотность Земли/Пер. с англ. М., 1978. 442 с.

Вальтер Г. Общая геоботаника/Пер. с нем. М., 1982. 264 с.

Введение в физическую географию/К. К. Марков, О. П. Добродеев, Ю. Г. Симонов и др. М., 1978. 191 с.

Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1965. 374 с.

Визе В. Ю. Арктика и Африка/Атмосфера земли. М., 1953.

Виноградов А. П. Введение в геохимию океана. М., 1967. 215 с.

Виноградов Б. В. Преобразованная Земля. Аэрокосмические исследования. М., 1981. 295 с.

Воронов А. Г. Биогеография с основами экологии. М., 1987. 264 с.

Воронцов Н. Н. Системы органического мира и положение животных в них/Зоологич. журн. 1987. Т. 66. Вып. 12. С. 1765—1774.
Гагарин Ю. Вижу Землю. М., 1971. 61 с.
Гвоздецкий Н. А. Основные проблемы физической географии. М., 1979. 222 с.
Гембель А. В. Общая география Мирового океана. М., 1979. 215 с.
География Антарктиды/К. К. Марков, В. И. Бардин, В. В. Лебедев и др. М., 1968. 439 с.
Геренчук К. И., Боков В .А., Черванев И. Г. Общее землеведение. М., 1984. 255 с.
Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методика исследований природных ландшафтов. М., 1964. 230 с.
Глазовская М. А. Общее почвоведение и география почв. М., 1981. 400 с.
Голубая планета Океан//Курьер ЮНЕСКО. 1986. № 3. С. 3—38.
Горные геосистемы. М. — Алма-Ата, 1982. 235 с.
Григорьев А. А. Закономерности строения и развития географической среды. М., 1966. 382 с.
Григорьев А. А. Типы географической среды. М., 1970. 468 с.
Григорьев Ал. А. Антропогенное воздействие на природную среду по наблюдениям из космоса. Л., 1985. 239 с.
Григорьев Ал. А., Кондратьев К. Я. Космическое землеведение. М., 1985. 160 с.
Григорьев Ал. А. Космическая индикация ландшафтов Земли. Л., 1975. 165 с.
Гумбольдт А. Картины природы/Пер. с нем. М., 1959. 269 с.
Дайсон Дж.-Л. В мире льда/Пер. с англ. Л., 1966. 232 с.
Диц Р., Холден Дж. Распад Пангеи//Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М., 1974. С. 315—329.
Докучаев В. В. К учению о зонах природы. Соч. Т. 6. М., 1951. С. 398—414.
Домашнев А., Дроздова Т. Из глубины веков. М., 1985. 190 с.
Дорст Ж. До того как умрет природа/Пер. с франц. М., 1968. 416 с.
Дылис Н. В. Основы биогеоценологии. М., 1978. 152 с.
Дэвис У. М. Геоморфологические очерки/Пер. с англ. М., 1962. 455 с.
Дювинью П., Танг М., Биосфера и место в ней человека/Пер. с франц. М., 1968. 255 с.
Емельянов А. Г. Теоретические основы комплексного физико-географического прогнозирования. Калинин, 1982. 84 с.
Ермолаев М. М. Введение в физическую географию. Л., 1975. 260 с.
Ершов В. В., Новиков А. А., Попова Г. Б. Основы геологии. М., 1986. 311 с.
Жучкова В. К., Раковская Э. М. Природная среда — методы исследования. М., 1982. 163 с.
Забелин И. М. Физическая география в современном естествознании. М., 1978. 335 с.
Заварзин Г. А., Кларк У. Биосфера и климат глазами биологов.//Природа. 1987. № 6. С. 65—77.
Зайцев Ю. П. Морская нейстонология. Киев, 1970. 264 с.
Зенкевич Л. А. Материалы к сравнительной биогеоценологии суши и океана//Журн. общей биологии. 1967. Т. 28. № 5. С. 523—537.
Исаченко А. Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М., 1965. 328 с.
Исаченко А. Г. Развитие географических идей. М., 1971. 416 с.
История Земли//Курьер ЮНЕСКО. 1986. № 8. С. 3—39.
Калесник С. В. Общие географические закономерности Земли. М., 1970. 284 с.
Калесник С. В. Основы общего землеведения .М., 1955. 472 с.
Кац Н. Я. Болота земного шара. М., 1971. 295 с.
Кинг Л. Морфология Земли/Пер. с англ. М., 1967. 559 с.

Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М., 1981. 182 с.
Ковда В. А., Розанов Б. Г. Почвоведение. Ч. I. Почва и почвообразование. М., 1988. 400 с.
Козловский Е. А. Новое о строении земной коры. М., 1988. 48 с.
Кондратьев К. Я. Глобальный климат и его изменения. Л., 1987. 232 с.
Кондратьев К. Я., Григорьев А. А. География и космос. М., 1984. 48 с.
Конюхов А. И. Геология океана: загадки, гипотезы, открытия. М., 1989. 208 с.
Котляков В. М. Снег и лед в природе Земли. М., 1986. 160 с.
Криволуцкий А. Е. Голубая планета. М., 1985. 335 с.
Куллини Дж. Леса, моря. Жизнь и смерть на континентальном шельфе. Л., 1981. 280 с.
Куракова Л. И. Современные ландшафты и хозяйственная деятельность. М., 1983. 159 с.
Лапо А. В. Следы былых биосфер. М., 1987. 208 с.
Лебедев В. Л., Айзатуллин Т. А., Хайлов К. М. Океан как динамическая система. Л., 1974. 206 с.
Леонтьев О. К. Физическая география Мирового океана. М., 1982. 200 с.
Ле Пишон К. Спрединг океанического дна и дрейф континентов//Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М., 1974. С. 93—133.
Ле Пишон К., Франшто Ж., Боннин Ж. Тектоника плит/Пер. с англ. М., 1977. 288 с.
Лисицын А. П. Рудная лаборатория в океане//Наука и жизнь. 1987. № 11. С. 42—48.
Личков Б. Л. Природные воды Земли и литосферы.//Зап. Географ. о-ва СССР. Нов. серия. Т. 19. М.-Л., 1960. 164 с.
Львович М. И. Вода и жизнь. М., 1986. 254 с.
Максютов Ф. А. Барьерные ландшафты СССР. Саратов, 1981. 138 с.
Манн-Боргезе Элизабет. Драма Океана/Пер. с англ. Л., 1982. 176 с.
Марков К. К. Палеогеография. (Историческое землеведение.) М., 1960. 268 с.
Мархинин Е. К. Вулканы и жизнь. М., 1980. 196 с.
Марцинкевич Г. И., Клицунова Н. К., Мотузко А. Н. Основы ландшафтоведения. Минск, 1986. 206 с.
Матишов Г. Г. Мировой океан и оледенение Земли. М., 1987. 269 с.
Мелекесцев И. В. Вулканизм и рельефообразование. М., 1980. 212 с.
Миланова Е. В., Рябчиков А. М. Использование природных ресурсов и охрана природы. М., 1986. 280 с.
Малиновский Е. Е. Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах). М., 1983. 280 с.
Мильков Ф. Н. Основные проблемы физической географии. М., 1967. 251 с.
Мильков Ф. Н. Ландшафтная сфера Земли. М., 1970. 207 с.
Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. М., 1973. 224 с.
Мильков Ф. Н. Физическая география: современное состояние, закономерности, проблемы. Воронеж, 1981. 400 с.
Мильков Ф. Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж. 1986. 328 с.
Мир географии: География и географы. Природная среда. М., 1984. 367 с.
Михайлов Н. И. Физико-географическое районирование. М., 1985. 184 с.
Михно В. Б. Мелиоративное ландшафтоведение. Воронеж. 1984, 244 с.
Муратов М. В. Происхождение материков и океанических впадин. М., 1975. 176 с.
Мухина Л. И., Преображенский В. С., Ретеюм А. Ю. География, техника, проектирование//Новое в жизни, науке, технике. Сер. Наука о Земле. № 5. М., 1976. 48 с.
Нееф Э. Теоретические основы ландшафтоведения. Пер. с нем. М., 1974. 220 с.

Нейбургер М., Эдингер Е., Боннер У. Познание окружающей нас атмосферы/Пер. с англ. М., 1985. 224 с.
Несис К. Н. Вестиментиферы//Природа. 1984. № 4. С. 87—89.
Одум Ю. Экология/Пер. с англ. Т. 1—2. М., 1986.
Пенк В. Морфологический анализ. Пер. с нем. М., 1961. 359 с.
Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М., 1975. 341 с.
Полынов Б. Б. Избранные труды. М., 1956. 400 с.
Преображенский В. С. Ландшафты в науке и практике. М., 1981. 48 с.
Природа и древний человек. М., 1981. 223 с.
Работнов Т. А. Фитоценология. М., 1983. 296 с.
Ранняя история Земли/Под ред. Б. Циндми. М., 1980. С. 620.
Резанов И. А. Эволюция земной коры. М., 1985. 144 с.
Риклефс Р. Основы общей экологии/Пер. с англ. М., 1979. 424 с.
Рудич Е. М. Движущиеся материи и эволюция океанического ложа. М. 1983. 272 с.
Рябчиков А. М. Основные черты развития геосферы и планетарная дифференциация ее ландшафтов//Физическая география материков и океанов. М., 1988. С. 6—166.
Саушкин Ю. Г. История и методология географической науки. М., 1976. 423 с.
Слевич С. Б. Океан: ресурсы и хозяйство. Л., 1988. 192 с.
Соколов Б. С. Вендский период в истории Земли//Природа. 1984. № 12. С. 3—18.
Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, 1978.
Степанов В. Н. Океаносфера. М., 1983. 270 с.
Страны и народы//Науч.-поп. геогр.-этногр. изд. в 20 т. Т. 20. Земля и человечество. Глобальные проблемы. М., 1985. 429 с.
Страхов Н. М. Основы теории литогенеза//Т. 1. Типы литонегеза и их размещение на поверхности Земли. М., 1960. 212 с.
Тимофеев П. П., Холодов В. Н., Зверев В. П. Гидросфера и эволюция Земли//Изв. АН СССР. Сер. геолог. 1988. № 6. С. 3—19.
Таусон Л. В. НТР и минеральное сырье//Природа. 1987. № 2. С. 89—98.
Удинцев Г. Б. Рельеф и структура океанов. М., 1987. 293 с.
Физическая география Мирового океана/К. К. Марков, С. С. Сальников, Е. Е. Шведе и др. Л., 1980. 362 с.
Фортескью Дж. Геохимия окружающей среды/Пер. с англ. М., 1985. 360 с.
Хаггет П. География: синтез современных знаний/Пер. с англ. М., 1979. 684 с.
Хаин В. Е. Региональная геотектоника: Океаны. Синтез. М., 1985. 292 с.
Хаин В. Е., Михайлов А. Е. Общая геотектоника. М., 1985. 326 с.
Хромов С. П. Метеорология и климатология для географических факультетов. Л., 1983. 442 с.
Чебоксаров Н. Н., Чебоксарова И. А. Народы, расы, культуры. М., 1985. 272 с.
Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. М., 1976. 367 с.
Чумаков Н. М. Какой климат типичен для Земли?//Природа. 1986. № 10. С. 34—45.
Шмитхюзен И. Общая география растительности/Пер. с нем. М., 1966. 310 с.
Шолпо В. Н. Структура земли: упорядоченность или беспорядок? М., 1986. 159 с.
Щукин И. С., Щукина О. Е. Жизнь гор. М., 1959. 287 с.

Предметный указатель

Авлакогены 79
Айсберг 216
Адыры 199
Антеклизы 75
Антициклоны 97
Апвеллинг вдольбереговой 64
— экваториальный 64
Архей 40, 66, 67
Астеносфера 22
Атмосфера 5, 14, 20, 91, 98
— центры действия 100

Биостром 23, 28, 130, 139, 194, 253
— воздействие на структурные части географической оболочки 34
— и биосфера 35
— наземный 132
— Океана 136
— рассеивание вещества 33
— структура 130
Биосфера 5, 14, 23
Болота 260

Ватты 221
Вихри синоптические 128
Водная оболочка Земли 32, 114, 115, 118, 194
Водный баланс Земли годовой 117
Воздушные массы 100, 101
Волны внутренние 124
— морские сейсмические 124
— приливно-отливные 124
Вулканизм 28

Гайоты 84
Галактика 45
Географическая оболочка 20, 293
— активное ядро 37
— биостром 130
— взаимопроникновение и взаимодействие структурных частей 28
— границы 23
— единство 36
— и человек 293
— космические воздействия 45
— общепланетарные факторы воздействия 54
— память 67
— структурные части 26, 65
— уникальность 23
— энергетические оболочки 38
— этапы развития 40
Геосиниклинали 74, 78
Геотектоника 86
Гидросфера 5, 14, 21, 114
— законсервированная 116, 118
— погребная 115
— рассеянная 115
Горизонты ландшафтные 144
Горы «односторонние» материкового склона 83
— складчато-глыбовые 83
— складчатые 82
Грабен 78
Градиент геотермический 69

Даупвеллинг 64
Докембрий 75
Движения дислокационные 74
— неотектонические 73
— тектонические 71
Долины речные 202, 205
— возраст и история развития 203
— древние 203
— ископаемые 203, 204
— как эколого-геоморфологические желоба 206
— мертвые, или «сухие» 204
— пра-долины 203
— современные 203

Земля в Солнечной системе 46
— вращение вокруг оси 62
— гипсографическая кривая 69, 70
— годовое движение и суточное вращение 59
— крупнейшие морфоструктуры рельефа 71
— магнитное поле 54
— рельеф 65
— форма и размеры 55, 58
— этап развития антропогенный 40, 41
— — — биогенный 40, 42
— — — добиогенный 40, 41
— — — догеологический 40
Зона Океана вертикальная 129
— — глубинная 129
— — поверхностная 129
— — придонная 129
— — промежуточная 129
Зональность природная 235, 257
— биоклиматическая 237
— вертикальная 246, 250
— вод Океана 252
— высотная 245, 248

— — полная 246
— — срезанная 246
— гидротермическая 243
— глуоинная 248
— компонентная 237
— ландшафтная 242
— ландшафтных комплексов 251
— локальная парадинамическая 250
— орогенетическая 245, 246
— парадинамическая 246, 249
— циркумконтинентальная 249
— циркумокеаническая 249
— широтная 248
— широтно-равнинная 248
Зоны географические 253
— Заварицкого-Беньофа 85
— климатические 108
— периодическая система 253, 256
— фронтальные 100, 102
Зооструом 131

Катархей 40, 67
Кирасы 161
Климат 90, 107—114, 162
Комплексы ландшафтные региональные 154
— — типологические 156
Кора выветривания 34, 161
— — вертикальные зоны 161—162
— земная 5, 21, 22, 65, 194
— — вещество 65
— — наружная морфология 69
— — слой базальтовый 65
— — — габбровый 66
— — — гранитный 65, 66
— — — диоритовый 66
— — — осадочный 65
— — структурная география 66
— — термический режим 67
— океаническая 66
— — важнейшие морфоструктуры 83
Крики 204
Криптозой 67
Круговорот биологический 37
— воды 37
— — глобальный 117
— географический большой 37
— — малый 133, 161
— геологический 37
Куэсты 82

Лайды 221
Ландшафт 141
— вариант 175
— геохимия 173
— динамика 147, 179, 251
— — временная 181
— — структурная 180
— — суточная 181
— — функционирования 147, 181
— — циклическая 181
— инвариант 175, 177
— классы 149, 150, 199—201, 207
— комплекс долинно-речной 202
— литогенная основа 160
— — антропогенная 191
— — биогенная 191
— — зообиогенная 190
— — лунно-суточная 182
— — периодическая 183
— — сезонная 182
— — спонтанная 189
— — сукцессионная 187
— — тектогенная 190
— — циклическая 190
— — экзогенная 190
— подклассы 201
— ритмичность 251
Ландшафты абиссальные 229
— автогенные 257
— антропогенные 147—150, 153
— — методы изучения 154
— батиальные 221
— гидрогенные 260
— горно-ледниковые 212
— долинно-речные 207
— литоральные 221
— мелководные морские 221
— озерные 220
— парагенетические 172
— покровно-ледниковые 213
— речные 219
— старых морских льдов 215
— ультраабиссальные 230
— экстразональные 262
Ледники 210
— горные 212
— масса и время жизни 218
Линия снеговая 210

Мантия 22, 78
Марши 221
Материк 155
Мезосфера 21
Методы исследования в физической географии 264
— междисциплинарные 265
— — геофизический 266
— — геохимический 265
— — математические 265
— — моделирования 267
— — сопряженного анализа 265
— специфические 267
— — аэрокосмические 272
— — балансов 275
— — литературно-картографический 272

— — палеогеографический 274
— — сравнительно-описательный 267
— — экспедиционный 269
Микробиостром 131
Микрозональность опушечная 250
— склоновая 250
Мобилизм 87
Морфоструктуры 81

Научные направления в физической географии 278—292
Ноосфера 10, 308

Области климатические 108
Область зональная 155
Оболочка географическая 5
Озера вулканические 220
— завальные 220
— карстовые 220
— моренные 220
— пойменные 220
— суффозионные 220
— термокарстовые 220
Озоновый экран 42
Океана режим газовый 121
— — температурный 120
— ветровое волнение 123
— движение вод 123
Осадки 103
Острова ледяные 216
Отливы сизигийные 124
Отмель материковая 71
Охрана природы 308

Прилавки 199
Польдеры 221
Пассаты 98
Пелагиаль 136
Пенеплен 73
Перекат 219
Плато 81, 82
Платформы Мира докембрийские 75—77
— океанические 84
Плес 219
Плиты 81
— литосферные 88
— — взаимоотношение 89
— — движение 88
Плоскогорья 82
Пойма прирусловая 261
— притеррасная 261
— центральная 261
Польдеры 73, 221
Почва 133
Пояс географический 245, 253
— климатический 108
— освещенности Земли 60
Правило биогеоморфологического соответствия 205
— ландшафтного предварения 262
Приливы квадратурные 124
Принцип контрастности сред 102
— — природно-антропогенной совместимости 153
Проблема физико-географического районирования 154
Провинция 156
Прогноз физико-географический 315
Протерозой 40, 41, 66

Равнины аккумулятивные 81
— возвышенные 81
— денудационные 81
— нагорные 81
— шельфовые 82
Радиационный индекс сухости 105
Район 156
Река 206
— водораздел 209
— — дельта 209
— долины 209
— пойма 206
Рельеф скульптурный 162
Рефракция волн 123
Ринги 129
Рифт континентальный 78
— межконтинентальный 79
Ряд ландшафтов антропогенных 170
— — биогенных 169
— — вулканогенный 169
— — гидрогенных 169
— — гидродинамических 169
— — климатогенный 168
— — криогенных 169
— — литогенных 169
— — нивально-гляциальных 169
— — тектогенный 168
— — флювиального происхождения 169
— — эоловых 169

Сайи 204
Сила Кориолиса 63, 64
Синеклизы 75
Синклинали 82
Системы ландшафтно-техногенные 149
Складчатые горы 82
Склон материковый 71
Слой геотермический 69
Снежницы 216
Снежный покров 105—107
Солнечная система 45
Солнечно-земные связи 51
Солонцы 261
Солончаки 261

Состав морской воды 119
Спираль Экмана 64
Спрединг 79
Страна 155
Стратосфера 20
Структуры кольцевые 80
Суходолы 204
Сфера ландшафтная 8, 37, 38, 152, 193
— — вариант 193
— — — водный 224
— — — донный 227
— — — земноводный 219
— — — единство 231
— — — ледовый 210
— — — наземный 194, 202
— — — пространственно-временные взаимосвязи 233

Тектоника плит 87
Тектоносфера 22, 71
Тип ландшафта 159
— местности 157
— урочища 157
Торосы 216
Тропосфера 6, 20, 102, 108, 194
— воздушная 90
— состав 90
— тепловой режим 92, 94
Туган 207

Узбои 204

Фанерозой 67
Фация 156, 184
Фиксизм 86

Хионосфера 210
Хребты срединно-океанические 84

Циклоны 97
Циркуляция термохалинная 57

Шельф 71

Щиты 75

Экзосфера 21
Экологическая пирамида 132
Эон 67
Эпигеосфера 25
Эра архейская 67
— кайнозойская 67
— мезозойская 67
— палеозойская 67
— протерозойская 67

Явления приливно-отливные 50
Ячейки Гадлея 98, 99, 103
— Фарреля 100

Оглавление

Предисловие 3
Введение 5
Глава I. **Географическая оболочка, ее структура и характерные черты** . . 20
Глава II. **Космические и общепланетарные воздействия на географическую оболочку** 45
Глава III. **Структурные части географической оболочки** 65
Глава IV. **Учение о ландшафте и ландшафтной сфере Земли** 141
Глава V. **Природная зональность** 235
Глава VI. **Методы исследования в физической географии** 264
Глава VII. **Научные направления и школы в физической географии** . . . 278
Глава VIII. **Человек и географическая оболочка** 293
Заключение 322
Приложения: 323
1. Общие сведения о Земле и ее экстремальных пунктах 323
2. Хронология важнейших событий (экспедиций, открытий, опубликования теоретических трудов) 324
3. Атласы, карты и словарно-справочная литература 326
Литература 328
Предметный указатель 332

Учебное издание

Мильков Федор Николаевич
ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЕ

Редактор *Т. А. Рыкова.* Младшие редакторы *Е. И. Попова* и *Е. И. Бурова.* Художник *Э. А. Марков.* Художественный редактор *Т. А. Коленкова.* Технический редактор *Л. А. Муравьева.* Корректор *Г. И. Кострикова.*

ИБ № 8174

Изд. № Е-567. Сдано в набор 27.12.89. Подп. в печать 17.04.90. Т-08913. Формат 60×88¹/₁₆. Бум. офс. № 1. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Объем 20,58 усл. печ. л. 20,58 усл. кр.-отт. 23,38 уч.-изд. л. Тираж 24 000 экз. Зак. № 88. Цена 1 р. 10 к.
Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул. д. 29/14.

Московская типография № 8 Государственного комитета СССР по печати, 101898, Москва, Хохловский пер., 7