УДК 574(075.8)
ББК 28.081я73
Е53

Рекомендовано ученым советом
географического факультета
23 декабря 2009 г., протокол № 4

Рецензенты:
доктор географических наук *П. С. Лопух*;
кандидат географических наук *И. П. Галай*;
кандидат геолого-минералогических наук *М. А. Богдасаров*

Еловичева, Я. К.
Е53 Проблемы физической географии : пособие для студентов геогр. фак. – Минск : БГУ, 2011. – 271 с.
ISBN 978-985-518-542-1.

В пособии рассмотрены многие вопросы и проблемы физической географии: развитие климата, ландшафта, районирование, динамика природных зон, рельефообразующих процессов, состояние водной среды обитания, степень воздействия человека на природную среду обитания.

Для студентов географического факультета БГУ.

УДК 574(075.8)
ББК 28. 081я73

ISBN 978-985-518-542-1

© Еловичева Я. К., 2011
© БГУ, 2011

ВВЕДЕНИЕ

География (термин введен Эратосфеном (275–195 гг. до н. э.) и происходит от двух слов: гео – земля и графо – пишу) – наука, изучающая географическую оболочку Земли, описывающая периоды ее развития. Сегодня практически нет уголка на поверхности Земли, который не был бы достаточно изучен, измерен, сфотографирован. Лишь Мировой океан исследован человеком на 10–15 %. И все же закономерен вопрос – что же на Земле еще можно ныне изучать и как?

С момента зарождения географии, с античных времен, предметом ее изучения выступала земная поверхность.

География в современном понимании – это система естественных и общественных наук, изучающих природные и производственные территориальные комплексы и их компоненты, которые формируются на земной поверхности в процессе взаимодействия природы и общества, и процессы регулирования и управления этими системами. ***Физическая география*** – система наук, изучающая структуру, динамику и функционирование географической оболочки и ее структурных частей природно-территориальных комплексов и их компонентов. Таким образом, предметом физической географии является географическая оболочка Земли, ее структура и развитие во времени и пространстве. В задачу курса «Проблемы физической географии» входит формирование широких взглядов у студентов на географическую науку, анализ проблемных вопросов в современной географии и комплексный подход в развитии географических исследований.

Географическая оболочка – исторически сложившаяся и непрерывно развивающаяся, целостная и качественно своеобразная материальная система. Она включает в себя основные сферы природной среды, состоящие из различных ее компонентов, которые являются в то же время и естественными природными ресурсами:

- *атмосферу* (воздух, климат – температура, осадки и др.);
- *гидросферу* (поверхностные воды – океаны, моря, озера, реки, болота, водохранилища, ледники; подземные воды – почвенные, грунтовые, источниковые или родниковые, напорные, мерзлотные);
- *литосферу* (земная кора – кристаллические, магматические, метаморфические, осадочные породы; отложения фаций, формаций; почва; рельеф; проявления неотектоники);
- *биосферу* (растительный и животный мир, человек);
- *палеосферу* (погребенные ледниковые и перигляциальные формации, а также межледниковые отложения с захороненными в них растительными и животными остатками).

Физическая география базируется на общих (общее землеведение, ландшафтоведение, палеогеография) и частных (геоморфология, климатология, гидрология, биогеография, география почв, экология) науках.

Со времени становления и развития географических исследований Земли и до настоящего времени географическая наука развивалась постоянно, но неоднородно – в соответствии с необходимостью ее практического использования в народном хозяйстве, а также методологии и теории развития самой науки.

История географических открытий базируется на требованиях практики, имеющей прикладное значение для общества. Это весьма ярко проявилось в период Великих географических открытий при исследовании поверхности суши, а сегодня вновь наступило время, когда потребности общества создали условия для активного развития географии: наступила необходимость еще более глубокого и детального познания гидросферы и ее важной роли в жизнеобеспечении планеты, глубин Земли и динамики ее тектонических плит, состояния атмосферы (ныне наиболее уязвимой сферы Земли для существования органического мира), биосферы (разнообразие видов, происхождение и эволюция человека), систем расселения, территориальных систем сфер производства, обслуживания, туризма, науки и культуры. Перед человечеством встают проблемы перспективного развития, что возможно лишь при реальной оценке знаний о состоянии природной среды современного этапа Земли, а при сравнении с историей ее эволюции в геологическом прошлом – и географический прогноз будущего всей планеты.

ГЛАВА 1

ИСТОРИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД НА ГЕОГРАФИЮ И ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НАУК

География как древняя наука почти реализовала свою задачу по описанию Земли. Какие же задачи стоят перед ней сегодня?

В историческом прошлом географы наряду с описанием анализировали и объясняли свои наблюдения по распространению на земной поверхности природных явлений и процессов. При малочисленности наблюдений и объяснения были не всегда верны. Анализ географических явлений можно найти уже у Геродота, Аристотель учил делать наблюдения в природе, Эратосфен измерением радиуса Земли положил начало математической географии, а Плиний Старший пытался объяснять грозные и редкие явления природы.

В средние века при общем упадке наук в географии наблюдался спад интереса к наблюдениям, в лучшем случае повторялись давно высказанные античными учеными истины.

Возрождение началось в эпоху Великих географических открытий, когда известный цивилизованным народам мир расширился, а нужды мореплавания обусловили прогресс техники исследований.

В XVIII в. М. В. Ломоносов уже трактовал многие географические явления как этапы развивающегося мира. Эта точка зрения укрепилась после появления в науке работ Ч. Лайеля и Ч. Дарвина по эволюции органического мира. А. Гумбольдт обосновал сравнительный метод как главный метод в географии. К. Рихтер закрепил разделение на физическую географию и географию населения, впоследствии развившуюся в экономическую географию. Постепенно от физической географии отделились дочерние науки, так как ученые, начав развивать и обслуживать какую-либо одну отрасль, одну частную проблему, по большей части практическую, углублялись в детали и теряли интерес к географии в целом (см. рис. 1.1).

Развитие и дифференциация географической науки протекали особенно энергично со второй половины XIX в. Так, наука о земных пластах под влиянием развития горного дела стала самостоятельной и приобрела большое значение, так как для успешной добычи руд и других полезных минералов потребовалось создание общей теории залегания земных пластов. Возникла необходимость в объяснении условий и закономерностей их образования и развития, изучении мест залегания тех или иных полезных ископаемых. Накопление подробных знаний по этому вопросу и вызвало возникновение **геологии** – науки, занимающейся только изучением состава, строения и истории развития земной коры.

То же произошло и с **океанологией**, когда под влиянием запросов кораблевождения понадобилось детально изучить свойства покрывающих Землю вод: их температуру и соленость, течения и волнения, глубины и рельеф, приливы, т. е. все процессы, происходящие в Мировом океане.



Рис. 1.1. Структура географических наук

Постепенно от географии отделились и прочие науки: **климатология** – наука о климате Земли, **гидрология суши** – о водах, заключенных внутри материков, **гидрогеология** – о подземных водах, **гляциология –** о ледниках, формах льда на земной поверхности, **почвоведение** – о почве, ее происхождении, составе и свойствах, **география растений** и **геоботаника** – о распространении растений и растительных сообществах, **география животных** – о распространении и условиях обитания животных, **палеогеография** – об условиях развития компонентов природной среды в геологическом прошлом. Четко обособилась **геоморфология** – наука о формах земной поверхности (о рельефе суши, дна океана и морей), точнее, о формах поверхности раздела между земной корой – с одной стороны, и воздухом и водой – с другой. Наконец, от географии отделилась **картография** – наука о географических картах, о методах их создания и использования. По сути, это техническая дисциплина, изучающая изображения земной поверхности и различных ее свойств на картах, которая нашла себе применение больше всего в географии. Позднее в картографии выделилась **районистика (районирование)** – наука о логических правилах районирования.

При таком положении дел казалось, что физическая география как наука целиком распалась на составные части. В лучшем случае за физической географией могло бы сохраниться общеобразовательное значение и возможность составления компилятивных описаний природы. Но, тем не менее, быстрое развитие общества показало, что чем больше частей теряла география, тем все росла потребность сохранить неделимое ядро науки, тем большее значение оно приобретало. Этот процесс в географии особенно обозначился в 20-е гг. XIX в., когда отчетливо определился предмет физической географии – географическая оболочка и

ландшафты Земли. Изучению этого вопроса посвящены работы Д. Н. Анучина, В. В. Докучаева, А. А. Григорьева, С. В. Калесника, И. М. Забелина, А. С. Баркова, В. И. Вернадского, Д. Л. Арманда, Ю. Г. Саушкина и др. (Сватков, 1970).

С одной стороны, возникли **теоретические** географические проблемы, не являвшиеся предметом изучения частных географических наук: о широтных и высотных поясах и зонах Земли, различии ландшафтов, проведении районирования Земли, распределении потока солнечной энергии, воды и химических элементов и пр. Частные науки пытались решить эти проблемы, но их возможности были ограничены.

С другой стороны, практическая жизнь выдвигала вопросы, требующие **комплексного подхода**. Первоочередной стала задача научного размещения направлений сельского хозяйства и районирования культур и пород скота. Эта задача требовала учета почв и климата, рельефа и обеспеченности влагой. Затем стремление продвигать посевы сельскохозяйственных культур за пределы наиболее благоприятных для них районов поставило насущные вопросы: на юге – полезащитного лесоразведения, мелиорации солонцов, добычи грунтовых вод; на севере – отепления микроклимата, осушения и раскисления почв, изыскания участков с более глубоко оттаивающей мерзлотой. Не менее важные задачи были всегда связаны с орошением. Первоочередными стали не столько проблемы, где взять и как провести воду, сколько вопросы о том, как ее изъятие повлияет на земли, расположенные в бассейне данной реки, какое количество воды испарится по дороге к полям и какое профильтруется в почву, где те земли, которые можно применить под орошение, какой режим поливов позволит избежать засоления – все это требовало предварительной разведки и консультации с природоведами, учитывающими разнообразные стороны природной среды. Такой комплексный анализ необходим при выборе мест для водохранилищ и оценки возможных последствий затопления, при решении вопросов о влиянии методов ведения сельского хозяйства на уровень рек, озер и морей, о борьбе с водной и ветровой эрозией почв, о пригодности для жизни вновь осваиваемых участков лесной (тайги), лесостепной и степной (целины) зон.

Таким образом, сохранение **комплексной физической географии**, наряду с частными науками, стало насущной необходимостью.

Но и одним комплексным физико-географическим подходом невозможно решить сложные проблемы. Для этого нужны все науки, которые выделились из физической географии, и целый ряд других наук – экономических, биологических, технических, сельскохозяйственных.

Так, академик **Л. С. Берг** привлек внимание географов к тому, что природная среда имеет «мозаичное строение». Географические зоны состоят из ландшафтов (природных районов), объединяемых общим рельефом, почвами, климатом, растительным и животным миром. Все составляющие ландшафта (компоненты природной среды) наилучшим образом пригнаны друг к другу в результате многовекового совместного развития и находятся в постоянной зависимости друг от друга, так что нельзя изменить одну из них, не изменив другие. Ландшафты первого порядка делятся на ландшафты второго порядка, которые объединены еще теснее, отличаясь друг от друга лишь деталями. Ученики Л. С. Берга в дальнейшем различали в пределах ландшафтов урочища, фации и т. д.

Ученый другого характера, с другим методом исследований, академик **А. А. Григорьев** подходил к физической географии «сверху». Начав с выведения общих закономерностей, он от них шел к частным и местным явлениям. А. А. Григорьев указал на важное значение баланса тепла и влаги и на зависимость продуктивности органического мира от их соотношения. Он впервые в пределах России оценил точные количественные методы в географии, настаивая на необходимости дать рациональное физическое объяснение каждому природному явлению. А. А. Григорьев ввел в географию важное понятие – «географическая оболочка».

По сути, Л. С. Берг и А. А. Григорьев, точки зрения которых на предмет физической географии и научные направления казались столь непримиримо различными, делали одно общее и важное дело – перевооружали физическую географию в соответствии с новыми задачами развития общества в пределах природной среды обитания. Основной их вклад в науку был общий и заключался в отказе от *созерцательного* направления в географии, признании за ней активного, *конструктивного* значения и снабжении ее необходимыми для этого знаниями и приемами. Кроме того, оба ученых подняли значение комплексной физической географии, показав, что у нее есть свой предмет, что он подчинен своим закономерностям и изучать его – дело первостепенной важности. Л. С. Берг, работавший в области ландшафтоведения, называл этот предмет в комплексной физической географии ландшафтом, А. А. Григорьев, работавший в области землеведения, – географической оболочкой.

Таким образом, предметом физической географии является ***географическая оболочка***, или ***ландшафтная сфера***, поскольку она представляет полый шар (эллипсоид вращения), а ландшафтная – потому что она состоит из ландшафтов или из ландшафта, понимаемого как совокупность земной коры (литосферы), водной оболочки (гидросферы), нижней части (тропосферы) воздушной оболочки (атмосферы) и населяющих их организмов (биосферы). Географическая оболочка обладает большой степенью единства; она получает энергию как от Солнца, так и из внутриземных источников – радиоактивных элементов, содержащихся в земной коре. Все виды вещества и энергии проникают друг в друга и взаимодействуют. Жизнь в ее естественных проявлениях возможна на Земле только в пределах географической оболочки, только она одна отличается означенными выше свойствами, а другие сферы Земли, лежащие как внутри ее, так и снаружи, ими не обладают.

Географическая оболочка (ландшафтная сфера) – очень тонкая пленка (рис. 1.2), но значение ее для человека неизмеримо велико. Поэтому естественно, что географическая оболочка должна быть изучена людьми особенно детально и всесторонне, во всем разнообразии форм (т. е. все типы ландшафта), посвятив ей особую науку – физическую географию, которая и делится на две части – *общее землеведение* и *ландшафтоведение*.

Границу между двумя частями физической географии нельзя провести точно, поскольку существуют промежуточные области науки. Общее землеведение и ландшафтоведение – это и есть то ядро физической географии, которое осталось после отделения от нее частных или отраслевых наук.

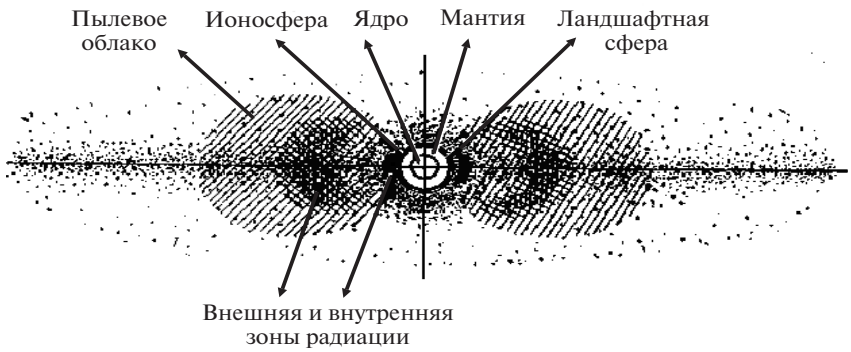


Рис. 1.2. Разрез Земли по оси вращения (ландшафтная сфера в масштабе остальных внешних и внутренних сфер может быть изображена только тонкой линией) (Арманд, 1968)

При таком понимании предмета и составных частей физической географии логично самостоятельную науку геологию, хотя и имеющую большое практическое значение для народного хозяйства, но изучающую земную кору (одну из четырех геосфер, входящих в ландшафтную сферу, и являющуюся предметом физической географии), относить к географическим наукам. Сложнее при этом стоит вопрос о предмете «физическое страноведение», когда географы при описании стран (т. е. государств или их административных частей) вынуждены укладываться в границы, чуждые природе, искусственные и постоянно меняющиеся. Иначе обстоит дело в экономической географии. С точки зрения экономической географии государственные границы представляют собой реальные рубежи различных экономических систем, поэтому экономическое страноведение является закономерной отраслью науки.

Закономерен вопрос о **внешних границах физической географии**, собственно – о ее «спорных» границах с геофизикой и геохимией. Во-первых, с пространственной точки зрения эти науки изучают весь земной шар, простирающийся вовне и внутрь неизмеримо дальше тонкого слоя, на который распространяется физическая география. Во-вторых, в пределах этого слоя физическая география рассматривает как живую, так и мертвую природу, в то время как геофизика и геохимия ограничиваются последней. В-третьих, геофизика и в меньшей степени геохимия изучают общие физические и химические явления независимо от места и времени, в которых они проявились, а физическая география интересуется именно данным местом и временем и особым отпечатком, который накладывают на них конкретные сочетания местных условий. В принципе, так же решается и вопрос о границе географии и биологии.

В ряде наук, изучающих вложенные друг в друга материальные системы, физическая география нашла свое место. Этот ряд, где астрономия состоит из трех наук, представлен в табл. 1.1 (Арманд, 1968).

До настоящего времени обсуждается вопрос о принятии в состав географических наук астрогеографии (или планетологии).

Несомненно также, что и **краеведение** имеет отношение ко всем отраслям географии, как и к этнографии, истории, археологии.

Несмотря на общность характеристик, различие между географической оболочкой и ландшафтной сферой существует.

Географическая оболочка представляет сравнительно мощную (20–35 км) зону взаимопроникновения и взаимодействия литосферы, атмосферы и гидросферы, характеризующуюся проявлениями органической жизни. Изучением географической оболочки Земли, ее структуры и развития занимается физическая география.

Ландшафтная сфера – это ограниченная по вертикали (от нескольких до 200–300 м) зона прямого соприкосновения и активного взаимодействия литосферы, атмосферы и гидросферы, совпадающая с биологическим фокусом географической

Таблица 1.1

Местоположение физической географии в системе наук

Название науки	Предмет науки
Астрономия Метагалактики	Туманности
Астрономия Галактики	Звезды
Астрономия Солнечной системы	Солнце и планеты
Геофизика и геохимия	Земля
Физическая география	Ландшафтная сфера

оболочки. На океанах ландшафтная сфера приобретает двухъярусное строение. Изучением ландшафтной сферы Земли занимается особая наука – ландшафтоведение, которая принадлежит к числу частных физико-географических наук, аналогичных геоморфологии, климатологии и гидрологии, и не является синонимом региональной географии (рис. 1.3).

Географической средой называется та часть ландшафтной оболочки Земли, внутри которой возникла и развивается жизнь человеческого общества (Анучин, 1960).

Ландшафтная сфера – в отличие от географической оболочки, это ограниченная по вертикали (от нескольких до 200–300 м) зона прямого соприкосновения и активного взаимодействия литосферы (современная кора выветривания, почва), атмосферы (приземные слои воздуха) и гидросферы, совпадающая с биологическим фокусом (растительность, животные организмы) географической оболочки, в результате чего здесь образуются специфические природные комплексы – ландшафты. На океанах ландшафтная сфера приобретает двухъярусное строение. По своей сути ландшафтная сфера – это совокупность ландшафтных комплексов, выстилающих сушу и океаны. Изучением ландшафтной сферы Земли занимается особая наука – ландшафтоведение, которая принадлежит к числу частных физико-географических наук, аналогичных геоморфологии, климатологии и гидрологии, и не является синонимом региональной географии (см. рис. 1.2). Та часть ландшафтной оболочки Земли, внутри которой возникла и развивается жизнь человеческого общества, называется географической средой (Анучин, 1960).

Мощность ландшафтной сферы Земли оценивается по-разному, но в целом возрастает от полюсов к экватору и в этой закономерности есть известная аналогия между ландшафтной сферой и географической оболочкой Земли. В тундре и арктических пустынях мощность ландшафтной сферы в среднем не превышает 5–10 м, а в тропическом поясе, под влажными гилеями, где только одна латеритная кора выветривания проникает на глубину 50–60 м, а над поверхностью почвы на такую же высоту и более поднимается древесный полог, мощность ландшафтной сферы достигает уже 100–150 м.

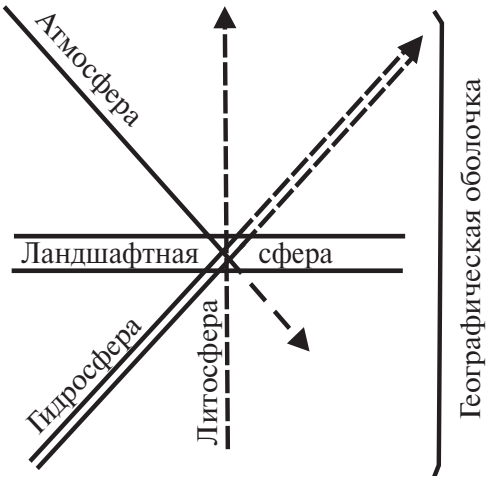


Рис. 1.3. Местоположение ландшафтной сферы
в системе географической оболочки (Мильков, 1959; 1967; Юденков, 1982)

Верхней границей ладшафтной сферы (как предмета физической географии) является тропопауза – поверхность соприкосновения тропосферы со стратосферой (рис. 1.4). Тропопауза лежит на высоте от 9 (близ полюсов) до 17 км (у экватора) над уровнем океана. В лежащих ниже тропопаузы слоях состав воздуха постоянный, температура в общем падает с высотой, дуют переменные ветры, располагаются облака водяного пара и происходит подавляющее большинство метеорологических явлений (рис. 1.5).

За нижнюю границу ландшафтной сферы принимается внутренняя граница земной коры (раздел Мохоровичича), которая находится на глубинах от 3 (под океанами) до 77 км (под горными системами). Раздел Мохоровичича – пластичная зона, в ней вещество Земли пребывает в вязком состоянии и гасятся внешние возмущения, за исключением продольных волн землетрясений. Выше границы Мохоровичича происходят процессы перемешивания земной толщи в ходе горообразования, циркулируют ювенильные (происходящие из глубинных пород) воды, образуются местные очаги расплавов, дающие начало большей части вулканов, и очаги местных землетрясений (рис. 1.6).

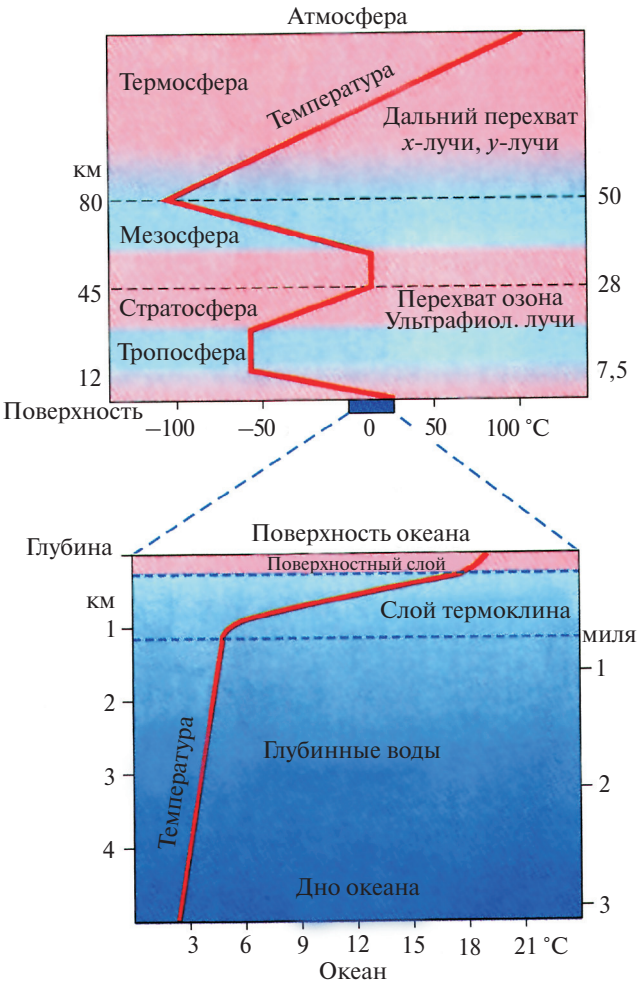


Рис. 1.4. Слои атмосферы и океана

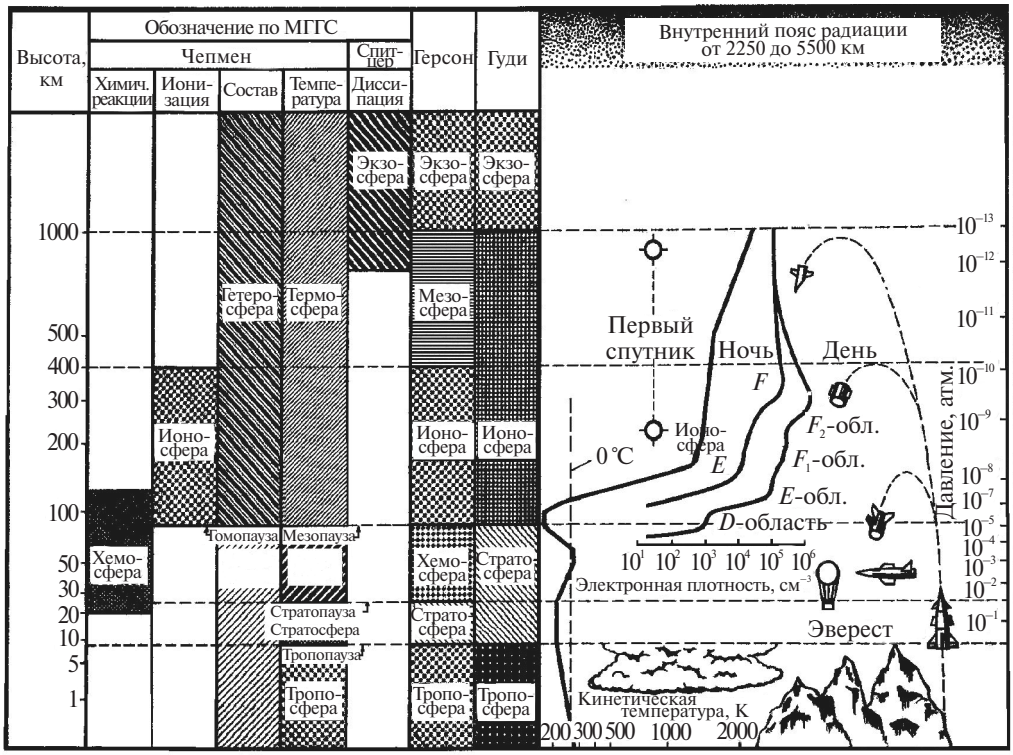


Рис. 1.5. Система обозначений атмосферных оболочек

Своеобразный двухъярусный вариант ландшафтной сферы возникает в Мировом океане, где нет условий для прямого соприкосновения и активного взаимодействия сразу всех четырех основных оболочек Земли: литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы. В океане наблюдается прямое взаимодействие лишь трех геосфер и, в отличие от суши, – в двух разобщенных по вертикали местах: на поверхности океана (атмосферы с гидросферой и биосферой) и его дне (гидросферы с литосферой и биосферой).

Тем не менее элементы литосферы присутствуют и на поверхности океана в виде растворенных и взвешенных частиц. В итоге взаимодействия гидросферы с атмосферой и биосферой *верхние слои воды* в Мировом океане насыщены газами атмосферы и пронизаны солнечным светом, что создает на поверхности океанов благоприятные условия для развития жизни. Поглощение солнечного света и особенно красной части его спектра, необходимой для фотосинтеза, происходит в морской воде сравнительно быстро, вследствие чего даже в морях, отличающихся прозрачной водой, присутствуют растительные источники питания. Именно этот нижний предел фотосинтеза и следует считать *нижней границей поверхностного яруса* ландшафтной сферы в океанах.

Нижний, *донный ярус* ландшафтной сферы в океанах формируется даже в глубоководных впадинах и желобах. В жизненных процессах этого яруса исключительно большую роль играют бактерии, обладающие огромной биохимической энергией.

По окраинам океанов, в пределах материковой отмели и в верхней части материкового склона, верхний и нижний ярусы ландшафтной сферы сливаются между собой, образуя одну ландшафтную сферу, насыщенную органической жизнью.

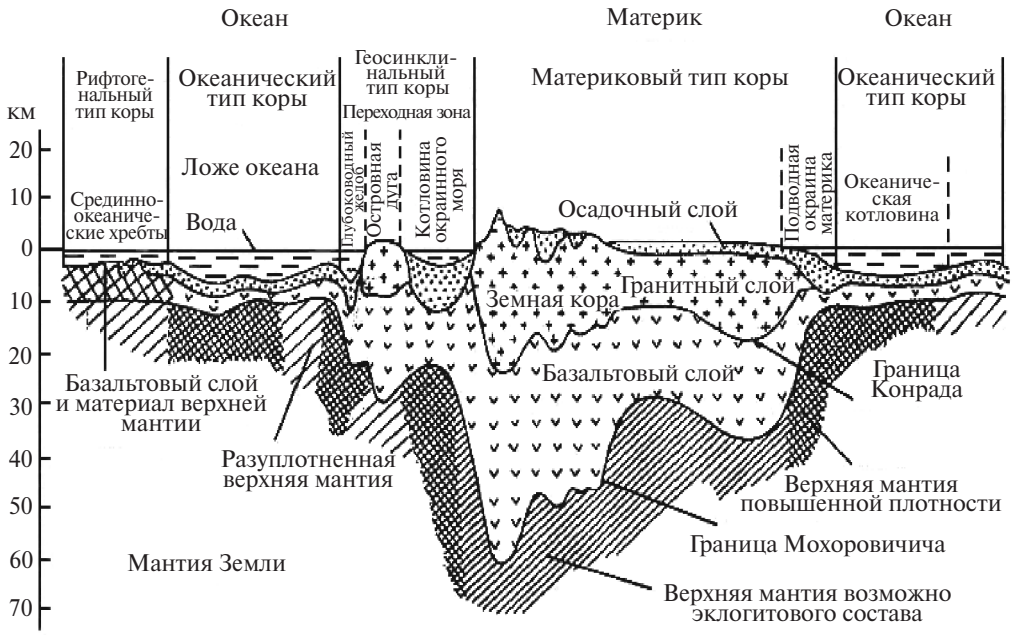


Рис. 1.6. Общая схема строения земной коры под океанами и материками (по Хаину, 1964, с изменениями и дополнениями)

Степень изменчивости природных компонентов ландшафтов во времени различна. Наибольшей консервативностью отличается литогенная основа, особенно ее геологический фундамент, наиболее крупные черты рельефа – геотектуры, обязанные своим происхождением силам общепланетарного (космического) масштаба, и морфоструктуры, возникшие в результате взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, при ведущей роли первых – движений земной коры. Морфоскульптурные черты рельефа, обязанные своим происхождением экзогенным процессам, взаимодействующим с другими рельефообразующими факторами, подвержены более быстрым изменениям. Быстрой изменчивостью во времени обладают также климат, почва и особенно биоценозы. Современный облик этих компонентов – результат событий в основном последней геологической эпохи.

Особенности ландшафтной сферы. Ландшафтная сфера обладает еще одной характерной чертой – сложной и подвижной структурой: и толщи земной коры, и воды океана, и воздушные массы постоянно изменяются в пространстве и времени. К тому же в органическом мире (царство растений и царство животных) наблюдаются проявления самой сложной материи – живой. Вещество в пределах ландшафтной сферы отличается крайним разнообразием, множество химических соединений существует в этой тонкой пленке в самых критических условиях температуры и давления. Выше и ниже ландшафтной сферы наблюдается другая картина: однородные массы и условия простираются на больших пространствах, границы их немногочисленны и постепенны.

Хотя в ландшафтной сфере твердые, жидкие и газообразные тела довольно резко разделены, они все время проникают друг в друга: пыль и водяные пары насыщают атмосферу, грунтовые и ювенильные воды и воздух пронизывают земную кору, наносы, растворенные твердые вещества и тот же воздух содержатся в воде Мирового океана. И во все сферы проникает жизнь.

В ландшафтной сфере существует два основных вида энергии: электромагнитная (лучистая) энергия Солнца, притекающая на внешнюю границу Земли с интенсивностью 2 кал/см^2 мин, и энергия радиоактивного излучения горных пород в земной коре, поток которой через поверхность суши и океанов, направленный вверх, достигает 0,0001 кал/см^2 мин. Этот второй поток исключительно мал по сравнению с первым, но проявления внутренней энергии Земли велики и сравнимы с деятельностью солнечной энергии. Все зависит от условий, в которых энергия выделяется. Внутриземная энергия, выделяющаяся в виде тепла в толще массивных горных пород, производит в них коренные изменения. Она расплавляет одни породы, заставляет расширяться другие, а под давлением вышележащих слоев эти породы изгибаются, образуют складки, вспучиваются, иногда медленно, на протяжении миллионов лет, иногда бурно, ослабляя внутренние напряжения разрушительными землетрясениями.

Лучистая энергия по самой своей природе не способна непосредственно проникать в непрозрачные среды. Поэтому она входит в твердую земную кору только на глубину до 20 м, благодаря теплопроводности горных пород, а глубже – вместе с погребенными горючими ископаемыми. На поверхности Земли она нагревает массы воды и воздуха, которые при этом всплывают в верхние слои, вызывая приходящие им на смену течения в атмосфере и Мировом океане. Эти течения в виде ветра, морского прибоя и увлекаемых с воздушными потоками и вновь низвергаемых осадков постоянно обтачивают, обрабатывают земную кору. Их усилия всегда выражаются в денудации этой последней, т. е. разрушении, сглаживании, сполаживании гор, переносе разрушенного материала, заполнении и заилении котловин и океанов. Работая всегда в направлении силы тяжести, они стремятся придать Земле однообразную форму сфероида вращения.

Но тектонические движения вновь и вновь нарушают ровную поверхность, не давая солнечной энергии довести до конца ее работу. Причем внутренние (эндогенные) силы поднимают земную кору большими массами, не нарушая цельности ее дневной поверхности (за исключением вулканов), а внешние (экзогенные) стремятся нивелировать, все время обновляя эту поверхность.

На Земле есть и другие источники энергии: энергия приливов (преобразованная энергия вращения Земли в поле тяготения Луны и Солнца, которая, постоянно расходуясь, замедляет это вращение), энергия опускания наиболее тяжелых горных пород к центру Земли, энергия экзотермических (выделяющих тепло) химических реакций (действует вместе с радиоактивным распадом) и некоторые другие, не играющие большой роли.

В течение XX в. уточнялись наши представления о распределении тепла по поверхности Земли. Трудами В. В. Докучаева, А. И. Воейкова и Л. С. Берга не только была приведена воедино картина тепловых поясов зонального строения Земли, но и было объяснено в основном происхождение каждой зоны, связанное с распределением по поверхности земного шара солнечной энергии и всеобщей циркуляции атмосферы.

Следующее уточнение в теорию зональности внес А. А. Григорьев, обратив внимание на чередование на Земле влажных и сухих зон. Зоны повышенной влажности повторяются в каждом полушарии по три раза. Особенно много осадков выпадает около 70 и 30°, а также близ экватора. А температура от полюса к экватору повышается почти непрерывно. Различные сочетания тепла и влаги вызывают разные условия развития растительности, причем она развивается тем лучше, тем богаче и обильнее, чем больше соответствие между теплом и влагой, а также чем больше общее количество энергии, получаемой местностью. М. И. Будыко нашел для этой закономерности количественное выражение. Он показал, что процветание растительности зависит от величины радиационного индекса сухости R/Lr, где R – солнечная радиация; r – осадки; L – коэффициент скрытой теплоты испарения. От полюсов к

экватору это отношение сначала возрастает (в связи с возрастанием солнечной радиации R), затем падает (там, где начинается зона повышенных осадков и увеличивается r), затем снова возрастает до уровня более высокого, чем в предыдущем случае, вновь падает и т. д. При этом там, где отношение меньше единицы, т. е. тепла поступает меньше, чем может испариться ($R < Lr$), растительность страдает от излишков воды и на почве образуются болота, тундры. Процветание наступает там, где радиационный индекс сухости приближается к единице ($R = Lr$). Здесь почти вся влага, выпадающая на землю, испаряется через растительность, а остаток стекает в реки. Дальше индекс становится больше единицы ($R > Lr$), т. е. тепла приходит больше, чем нужно для испарения всей выпадающей воды. Излишек тепла сильно нагревает земную поверхность, наступает царство пустынь. Вместе с растительностью то становится богаче, то вновь угасает и животный мир, сменяются плодородные и скудные почвы, расцветает и беднеет сельское хозяйство. И это повторяется все с большей силой в каждом тепловом поясе по мере приближения к экватору. А. А. Григорьев и М. И. Будыко назвали открытое ими явление периодическим законом зональности.

В отличие от суши, в Мировом океане также имеются широтные тепловые пояса, но более дробное деление вряд ли можно означить, зато четко выражена *вертикальная ярусность*. Органическая жизнь здесь простирается на гораздо бóльшую глубину, чем на суше, причем одни ее формы располагаются над другими.

По мнению И. М. Забелина, ландшафтная сфера (по его терминологии – *биогеносфера*) трехмерна, поскольку имеет глубину. Он делит ее на объемные, а не площадные единицы; особенно много он находит их в море. В его схеме деления ландшафтной сферы (рис. 1.7) ландшафт представляется лишь узкой пленкой на суше, в то время как Д. Л. Арманд говорит и об океаническом ландшафте. К сожалению, объемным районированием океана географы занимаются еще мало, а интересы географов относятся преимущественно к суше, которую они районируют в первом приближении как двухмерную площадь.

Районирование суши – одна из важных задач физической географии в области изучения ландшафта. Простым делением Земли на природные зоны уже нельзя ограничиться, поскольку не все факторы в природе зональны. Например, общие черты рельефа или состав горных пород могут быть одинаковыми на крайнем севере и под экватором. Когда природная зона проходит через горный хребет, меняются все ее свойства. Если горы высокие, она даже может смениться другой природной зоной, которая на равнине проходит в гораздо более высоких широтах. Когда природная зона пересекает песчаные пространства, то ее почвы меняются на супесчаные, происходит смена растительности (еловые леса уступают место сосновым), в рельефе появляется легкая холмистость (как результат образования дюн), местность становится более сухой (в результате поглощения песком дождевой воды). В итоге наблюдается песчаный

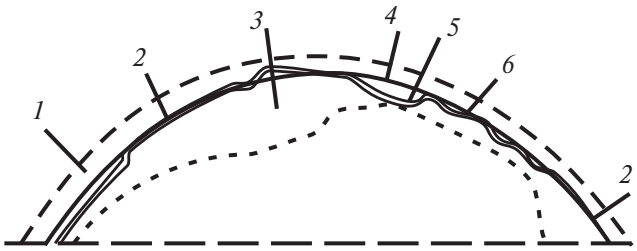


Рис. 1.7. Строение ландшафтной сферы по И. М. Забелину (Арманд, 1968):
комплексы: *1* – тропосферный; *2* – сухопутный; *3* – литосферный;
4 – поверхностно-океанический; *5* – абиссальный; *6* – донно-океанический

вариант той же природной зоны, и в этом случае отмечают наложение *зональных факторов* на *азональные*. Действие последних также подлежит изучению, для чего необходимо их вначале картировать. При районировании нужно придерживаться установленного порядка, определяемого соподчинением компонентов (составляющих) ландшафта. Изменение одних компонентов чрезвычайно сильно отзывается на других, и наоборот, обратное действие бывает лишь слабым и косвенным. Поэтому не все компоненты имеют в природе равное значение, а разделяются на определяющие (ведущие) и определяемые (ведомые) (рис. 1.8).

В такой примерно ряд можно вложить составляющие ландшафта. Каждый вышележащий элемент этой схемы определяющий по отношению к нижележащему. Земная кора и атмосфера в этом случае равнозначны, потому что каждый из них имеет независимый источник энергии и формируется относительно самостоятельно.

При физико-географическом районировании всегда выделяются участки в чем-либо схожие, родственные по природным условиям. Для любого хозяйственного начинания необходимо знание естественных границ территории, на которую можно распространить тот или иной вид ее осваивания – для размещения сельскохозяйственных культур и пород скота, отвода земель под мелиорацию, отбора подлежащих рубке лесов, для борьбы с эрозией, постройки курортов, выбора районов нового заселения, для научных целей и многого другого. Для каждого мероприятия приходится обращать внимание на особые черты природной среды, поэтому районирование для отдельной цели будет в каждом случае свое.

Было бы заблуждением думать, что районирование заложено в самой природе и требуется большое внимание, чтобы «заметить» территориальные границы. Многие изменения в природе, например климатические, происходят не резко, а постепенно. Поэтому так же изменяются и все зональные признаки: почвы, растительность, зависящие от климата. Рельеф азонален и накладывается на ту зональность самым непредсказуемым образом. Многие границы его тоже постепенны, например области отступания ледника или моря. В то же время более резкие границы оказываются

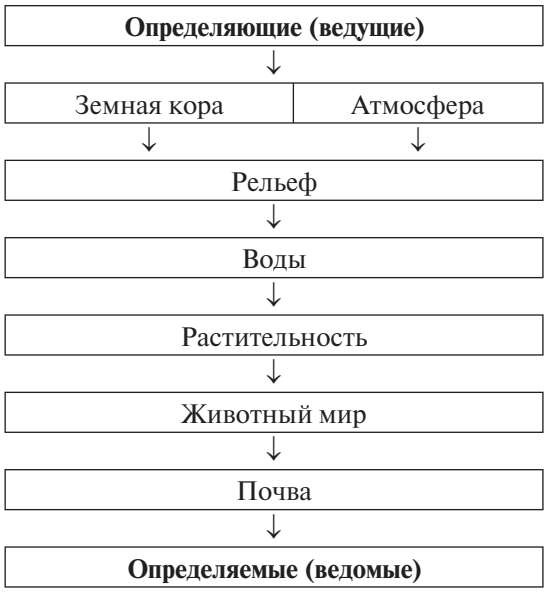


Рис. 1.8. Определяющие и определяемые компоненты природной среды (Арманд, 1968)

таковыми лишь в мелком масштабе. В процессе укрупнения карты и они расплываются; например, берега – границы морей – лишь на тех картах изображаются линией, на которых можно пренебречь зоной прилива-отлива. При таких условиях нельзя с уверенностью сказать, где заканчивается один тип ландшафта и начинается другой, надо ли выделить на местности 5 типов или 7. В этих случаях прибегают к количественным признакам. Условливаются, например, выделить в особый тип местности безлесные низменности, покрытые черноземной почвой. Безлесными договариваются считать территории, на которых лес занимает не больше 3 % площади, низменностями – равнины не выше 200 м над уровнем моря, а черноземами – почвы, содержащие не меньше 4 % гумуса. Вот тогда выделенная территория получает свою определенность и может быть установлена с точностью, которая зависит только от степени ее изученности. Естественно, что изменение введенных нами условностей приводит к несколько иному виду карты районирования. Обычно в качестве предельных цифр выбирают те, которые имеют хозяйственное или иное значение, а если такие неизвестны, то просто круглые цифры.

Как правило, границы для взятых нами признаков не совпадают друг с другом и районировать приходится по ступеням – скажем, сперва отделить низменности от возвышенностей (1-я ступень), потом в пределах низменностей выделить безлесные участки, отделив их от лесов (2-я ступень), затем подразделить по почвам на черноземы, каштановые почвы, солонцы и т. д. (3-я ступень). Проделав эти операции, мы постепенно врастаем в ландшафт. Если объектом районирования является весь Земной шар, то следует идти от определяющих компонентов к определямым. Вначале выделяют пояса, которые обладают единством только в термическом отношении, затем в их пределах – страны, обладающие единством и в термическом, и в тектоническом отношении, потом отрезки зон в пределах стран – это единство тепла, влаги и тектоники, затем провинции по геоморфологическим признакам.

Таким образом, деление объективно существующей природы – всегда обобщение, производимое человеком, результат деятельности его разума. И это не исключает того, что природа местами подсказывает географу, какие типы ландшафта имеет смысл выделять. Когда, например, относительно однородная местность тянется на большое расстояние, то ясно, что она заслуживает выделения в качестве особого типа, имеющего значение для большинства целей, которые могут быть поставлены. Мы тогда можем уверенно нанести на карту очаг или ядро данного типа, а затем уже можем договориться относительно признака, по которому следует проводить границу между этим и соседними типами.

Тем не менее иногда границы проводят сразу, «по комплексу признаков», хотя комплекс – понятие неопределенное, и районирование получается непоследовательным и произвольным, зависящим от интуиции и глазомера у автора.

Другим недостатком при районировании является неоднозначное понимание об «основных» и «наименьших» таксономических единицах. Существующие представления о ландшафте Земли в виде больших и малых плиток одного ранга и расположенных точно впритык друг другу, образуя своеобразный полог, подобно строению всех организмов из клеточек, а химических веществ – из молекул, являются весьма упрощенными. Кроме того, существует и предел деления, ниже которого географы не опускаются и принимают некоторые единицы за далее неделимые.

В отношении наименьших единиц районирования следует отметить, что части самой маленькой из них всегда отличаются друг от друга по какому-нибудь признаку. Только уровень развития науки и запросы практики позволят решить, до каких элементарно мелких единиц районирования следует вести те или иные работы при непрерывном возрастании детальности изучения природы.

ГЛАВА 2

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ НАУК ИЗУЧЕНИЯ ГЕОГРАФИИ ЗЕМЛИ

2.1. Диалектический материализм и география

Диалектический материализм – теоретическая основа научного мировоззрения, познания объективного мира, наука о наиболее общих законах движения и развития природы, общества и мышления, в том числе и географической действительности. Основные положения диалектического материализма: материальность мира, познаваемость мира и общественная практика – основа познания и критерий истины находят свое отражение и в развитии географической науки и практике природопользования.

Диалектический материализм – одно из двух главных философских направлений, которое решает основной вопрос философии в пользу первичности материи, природы, бытия, физического, объективного и рассматривает сознание, мышление как свойство материи.

Диалектика – теория и метод познания явлений действительности в их развитии и самодвижении; наука об общих законах развития природы, общества и мышления. Важными категориями диалектики являются: противоречие, качество и количество, случайность и необходимость, возможность и действительность, которые повсеместно проявляются (в том числе и в природной среде) в следующих трех законах:

- ***перехода количественных изменений в качественные***;
- ***единства и борьбы противоположностей***;
- ***отрицания отрицания***.

Законы диалектики можно конкретизировать на различных географических объектах, явлениях, процессах.

Закон перехода количественных изменений в качественные вскрывает наиболее общий механизм развития: изменение качества объекта происходит тогда, когда накопление количественных изменений достигает определенного предела, происходит *скачок*, т. е. смена одного качества другим. Как правило, такой скачок является *эволюционным*. Пример: торф – сланец – бурый уголь – каменный уголь – антрацит; снег – фирн –глетчер – ледник; озеро – болото низинное – болото переходное – болото верховое – суходольный луг.

Закон единства и борьбы противоположностей состоит в том, что развитие объективного мира и познания осуществляется путем раздвоения единого на взаимоисключающие противоположные моменты, стороны, тенденции; их взаимоотношения, «борьба» и разрешение противоречий, с одной стороны, характеризует ту или иную систему как нечто целое, качественно определенное, а с другой – составляет внутренний импульс ее изменения, развития, превращения в новое качество. Например, эндогенные процессы сменяются экзогенными; синклинали сменяются антиклиналями.

Закон отрицания отрицания характеризует направление развития. Его основное содержание выражается в единстве поступательности, прогрессивности и преемственности в развитии, возникновении нового и относительной повторяемости некоторых элементов, существовавших прежде. Примером может служить последовательное чередование ледниковых и межледниковых эпох на протяжении четвертичного периода.

К тому же действие нескольких законов может проявиться одновременно в развитии того или иного явления или процесса, указывая на сложность и многообразие их в природной среде. Пример: в неустойчивой тектонической зоне прогибается территория, начинается развитие синклинали, в которой накапливается большая толща осадков, которая уплотняется и проходит стадию преобразования; затем следуют процессы поднятия этой территории, вздымание глубоководных осадков, переход их из водной среды в воздушную, затем они сохраняются в форме антиклинали с последующим разрушением горных пород, сносом материала в понижения, накопления и повторного преобразования, на фоне разрушения созданной ранее горной системы, вплоть до ее выполаживания. Здесь закон единства и борьбы противоположностей проявляется в постоянном преобразовании рельефа (эндогенные и экзогенные силы), закон отрицания отрицания проявляется в смене синклинали антиклиналью, а закон перехода количественных изменений в качественные проявляется в новом рельефе.

Идеи материализма противостоят **идеализму**, учению, утверждающему первичность духа, идеи, сознания, мышления, психического, субъективного.

Противоположные диалектическому материализму философские течения:

- **метафизика (метафизический материализм)** отрицает или ставит под сомнение существование чего-либо вне ощущений, учение о недоступных опыту принципах бытия;
- **объективный идеализм** признает существование абсолютного духа или бога вне и независимо от человеческого сознания;
- **реализм** – идеалистическое направление, признающее лежащую вне сознания реальность, которая истолковывается либо как бытие идеальных объектов, либо как объект познания, независимый от субъекта, познавательного процесса и опыта;
- **механицизм** – односторонний мировоззренческий принцип, объясняющий развитие природы и общества законами механической формы движения материи;
- **дуализм** – философское учение, исходящее из признания равноправными двух начал – духа и материи, идеального и материального;
- **монизм** – способ рассмотрения многообразия явлений мира в свете единой основы (субстанции) всего существующего;
- **плюрализм –** философское учение, утверждающее существование нескольких или множества независимых основ, начал бытия или основания знания;
- **агностицизм** – убеждение в непознаваемости мира для сознания.

2.2. Основные научные концепции о геологическом и географическом прошлом Земли

Земля как космическое тело представляет собой значительный интерес для познания эволюции планет Солнечной системы. Геологическое строение Земли, ее возраст и развитие географической оболочки изучает целый ряд естественных наук. При этом каждая из них решает прежде всего три основные, универсальные задачи:

1) изучение отдельных предметов, явлений и природной обстановки прошлого во времени и пространстве;

2) исследование на базе палеогеографических реконструкций настоящего состояния геосистем как результата конкретного пространственно-временного развития;

3) прогнозирование тенденций развития природной среды на основе их анализа в прошлом и настоящем.

Решение этих задач невозможно без методологической базы, на которой основываются науки, изучающие геологическое и географическое прошлое Земли, и осуществляется в результате применения целого ряда общих и частных (специфических) методов.

Методические основы палеогеографии и других наук о геологическом прошлом Земли формировались в процессе борьбы концепций катастрофизма с одной стороны, униформизма и эволюционизма (актуализма и историзма) – с другой. В настоящее время методологической основой для физико-географических реконструкций являются принципы актуализма и историзма.

Теория **катастрофизма** понимает геологическую историю Земли как чередование длительных эпох относительного покоя и сравнительно коротких, но внезапных и глобальных катастроф, преображавших лик планеты и осуществлявших смену форм жизни. Выдвинутая в 1818 г. Ж. Кювье концепция катастроф (переворотов), во время которых на большей части планеты якобы погибало все живое, а опустошенные места впоследствии заселялись другими видами организмов, сохранявшихся во время катастроф в отдаленных районах, объясняла грандиозность прошлых преобразований Земли и преодолевала противоречие между господствовавшей убежденностью в неизменности видов и уже тогда прочно установленным фактом многократной смены в геологическом разрезе отличных друг от друга ископаемых флор и фаун. Согласно этой концепции в геологической истории Земли насчитывалось 27 глобальных катастроф, якобы приводивших к гибели всего органического мира. Последний формировался заново и поэтому был представлен новыми растительными и животными организмами, не связанными с ранее существовавшими. Каждый раз новые формы жизни становились все сложнее и совершеннее, чем предшествовавшие, однако никакого развития (эволюции) и изменений органический мир в периоды между катастрофами не претерпевал. Вместе с тем следует отметить, что катастрофы, и даже очень крупные, были в истории нашей планеты, но они никогда не принимали общепланетарных масштабов.

Положительна роль катастрофизма в развитии представлений и положений биостратиграфии (учении о резких границах между разновозрастными толщами и своеобразии органического мира; о руководящих формах окаменелостей, о сочетании медленных эволюционных и скачкообразных катастрофических изменений в развитии органического мира), что нашло отражение в **неокатастрофизме** – представлениях об одновременности на всей планете процессов горообразования; катастрофах во Вселенной, вызывающих повышение радиации наряду с гибелью одних групп организмов и быстрыми мутациями других, а также возникновением новых видов и родов организмов. При этом современная трактовка концепции катастроф уже не противоречит униформизму и эволюционизму.

Уже к концу первой трети XIX в. теория катастрофизма явно тормозила развитие науки. На смену ей постепенно пришла концепция **униформизма**, основоположник которой – Ч. Лайель (1830–1835), а предшественники – Ж. Б. Ламарк и К. Гофф. Униформизм считает, что геологическая история нашей планеты обладает преемственностью и целостностью.

В основе униформизма заложены следующие утверждения: а) силы, преобразовывавшие Землю на протяжении геологических эпох, однообразны по характеру и интенсивности (принцип однообразия); б) эти силы продолжают действовать и сейчас, но только медленно, непрерывно, без катастроф (принцип непрерывности); в) так как работа совершается за огромный промежуток времени, эти малозаметные изменения в сумме вызывают грандиозные преобразования земной поверхности (принцип суммирования незначительных отклонений в течение длительного времени).

Униформизм не отрицает возможности катастроф, но он не допускает их глобального характера. Отсюда Ч. Лайель сделал вывод об однообразии земных изменений во всех геологических периодах. Однако принятие этого тезиса отрицало прогрессивное развитие. Таким образом, униформизм ошибочно предполагал, что в геологическом прошлом действовали те же силы и с той же интенсивностью, что и сейчас, и для объяснений причин тех или иных событий в истории Земли знания, полученные при изучении современных геологических явлений и процессов, можно переносить на любую геологическую эпоху. При этом не учитывалось, что проблемы интерпретации палеогеографических условий связаны также и с неполнотой геологической летописи Земли.

Актуализм рассматривается как метод, при котором процессы прошлого объясняются исходя из представлений о современных процессах и явлениях. Метод и теория актуализма состоит в предположении, что в сходных условиях геологические процессы развиваются одинаково; поэтому, наблюдая современные природные процессы (деятельность рек, осадконакопление в водоемах, характер растительности, формирование почв и др.) или моделируя их искусственно (подвергая образцы горных пород воздействию высокой температуры и давлению), можно знать, как развивались аналогичные процессы в далеком прошлом. Данная идея была высказана еще М. В. Ломоносовым, а в 30-е гг. XIX в. Ч. Лайель сформулировал это положение в виде принципа «Современность – ключ к пониманию прошлого». Однако проводить полную аналогию между современными и протекавшими ранее физико-географическими процессами нельзя.

Основные факторы, ограничивающие широкое использование принципа актуализма, являются: эволюция физико-географических условий с ходом геологической истории, то, что современные осадки, в отличие от древних пород, еще не прошли стадии диагенеза, не говоря уже о последующих стадиях изменения пород (песок – песчаник – кварцит). В связи с этим, объясняя процессы геологического прошлого, исходя из представлений о современных явлениях, необходимо учитывать, что в прошлом, особенно удаленном, палеогеографическая обстановка и происходившие тогда процессы отличались от современных тем существеннее, чем более удалена от нас прошлая геологическая эпоха. Поэтому чем древнее изучаемые толщи, тем ограниченнее применение принципа актуализма, который можно использовать в основном к геологической истории Земли.

Историзм, основоположниками которого были К. Ф. Рулье и Ч. Дарвин, рассматривает действительность с позиции взаимодействия каждого положения или явления исторически, в связи с другими явлениями и опытом истории. В палеогеографии принцип историзма позволяет: а) изучить прошлые состояния геосистем в конкретных пространственно-временных обстановках; б) исследовать на основе палеогеографических реконструкций состояние географической оболочки в настоящее время как результата конкретного пространственно-временного развития; в) прогнозировать развитие и состояние геосистем на основе их анализа в прошлом и настоящем. Принцип историзма предполагает использование различных научных методов для палеогеографических реконструкций. Например, актуализм является одним из выражений сравнительно-исторического метода. В геологии исторический метод впервые был употреблен Ч. Лайелем при исследовании земной коры.

2.3. Роль эволюционного учения в развитии географических идей

История объектов, изучаемых географией, неразрывно связана с эволюцией жизни на Земле. Знание эволюции организмов и их сообществ, включая и эволюцию человека, необходимое условие плодотворного развития географической науки.

Начало теоретических географических открытий было положено человеком каменного века (неолита) в результате познания окружающей местности и дальних миграций по освоению новых территорий (Саушкин, 1976, 1980).

Древнейшие государства нуждались в познании соседних территорий и народов через путешествия и военные походы. В античную эпоху – в Древней Греции и позже в Древнем Риме – географические представления составляли совместное целое с философией, историей, медициной. От ***Геродота*** (486–425 гг. до н. э.) пошло изречение, что география – рукотворная история. ***Гиппократ*** (460–377 гг. до н. э.) высказал идеи, которые можно рассматривать как начало медицинской географии (связь быта, здоровья с окружающей природной средой). ***Аристотель*** (384–322 гг. до н. э.) – в известной степени родоначальник гидрологии, океанологии, метеорологии.

В эпоху эллинизма ***Эратосфен*** (273–192 гг. до н. э.) как «истинный отец географии» соединил в ней данные математики, физики, естествознания, истории. Его картографическими и географическими представлениями пользовался Колумб.

Страбон (64 г. до н. э. – 20 г. н. э.) подчеркивал важное значение географии для практики, освоения территории, положил зачатки районированию.

К. Птолемей (около 90–168 гг.) различал географию и хорографию (общую географию, соединенную с картографией, и страноведение).

В средневековье в странах Европы география не развивалась, а наследие античной географии Греции и Рима сохранялось и умножалось в арабских странах Ближнего Востока и Средней Азии в результате глубокого процесса земледельческого освоения внутренних равнин. Увиденное в дальних путешествиях описывается в книге Марко Поло (1298).

С эпохой раннего капитализма в Европе (эпоха Возрождения – XV–XVI вв.) связаны Великие географические открытия и начало развития естествознания. На карте мира ***Г. Меркатора*** (1512–1594) уже обозначились современные контуры материков, полуостровов, островов, морей; сокровищница географической науки пополнилась учением Н. Коперника (1473–1543) о месте Земли во Вселенной.

Ж. Боден (1530–1596) развил вопрос о связи человека и природы в зависимости от климата, рельефа, заболоченности, плодородия почв и т. п. ***А. Ортелий*** (1527–1598) выпустил в свет первый историко-географический словарь, составил атлас карт, обобщив данные Великих географических открытий. В России в конце XVI в. был составлен в рукописи знаменитый «Большой Чертеж» государства, пришедший позднее в ветхость.

Периодом становления в Западной Европе основанного на эксперименте естествознания был XVII в. – век бурного развития капитазизма. В Нидерландах в XVII в. появилась карта художника ***Я. В. Дельфтского***. ***Ф. Бэкон*** (1561–1626) в познании природы признавал накопление фактов. ***Р. Декарт*** (1596–1650) рассматривал в двух аспектах – протяженности и перемещения. ***Б. Варен*** (***Варениус*** – 1622–1650) создал направленный на удовлетворение потребностей мореплавания труд по общей физической географии (страноведение и краеведение), планетарным явлениям и их измерениям.

В России в XVIII в. шло заселение и хозяйственное освоение территории государства и сильное развитие разных видов хозяйства, а они требовали картографии и статистики. ***И. К. Кириллов*** (1695–1737) издал первое русское статистическое и экономико-географическое описание России (1831).

В. Н. Татищев (1686–1750) разделял географию: 1) по масштабу исследования (на универсальную – суша и воды всей планеты и ее частей; специальную – разные страны; топографию – части страны); 2) качествам (математическую – измерения Земли; физическую – природные условия; политическую – население); 3) переменам времени (древнюю географию, среднюю, современную).

М. В. Ломоносов (1711–1765) написал монографические труды о слоях земных, отдельных ее компонентах, большое внимание уделил освоению Русского Севера, морского пути через льды Арктики на восток. ***С. П. Крашенинников*** (1711–1755) по-

святил свои работы комплексному описанию Камчатки. ***Б. Вахушти*** (1696–1772) написал фундаментальный труд «География Грузии» с картами, задолго до Гумбольдта дал представление о вертикальной поясности диких и культурных растений. Русская научная географическая школа Татищева – Ломоносова оказала влияние на исследования России – экспедиции зоолога и ботаника ***П. С. Палласа*** (1741–1811), зоолога ***И. Гюльденштедта*** (1745–1781), зоолога и этнографа ***И. Георги*** (1729–1802) по исследованию природных условий; ***В. Ф. Зуева*** (1754–1794), ***И. И. Лепехина*** (1740–1802) и др. по исследованию не только природы, но и населения и хозяйства севера Европейской России.

В Западной Европе француз ***Ш. Монтескъе*** (1689–1755) исследовал влияние природы на жизнь народов, а ***Т. Мальтус*** (1760–1834) уделил внимание проблеме роста населения.

В конце XVIII – начале XIX в. в ряде стран Европы начался промышленный переворот – переход капиталистического производства от мануфактуры к фабрике, от ручного труда к машинному. Этот технический прогресс способствовал освоению и использованию природных ресурсов в значительных масштабах. В этом процессе активное участие приняли и крупнейшие ученые, результаты работ которых повлияли на развитие географии.

Истоки эволюционного учения в географии прослеживаются с XVIII в. Один из основоположников теории эволюции ***Бюффон*** (1707–1788). С ***И. Канта*** (1724–1804) началась пространственная концепция географической науки, изолированное рассмотрение природы и человека. ***Гегель*** (1770–1834) написал о метеорологическом процессе как о противоречивом тождестве взаимодействующих стихий. ***К. Вольф*** (1734–1794) в своих работах развил теорию возникновения организмов, в которой были изложены основы эмбриологии. Но то, что у него было гениальным предвосхищением, приняло определенную форму у ***О. Ламарка*** и ***К. Бэра*** (1792–1876).

О. Ламарк (1744–1829) построил целостную картину эволюции организмов от инфузорий до человека; он задолго до Дарвина высказал предположение о происхождении человека от близких к обезьянам живущих на деревьях высших четвероруких животных; очень большое значение в эволюции организмов он придал влиянию окружающей среды.

Яркой страницей эволюционного учения была изданная в 1775 г. в Лейпциге книга русского зоолога и пчеловода ***А. Каверзнева*** «О перерождении животных», в которой он причинами изменчивости животных считал влияние на них окружающей среды и одомашнивание их человеком.

Создание основ новой географии XIX в. принадлежит таким крупным ученым, как ***А. Гумбольдт***, ***К. Риттер***, ***И. Тюнен***, ***К. Арсеньев***.

А. Гумбольдт (1769–1859) – основоположник сравнительной физической географии, целостно воспринимавший природу, начал создавать учение о ландшафтах. ***К. Риттер*** (1779–1859) тоже создатель сравнительной физической географии, землеведения, прослеживал связи природы и человека через историю. ***И. Тюнен*** (1783–1850) создал математическую пространственную модель систем сельского хозяйства с учетом природной среды; в своем труде науку о географических отношениях он неразрывно связывал с политической экономией. ***К. Арсеньев*** (1789–1865) в книгах по географии и статистике представил подробную характеристику городов России в совокупности с оценкой природной среды, принципов экономического районирования.

Идеи историзма природы, изменчивости организмов под влиянием окружающей среды высказывали предшественники Ч. Дарвина – ***М. Таушер*** (род. около 1780 г.), ***Я. Кайданов*** (1779–1855), автор книги «Четвертичность жизни» (1813), ***Л. Боянус*** (1776–1827), ***К. Бэр*** (1792–1876), ***Х. Пандер (***1794–1865), ***Д. Соколов*** (1788–1852), ***Э. Эйхвальд*** (1795–1876) – автор книги «О границах животного царства и степенях его развития» (1821), «Специальная зоология» (1829–1831), ***П. Горянинов*** (1796–1865) – высказал точку зрения на эволюцию в виде спиралевидной схемы эволюции органического мира, ***Г. Шуровский*** (1803–1884).

Ч. Дарвин (1809–1882) – английский биолог, видел природу в целом, реальные сложные связи между отдельными ее явлениями; три великих его произведения «Происхождение видов» (1859), «Изменения в условиях одомашнения» (1868) и «Происхождение человека (1871)» создали эпоху в естествознании – открытия теории развития, роли естественного отбора.

Теория развития Дарвина оказала исключительно большое влияние на развитие науки. Еще при жизни Дарвина рядом с ним работали и развивали положения эволюционного учения такие крупные ученые, как ***А. Р. Уоллес*** (одновременно с Дарвином пришел к идее естественного отбора), ***Т. Г. Гексли***, ***Дж. Д. Гукер***, ***Аза Грей***, ***Э. Геккель***, ***В. О. Ковалевский***.

В России теория Дарвина получила благодатную почву для творческого развития многих ее положений. В среде его учеников и последователей – ***К. Ф. Рулье*** (1814–1858), который указал на необходимость изучения родной природы и местной фауны. И хотя он не достиг высот Дарвина, но зато значительно опередив, проявил большое новаторство и по широте и глубине экологических идей, по анализу прямого воздействия окружающей среды на развитие и особенности органического мира, заложил основы экологии.

Н. А. Северцов (1827–1885) – самый выдающийся ученик Рулье, органично соединил географические и биологические идеи, высказал ряд идей эволюционной теории до Дарвина и стал творческим дарвинистом после появления «Происхождения видов». Его работы были глубоким экологическим исследованием родного края с целью установления влияния внешней среды (более всего климата) на жизнь животных; в горах Средней Азии он установил вертикальные природные пояса, представил широкие обобщения по зоологическим (преимущественно орнитологическим) областям внетропических частей материка, выделил и охарактеризовал состав животного мира пяти природных зон.

Эволюционное учение повлияло на развитие и ботанической географии в работах швейцарского ботаника ***А. де Кандоля*** (1810–1893). Эти работы, особенно последняя, уже в наше время были высоко оценены ***Н. И. Вавиловым***, который посвятил памяти де Кандоля свой замечательный труд «Центры происхождения культурных растений» (1926).

Из русских ботанико-географов-дарвинистов необходимо отметить ***А. Н. Бекетова*** (1825–1902), который опубликовал «Географию растений» (1855), затем «Географию растений. Очерк учения о распространении растительности на земной поверхности, с особым прибавлением о Европейской России» (1896). Среди учеников Бекетова были такие географы и ботанико-географы, как ***Г. И. Танфильев***, ***А. Н. Краснов***, о которых речь пойдет дальше. Им, так же как ***К. А. Тимирязеву*** и ***И. И. Шмальгаузену***, Бекетов передал многие научные идеи и традиции Рулье – Северцова, расширив рамки научной школы этих основоположников экологического направления.

Влияние учения Дарвина на развитие естествознания и обществоведения огромно. Энгельс не раз сопоставлял Маркса с Дарвином, подчеркивая, что эти великие ученые открыли основные законы исторического развития: *Маркс* – закон, определяющий движение и развитие человеческой истории, а *Дарвин* – закон развития органического мира на нашей планете. Энгельс специально рассмотрел смысл сходства законов, открытых Марксом и Дарвином, который заключался в применении обоими исторического метода.

По мнению **Д. Н. Анучина** (1909), благодаря дарвинизму новый смысл получили такие науки, как биогеография, антропология, психология, история культуры и многие другие, а среди выдающихся русских дарвинистов можно назвать ***А. Н. Бекетова***, ***В. О. Ковалевского***, ***И. М. Сеченова***, ***К. А. Тимирязева***, ***М. А. Мензбир***, ***И. П. Павлова***, ***И. И. Мечникова***.

История эволюционного учения в XVIII–XIX вв. переплелась с историей географических идей. Почти все крупнейшие эволюционисты до Дарвина, сам Дарвин и его последователи проводили экспедиционные исследования, изучая природу как целое, были не только биологами (зоологами, ботаниками, врачами и т. д.), но и, в той или иной степени, географами. Эволюция органического мира ими рассматривалась в не-

разрывной связи с историей окружающей природной среды. Особенно важна тема влияния природной среды (внешней природы) на эволюцию на образ жизни организмов, на отношение их друг к другу. *Эволюционное учение привело к появлению экологии.* В свою очередь, экология сильно повлияла па эволюционную теорию, сделала ее более материалистичной, освободила ее от схематизма, обогатила огромным конкретным материалом о связях образа жизни организмов с историей окружающей среды.

География получила от эволюционного учения прежде всего идею развития, которая была у отдельных наиболее крупных географов прошлого, но не охватывала науку в целом. После Рулье, Дарвина, Северцова отсутствие исторического подхода в географии стало анахронизмом, проявлением реакционного духа в науке.

Эволюционное учение, становление и развитие экологии дали географии мощный стимул к изучению жизни, к рассмотрению органического мира как наиболее важного компонента природы в целом. Орогидрографический «крен» географии прошлого был явно выправлен.

Эволюционное учение в его полном виде немыслимо без обоснования природы наследственности. Предположения Дарвина о механизме передачи наследственных черт организмов не подтвердились еще при его жизни. В 1865 г. **Г. Мендель** (1822–1884) открыл закон наследственности.

Л. С. Берг по результатам своих работ поставил крупные проблемы макроэволюции, в специальной главе «Географический ландшафт как образователь органических форм», сказано: «Географический ландшафт воздействует на организмы принудительно, заставляя все особи варьировать в определенном направлении, насколько это допускает организация вида». Он придавал большое значение скачкам эволюции организмов – мутациям – и считал, что эволюция имеет дело не с отдельными индивидумами, а с громадными массами особей и что новые географические формы должны получаться массовым путем.

За последующие полвека 40–50 крупнейших ученых из ряда стран создали синтетическую теорию эволюции. Существен был синтез теории естественного отбора с генетикой, экологией, биогеохимией и т. д. Очень важен для развития теории эволюции новый популяционный подход, при котором элементарной единицей локальная популяция тесно связана с географическим ландшафтом.

2.4. Научные школы

Важную для развития географии проблему взаимодействия природы и общественной жизни людей решали К. Маркс и Ф. Энгельс со второй половины XIX в.

К. Маркс писал, показывая уже тогда образцы диалектического мышления, что **общество есть законченное сущностное единство человека с природой, подлинное воскресенье природы, осуществленный натурализм человека и осуществленный гуманизм природы.**

Маркс впервые в истории науки раскрыл диалектику единства природы и жизни людей, показав, что такое единство существует только в обществе, что само общество есть законченное сущностное единство человека с природой.

В материалистическом представлении Маркса и Энгельса нет пропасти, резких различий между природой (естествознанием) и обществом (историей). Обе эти стороны неразрывно связаны: до тех пор, пока существуют люди, история природы и история людей взаимно обусловливают друг друга; а всякое историческое исследование должно исходить из природных основ. Они обратили большое внимание на огромные размеры изменения природы человеческой деятельностью, в результате чего от природы, которая предшествовала человеческой истории, мало сохранилось.

По мнению Маркса и Энгельса, система «Общество» есть взаимодействие человека с человеком и человека с природой. Она несет в себе и отношения к природе, и произ-

водственные отношения людей. Чем более развиты отношения людей к природе, т. е. чем сильнее и рациональнее люди видоизменяют и используют природу, тем сложнее и производственные отношения.

В их взглядах уже сам материалистический исторический взгляд на мир и человечество исключает противопоставление природы и общества.

Люди господствуют над природой лишь в меру познания ее законов и разумного применения этих законов в производстве. Воздействуя на внешнюю природу и изменяя ее, человек в то же время изменяет и свою собственную природу.

Эти основные положения марксизма о диалектическом единстве природы и общества и о взаимодействии и единстве естествознания и общественных наук имеют прямое отношение к географии, о целостности (единстве) системы географической науки, о взаимодействии трех главных ее составляющих отраслей – физической географии, экономической географии и картографии, о географическом анализе и синтезе, о создании общегеографических трудов.

География изучает среду, в которой развивается жизнь – от ее низших форм до высшей, т. е. социальной формы. При этом жизнь оказывает всевозрастающее обратное воздействие на эту среду, вплоть до сильнейшего ее изменения могучим производством и жизнедеятельностью современного человечества. Следовало понимать, что география изучает сложные системы окружающей среды (геосреды) и их изменения в результате саморазвития природы и взаимодействия общества. Взаимодействие природы и общества, их взаимопроникновение, ведущее к их единству, есть основной процесс во всей системе географических наук, рассматриваемый во времени и пространстве.

Раскрывая единство природы и человека, Маркс и Энгельс видели в нем единство противоположностей и указали на «месть» природы, если человек не считается с ее законами, если, преследуя близкие цели, он не учитывает долговременность взаимодействия с природой.

Построение развитого общества требует решения многих сложнейших вопросов. Для этого была необходима и географическая теория, чтобы решить вопросы о будущих круговоротах веществ нового общества с природой, о будущем расселении людей, о судьбе больших городов, о рациональном размещении промышленности, о выборе оптимальной специализации сельского хозяйства разных стран и районов, о мировом разделении труда, об использовании и охране природы в интересах всего народа.

Маркс и Энгельс начали новую эпоху в развитии науки и общественной жизни. Диалектическое единство различных сторон целого, рассмотренное в свете марксистской теории, позволило науке прийти к новым выводам и предположениям.

Для географии марксизм открыл три вехи эволюции Маркса: природа → человек → общество – как пути синтеза разнородных явлений и процессов – с позиций материалистической диалектики, истории и природы, и общества и впервые обосновал идею научного предвидения, разрушив искусственные перегородки, возведенные между отдельными науками, открыл простор тому сопряженному рассмотрению природы, человека, техники, хозяйства, которые мы теперь называем системным (или комплексным) исследованием.

Современниками марксизма также внесен большой вклад в географию с позиции взаимоотношений человека и природной среды. В XIX в. капитализм вовлек в производство огромные территории и природные ресурсы, нашу планету покрыла сеть железных дорог, были распаханы гигантские площади, сведены большие массивы лесов, стали разрабатываться многочисленные месторождения сырья и топлива, прежде всего каменного угля, возникли промышленные города, появились большие промышленные и сельскохозяйственные районы. Лик земной поверхности стал быстро изменяться. Этот процесс изменения природы капиталистическим производством был замечен рядом передовых ученых – современников Маркса и Энгельса.

К. Фраас (1810–1875) в книге «Климат и растительный мир во времени, их история» (1847) указал на продвижение степной растительности и южных растений на север с развитием культуры человека.

Д. И. Писарев (1840–1868) – дал представление о круговороте в природе, в который он включил и деятельность человека; он говорил о сознательном вмешательстве человека в природу.

Г. П. Марш (1801–1882) в книге «Человек и природа» (1864) говорил о человеке, как о разрушителе гармонии природы; наметил пути целенаправленной реконструкции природы (гигантские инженерные сооружения, мелиорация, насаждения лесов, обогащение флоры и фауны); однако считал, что природа изменяется настолько медленно во времени, что человек практически имеет дело со стабильной природной средой.

П. А. Чихачев (1808–1890) придавал большое значение человеческой деятельности, изменяющей природу.

А. Ф. Миддендорф (1815–1894) – один из первых русских экологов показал динамику природы и роль человека в радикальном изменении природы.

Э. Реклю (1830–1905) за 20 лет написал 19 томов географического описания планеты («Земля», «Земля и Люди», «Человек и Земля») с далеко идущим планом разумного преобразования природы в интересах всего человечества.

Л. И. Мечников (1838–1888) в работе «Цивилизация и великие исторические реки» отметил тесную связь человеческой истории с окружающей средой, понимая под ней не первосозданную природу, а уже измененную трудом предшествующих поколений; он утверждал, что «не плодородие почв в долинах рек Нила, Тигра, Евфрата, Инда, Ганга послужило причиной расцвета великих цивилизаций, а наоборот – история орошаемого земледелия привела к превращению заболоченных речных долин в плодородные житницы, питающие многие миллионы людей за труд нескольких дней».

П. А. Кропоткин (1842–1921) не мог представить себе такой географии, из которой был бы исключен человек; с 1886 по 1917 г. он жил в Англии и в большой степени содействовал развитию комплексной географии в этой стране.

А. И. Воейков (1842–1916) гениальный географ, оказал влияние на развитие этой науки во всем мире. В его работе «Климаты земного шара» (1884) климат был рассмотрен в трех аспектах: историческом, пространственном и системном (в связях с другими компонентами природы и отчасти с хозяйственной деятельностью). Он решительно выступал за степное лесоразведение и орошение степных почв.

Изучив воздействие человека на пески, Воейков сделал вывод о том, что во всех культурных странах, где земледелие существует без искусственного орошения, а отчасти и в последних, человек застал пески укрепленными, покрытыми растительностью и не угрожающими его полям и садам своею подвижностью. Те пески, которые существуют теперь в культурных странах, обязаны своим происхождением неосмотрительной вырубке лесов и пастьбе скота на порубках, т. е. истреблению растительности, которая, конечно, раз истребленная, восстанавливается с трудом.

Воейков рассмотрел естественную динамику климата и ее влияние на природу Средней Азии без указания на постоянное прогрессирующее усыхание Азии и предложил развернуть большие работы по ее орошению, научно обосновал рентабельность разведения субтропических растений на Черноморском побережье Кавказа.

Многолетние занятия проблемой воздействия человека на природу вплотную подвели климатолога Воейкова к экономической географии, а в последние годы его жизни – к комплексной географии.

Итак, развитие капитализма в XIX в. вызвало начало сильнейшего расхищения природных ресурсов и разрушение исторически сложившихся связей в природе. Первыми на это обратили внимание и дали объяснение процесса воздействия человека на природу Маркс и Энгельс. Их современники – Фраас, Писарев, Марш, Реклю, Меч-

ников, Кропоткин, Воейков – показали сложность воздействия человека на природу, противоречивость результатов этого воздействия, серьезно предупредили о его грозных последствиях. Некоторые из этих ученых высказали конструктивные предложения к целенаправленному изменению природных процессов. Ни один из них еще не смог гармонично охватить процесс круговорота веществ между природой и человеком с глубоким знанием истории природы общества, знанием физической и экономической географии. Для этого было достаточно стихийного материализма, а необходим диалектический и исторический материализм.

Проблемы районирования в XIX в.

Первым ученым в истории мировой науки, разработавшим стройную теорию районирования, был **Н. П. Огарев** (1813–1876). В 1847 г. он сформулировал основные положения экономического районирования – последовательно провел в своей работе мысль о районе как о реально существующем объекте; видел районы в динамике, и не только в прошлом и настоящем; но и в будущем; указал на то, что при районировании надо исходить из развития главных компонентов природы, производительных сил, и других основных объектов и явлений, которые выделяются резче и определяют будущее развитие района; указал на учет при районировании не только того, *что* размещено по территории, но и *как* оно развивается, каковы отношения объектов и явлений на территории района, каковы их связи.

П. П. Семенов-Тян-Шанский (1827–1914) в XIX в. свой вклад в развитие географической науки внес через формирование самостоятельной школы по районированию территорий.

Первые элементы учения о районах появились в работах русских ученых, особенно **К. И. Арсеньева**, но он, создав конкретную иерархию экономических районов России и определив систему показателей для их выделения, не углублялся в теорию районирования.

В 1842 г. в России издана первая «Карта промышленности Европейской России с показанием фабрик, заводов и промыслов, административных мест по мануфактурной части, главнейших ярмарок, водяных и сухопутных сообщений, портов, маяков, таможен, главнейших пристаней, карантинов и пр.» в масштабе 70 верст в дюйме (почти 1 : 3 млн), переизданная в 1853 г. с приложением большого тома «Очерки мануфактурно-промышленных сил России, служащие текстом промышленной карты в двух частях, составленные Пав. Крюковым». И хотя районирование, предложенное в «Очерках» – экономическое, но оно весьма органично соединяется с природным, так как «страны» выделены и по природным, и по экономическим признакам.

Глубоко обоснованное в научном отношении природное районирование, намного опередившее свое время, принадлежит **Э. А. Эверсману** (1794–1860), он подразделил Оренбургский край по сочетанию природных условий на три полосы, указав, что «разделение это основано на самой природе и важно для определения распространения растений и животных. Характеристики каждой полосы включали анализ геологического строения, рельефа, лесов, степей. Автор показал циклы растительности в течение года, связь между геологией, почвами, растительностью, животным миром.

История науки знает и о тех случаях, когда крупный естествоиспытатель становился не менее крупным экономистом. Речь о русском географе **П. П. Семенове-Тян-Шанском** – главе Русского географического общества, организаторе большинства прославленных экспедиций (Н. М. Пржевальского, Н. Н. Миклухо-Маклая и т. д.), создателе крупнейшей научной школы русской географии, придавшего ей мировую известность и очень большой международный авторитет.

Геолог и ботанико-географ, естествоиспытатель Тянь-Шаня, историко-географ, исследователь в области демографии, географии населения и, наконец, экономической географии в целом, П. П. Семенов-Тян-Шанский сделал особенно много в области теории и практики районирования.

Во время путешествия на Тянь-Шань Семенов (1948) установил и охарактеризовал четыре природных типа степи (четырех степных районов России); в Заилийском

крае он установил пять вертикальных зон, характеристики которых очень глубоки и принадлежат к числу лучших образцов анализа вертикальной зональности.

Семенов составил пять томов Географическо-статистического словаря Российской империи (1863, 1865, 1867, 1868, 1885). Страна была описана с большой детальностью. Крупные части России – Урал, Московская губерния разделены на части.

В 1871 г. П. П. Семенов-Тян-Шанский выступил с первым своим опытом районирования – Европейской России. Здесь в основу районирования положены главным образом природные различия территории.

Для всех географических наук большое значение имело первое не только в России, но и в мировой литературе крупномасштабное изучение Семеновым-Тан-Шанским типичных местностей. П. П. Семенов-Тян-Шанский более 40 лет руководил Русским географическим обществом и превратил его (единственный раз в истории!) в великолепную школу молодых исследователей, путешественников, океанологов, картографов, экономистов, среди которых Н. Н. Миклухо-Маклай (изучал народы Новой Гвинеи), Н. М. Пржевальский (изучал Уссурийский край, Центральную Азию), Г. Н. Потанин, М. В. Певцов, А. Л. Чекановский, И. Д. Черский, И. В. Мушкетов, А. П. Федченко, А. А. Тилло, П. А. Кротпоткин, А. И. Воейков, И. П. Минаев, Ю. М. Шокальский. Каждое из этих имен – выдающаяся веха в истории нашей науки, а вместе – это самое блестящее созвездие географов разных специальностей и более всего географов широкого профиля, комплексников.

Д. И. Менделеев (1834–1907) – гениальный русский химик, занимался проблемами районирования России, стремился при помощи науки и широкого использования природных ресурсов добиться быстрой ее индустриализации, занимался вопросами подъема русского сельского хозяйства, улучшения преподавания в университетах, развития и размещения нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, освоения Арктики, развития металлургии Урала на углях Сибири, широкого освоения ресурсов Донецкого бассейна, установления покровительственных железнодорожных тарифов, подземной газификации углей, орошения сухих степей и пустынь и многими другими. Он видел их решение в порайонном подходе, в экономическом районировании страны при наличии густоты населения, удобства путей сообщения для вывоза избытков производства и подвоза сырья и избыток легко и дешево получаемого топлива, а эти три условия очень неодинаково распределены в разных частях России. Он предложил разделить ее на области различного хозяйственного характера (группы губерний), назвал их экономическими краями и дал каждому из них краткую содержательную характеристику – показатели условий развития промышленности.

Менделеева можно считать и основоположником применения математики в решении географических проблем: он ввел понятие центрографии и вычислял центры территории, населения и отраслей хозяйства нашей страны, фиксируя и затем анализируя их перемещения с течением времени. Он раскрыл динамику пространственных закономерностей размещения явлений математическим методом. В отношении среднего и высшего образования Менделеев высказывался за серьезное изучение в русской школе природы, за рассмотрение Земли как среды, дающей хлеб, одежду, железо и другие ископаемые, надобные для жизни.

Таким образом, русская наука впервые начала теорию и практику районирования в XIX в. на основе принципа объективного существования районов.

Университетская географическая школа Д. Н. Анучина и современные ей западные географические школы

Если после смерти (1859) Гумбольдта и Риттера в зарубежной Европе на долгое время не оказалось ни одного географа, который мог бы заменить их или быть продолжателем их идей, то в России трудно было выбрать одного великого ученого. Реалистичнее назвать четырех из них, создавших основу русской географии до Октябрь-

ской революции»: «дедушку» – Семенова-Тян-Шанского и трех «отцов» русской географии – **Воейкова**, **Докучаева** и **Анучина**.

Д. Н. Анучин (1843–1923) создал исключительно большую и сильную университетскую географическую школу в Московском университете, а в последующем через своих выпускников и в других университетах России. Ученый с исключительной разносторонностью интересов (география, антропология, этнография, археология, история науки, история и методология географии, гидрология – с лимнологией, картография, геоморфология, страноведение), основные труды он посвятил антропологическим и этнографическим исследованиям, будучи последовательным дарвинистом и противником расизма.

Понимая, что география сможет приобрести авторитет в народе и в науке только через осуществление оригинальных и нужных практике конкретных работ, Д. Н. Анучин взялся за географические исследования верховьев Волги и верхневолжских озер (и верховьев Западной Двины), важных для судоходства по Волге и для водоснабжения Центрального района России. Он заложил основы русской лимнологии и вырастил своих учеников – **П. Г. Игнатова**, **Л. С. Берга**, совместно впервые применивших на примере озер системный комплексный географический анализ. Начало будущей геоморфологии положило изучение Анучиным Валдайской возвышенности.

Не менее важной является прогрессивная позиция Д. Н. Анучина в отношении географии, которая не представляет из себя замкнутой науки, а является комплексом из целого ряда наук, способных разрабатываться каждая сама по себе. Он подразделил географию:

а) на общую, или общее землеведение: которая включает астрономическую (или математическую) географию, геофизику или физику земного шара), физическую географию (орография, океанография, климатология), биологическую географию (география растений, география животных, география человека);

б) частную, или страноведение, выделив особо историю географии.

В 1902 г. Д. Н. Анучин выделил собственный материальный объект географии, – наша планета, Земля, в ее отношении к другим мировым телам, а главное в самой себе, сложившейся из ее атмо-, гидро-, лито- и педисферы, так и ее био- и антропосферы. Анучин видел картину активного изменения человеком природы (изменения газового состава и температуры атмосферы под влиянием развития производства).

Научная школа обычно формируется большим ученым вокруг определенного журнала. Д. Н. Анучин в 1894 г. начал выпускать московский географический журнал «Землеведение» (ныне это ежегодник), был одним из редакторов московской «профессорской» газеты «Русские ведомости». Научная школа Д. Н. Анучина достаточно велика, видными учеными-географами только из Московского университета (без антропологов и этнографов) стали ***А. С. Барков***, ***Л. С. Берг***, ***В. В. Богданов***, ***М. С. Боднарский***, ***А. А. Борзов***, ***С. Г. Григорьев***, ***А. Н. Джавахишвили***, ***Б. П. Дитмар***, ***Б. Ф. Добрынин***, ***А. А. Ивановский***, ***П. Г. Игнатов***, ***И. М. Крашенинников***, ***А. А. Крубер***, ***В. Ф. Пиотровский***, ***В. Н. Сементовский***, ***И. П. Силинич***, ***С. В. Чефранов***, ***И. С. Щукин*** и др. Как правило, они специализировались на изучении какого-то компонента природы и одновременно выступали как страноведы или работали над решением комплексных вопросов, уделяя внимание «человеческому элементу».

Л. С. Берг работал в географии и биологии (особенно ихтиологии) при исследовании озер Средней Азии (Аральское море, Иссык-Куль, Балхаш), Западной Сибири, публиковал работы по природному районированию Сибири и Туркестана и за комплексным изучением отдельных явлений и объектов видел интегральный объект географии – **ландшафт** – новое направление географической науки.

А. А. Борзов также развивал научные идеи географического синтеза путем исследования ландшафтов. Проводя оценку земель Черниговской (совместно с Бергом), Пензенской и Уфимской губерний, наряду с изучением генезиса форм рельефа, он заложил начало ***гео-***

морфологии Русской равнины. Его интересовали вопросы взаимосвязи компонентов природной среды, законы распространения ландшафтов и взаимного влияния друг на друга.

Среди представителей западных географических школ 1870–1910-х гг. следует отметить ***Оскара Пешеля*** (1826–1875), который сравнительно-географический метод Гумбольдта – Риттера применил к конкретным относительно небольшим типам земной поверхности, описывая фиорды, острова, озера, долины рек, горы в качестве «типов местности», поскольку сочетал рельеф с прочими компонентами природы на поверхности нашей планеты. Он не отвергал исторического подхода в географии и необходимости изучения ею взаимодействия человека и природы.

Фердинанд Рихтгофен (1833–1905) – знаменитый путешественник по Китаю, исследователь лессовых областей и форм рельефа, придавал большое значение геологическим процессам формирования земной поверхности. Высшую цель географии он видел в установлении взаимодействия человека с неорганической и органической природой земной поверхности; он включал в систему географических наук географию человека, которая, по его мнению, сотрудничая с антропологией, этнографией, статистикой, служит хорошим мостом между естествознанием и социальными науками. Его заслуга состоит в том, что он не противопоставлял общее землеведение и региональную географию.

Фридрих Ратцель (1844–1904) заложил основы антропогеографии (географии человека), развивал идею об общности между группами животных и группами людей в их жизни, размещения, взаимодействии с окружающей природой. Антропогеографическая концепция Ратцеля включала наиболее реакционные идеи Риттера и вызвала в качестве «противодействия» концепцию ***Георга Герланда*** (1833–1919), который настаивал на том, чтобы география была землеведением в полном смысле слова, т. е. наукой о земном шаре с исключением из нее человеческой деятельности и ее связи с природой. Поэтому эта концепция Герланда и не была принята в России.

В области ландшафтоведения появились новые труды за рубежом. В Германии – это **Отто Шлютер** (1872–1952; ученик Рихтгофена, он занимался изучением культурных ландшафтов, их развитием в доисторическое время и преобразованием под воздействием человека) и **Зигфрид Пассарге** (1867–1958); во Франции – **Поль Видаль де ла Блаш** (1845–1919; ***З. Пассарге*** шел к ландшафтоведению от полевых исследований ландшафтов в Алжире и Венесуэле как сложных природных образований; он выделял типы ландшафтов как типы пространственных систем со взаимосвязанными компонентами природы) и в Австрии – **Альберт Пенк** (1858–1945).

П. В. де ла Блаш изучал взаимодействия человека с окружающей его средой в небольших однородных местностях и заложил основы теории «отбора» («поссибилизма») человеком таких возможностей природы, которые соответствуют его способу жизни сделал «географию человека» более консервативной, аполитичной, описательной и далекой от реальной жизни).

Альфред Геттнер (1859–1941) был одним из самых видных современников школы Д. Н. Анучина. Он теоретически обосновывал такую географию, которая бы не расплывалась в разные стороны, не разменивалась бы на частности, не захватывалась бы геологией, геофизикой, ботаникой, зоологией, экономикой и другими науками, а имела бы сущность, относящуюся только к географии и ни к какой другой науке. Но в основу своей теоретической концепции Геттнер положил старые идеи Риттера о «заполнении пространства», не выдерживавшие критики.

Сила анучинской школы в дореволюционный период заключалась в реалистичности, связи с жизнью, историзме географии.

Научная школа В. В. Докучаева и географическая наука

Профессора Петербургского университета В. В. Докучаева (1846–1903) следует назвать основоположником современного направления географии в масштабе мировой науки. Он исследовал реки европейской России, интересовался образованием речных долин,

изучал почвы и составил программу по исследованию русского чернозема. Он утверждал, что типы и география почв «находятся в самой теснейшей генетической связи с историей нашей планеты» и что лишь география почв позволяет решить вопрос об их происхождении и свойствах». Им сформулированы основные положения почвоведения, главное из которых в том, что почва – самостоятельное естественноисторическое тело, зависящее от климата, рельефа, материнских пород (геологии) и деятельности организмов.

В. В. Докучаев организовал комплексные экспедиции для испытания и учета лесного и водного хозяйства в степях России, на определение мер борьбы с засухами и неурожаями, своими руками заложил лесные полосы в Каменной степи, как важный центр изучения роли полезащитных лесных насаждений в изменении водного, почвенного и климатического режимов степей. Он возглавлял созданную им комиссию для естественно-исторического, сельскохозяйственного и гигиенического исследования Петербурга и его окрестностей – первого комплексного географического исследования большого города.

Одна из вершин научного творчества и развития идей Докучаева – работы по русскому черноземy, без точной географии которого нельзя верно решить вопрос о его происхождении, климате страны, ее новейшей геологической истории; он провел районирование «черноземной России» по шести районам на основании орографических, почвенных и частью геологических особенностей.

Докучаев видел в установлении закономерных отношений между возрастом местности и компонентами природы ключ к объединению задач и методов геологов, физико-географов, почвоведов, биологов, что «позволит нам предсказывать почвы, а это и есть заветная мечта всякой науки».

Докучаев правильно связывал оскудение водных ресурсов степи и лесостепья с хищническим воздействием на леса и степную целину человека, а не с изменениями климата.

Докучаев четко определил объект новой науки – учение о зонах природы, установил закон мировой зональности природы на суше, в морях и океанах. Закон мировой зональности Докучаева (как закон связей в геоформациях) сделал географию из науки, «расплывающейся во все стороны», наукой с ясно очерченным объектом исследования, методами, целями, результатами.

Школа Докучаева настолько сильна в научном отношении, настолько оказалась новаторской и творчески плодотворной, что обогатила многие науки: геологию, минералогию, почвоведение, ботанику, учение о лесе. В числе наук, на которые идеи Докучаева оказали сильнейшее влияние, находится и география.

Непосредственными учениками Докучаева по Петербургскому университету и по его трем крупнейшим экспедициям были минералог и геохимик ***В. И. Вернадский***, геолог и петрограф ***Ф. Ю. Левинсон-Лессинг***, почвоведы ***Н. М. Сибирцев***, ***К. Д. Глинка***, ботаник и географ ***А. Н. Краснов***, ***Г. И. Танфильев*** и ***Г. Н. Высоцкий***, гидрогеолог ***П. В. Отоцкий***, основоположник учения о лесе ***Г. Ф. Морозов*** и многие другие. К числу «докучаевцев» второго поколения принадлежат почвоведы и географы ***Л. И. Прасолов***, ***Б. Б. Полынов***, ***С. С. Неструев***, ботаник и географ ***В. Н. Сукачев*** (ученик Г. Ф. Морозова), геохимики ***А. Е. Ферсман*** и ***А. П. Виноградов*** (ученики В. И. Вернадского). К «докучаевцам» третьего поколения относятся их ученики почвоведы и географы ***Ю. А. Ливеровский***, ***И. П. Герасимов***, ***М. А. Глазовская***, ***А. И. Перельман*** и др.

Научные географические школы нового этапа

После Октябрьской революции работы ученых докучаевской школы сыграли огромную роль в становлении советской географической науки и в применении научных достижений в жизни, в практике строительства. Советские географические школы, имея в ряде случаев глубокие корни в старых школах, новы и по своей методологии, и по методике исследований, и по своим связям с жизнью народа, с практикой. Далеко не все ученые принадлежат к той или иной школе. Есть яркие, крупные географы-лидеры, которые идут собственным путем, непохожим на уже проторенные коллективами научных школ, и работают во всех областях географической науки. Следует остановить-

ся лишь на некоторых наиболее прогрессивных научных школах советских географов, которые получили наиболее широкое признание в отечественной и мировой науке.

С анучинской школой преемственно связана советская физико-географическая школа ***Берга – Борзова***. ***Л. С. Берг*** и ***А. А. Борзов*** (1939) справедливо считаются основоположниками ландшафтного направления советской физической географии. Они разработали основы комплексного исследования систем взаимодействующих компонентов окружающей природы (осадочные породы, рельеф, озера, климат и т. д.) и ее оценки с точки зрения производства и жизни людей. Для этой школы характерно рассмотрение многих компонентов природы географически, сквозь призму конкретных ландшафтов и изучение ландшафтов на фоне закономерностей истории и географии тех или иных компонентов природы. Оба ученых понимали, что с изменением какой-нибудь части ландшафта изменится и ландшафт; в изучении ландшафта очень существен историзм: понять ландшафт можно лишь тогда, когда известно, как он произошел и во что со временем превратится – так Берг положил начало палеогеографии.

В своих работах Берг придавал большое значение воздействию человека на ландшафт и изучению природных процессов, возникающих в результате преобразования природы; именно он ввел в нашу литературу представление о культурном ландшафте.

Борзов высоко ценил совместные работы физико-географов и экономико-географов, стремление к высокому научному уровню географического синтеза, к проведению комплексных географических работ. Очень тесно связаны с методологическими воззрениями Борзова его работы по становлению географической картографии. Берг и Борзов были замечательными геоморфологами. Их хорошо дополнял в области геоморфологии ***Я. С. Эдельштейн*** (1869—1952), из этой школы вышли крупнейшие советские геоморфологи ***И. П. Герасимов*** и ***К. К. Марков***, которые создали работы большой ценности в области палеогеографии и в ряде других областей географической науки.

Берг и Борзов своими работами стимулировали развитие советского ландшафтоведения, в результате количество советских ландшафтоведов стало значительным: ***Я. А. Солнцев*** (род. в 1902 г.), ***С. В. Калесник*** (1901–1977), ***Д. Л. Арманд*** (1905–1976).

Научная школа Н. И. Вавилова

Великий биолог-генетик, путешественник, ботаник, исследователь центров происхождения культурных растений, агроном и растениевод, географ, он создал многогранную научную школу, среди которой выделяется направление по географии культурных растений и растительных ресурсов. Н. И. Вавилов и его сотрудники создали неповторимую коллекцию семян культурных растений из разных стран мира, изучали особенности природы, жизни населения, истории сельского хозяйства этих стран и связывали с этими особенностями сформировавшийся генофонд культурных растений. Таким образом, эти ученые выступали и как страноведы, комплексно изучая разные страны в географо-генетическом отношении.

Н. И. Вавилов посвятил ряд своих трудов географо-генетическим характеристикам отдельных частей СССР. На основании трудов Л. С. Берга по географическим зонам СССР Н. И. Вавилов создал отделения ВИР в разных географических зонах страны для работы по дальнейшему изучению мировых коллекций семян культурных растении.

Среди ученых школы Н. И. Вавилова известны климатолог ***Н. Н. Иванов***, ботаник-географ ***Е. В. Вульф***, географы и ботаники ***П. М. Жуковский*** и ***Б. А. Федченко***, исследователи центров и географии культурных растений ***Е. Н. Синская***, ***С. М. Букасов***, ***Д. Д. Букинич***, картограф ***И. Ф. Макаров***, экономико-географы ***Г. В. Ковалевский*** и ***Б. Н. Семевский***.

Географо-геохимическая школа ***Б. Б. Полынова*** хорошо дополнила школу Берга – Борзова представлениями о территориальных системах круговорота вещества в природе (более всего в биосфере), введенных в науку Б. Б. Полыновым. Его предшественником был ***В. И. Вернадский*** (1863–1945), который поставил своей целью исследовать миграцию химических элементов в природе. Полынов первым установил

наличие особой переходной сферы скальных пород (инертной, или косной, материи) к живому веществу – коре выветривания, которую он определил как верхнюю оболочку литосферы, в которой земля, вода, воздух и жизнь приходят в тесное соприкосновение и материя в своем вечном движении дает наибольшее разнообразие форм.

Он, как последователь Вернадского, подошел к изучению ландшафтов количественными методами определения их веса, объема, энергии, миграции элементов, пространственных соотношений. В результате Полынов впервые высказал одну из наиболее плодотворных для географии идей — исследования геохимических ландшафтов. Полынов понятие о ландшафте, связанное с поверхностью суши, распространял и на подводные области океанов и морей, предсказав то время, «когда учение о субаквальных (подводных) ландшафтах океанов и морей выделится в особую отрасль».

Географо-гидрологическая школа Глушкова – Муравейского

Возникла в первые голы после Октябрьской революции. ***И. Г. Глушков*** (1883–1939) в отличие от многих современных ему гидрологов, учитывал большое воздействие на водный режим преобразующей роли человека и считал, что гидрология должна изучить процессы в измененных ландшафтах, потому что они будут вытеснять естественные ландшафты. Учениками и последователями В. Г. Глушкова стали многие советские географы-гидрологи: ***Л. К. Давыдов*** (1893–1968), ***В. А. Аполлов*** (1889–1969), ***Б. В. Поляков*** (1894–1948).

С. Д. Муравейский (1894–1950) увидел в стоке, в отличие от «классической» статистической гидрологии, которую он иронически называл «наукой о коэффициентах», сложный исторический процесс, определяющий взаимоотношения между океаном и водами суши, со свойственным ему особым круговоротом веществ. Он стал рассматривать водоем как целостный природный комплекс, в котором вода – это почва, в широком смысле слова обладающая биологической продуктивностью, т. е. плодородием, как и земля.

По Муравейскому, сток – один из самых могучих факторов развития природы, в том числе органического мира, который сильно видоизменил процесс стока. Муравейский выдвинул одну из наиболее сложных проблем географии – «возникновения, формирования и развития географических комплексов, или, что одно и то же, географического целого». Он поставил вопрос об изучении географического целого как сложной системы и предложил логическую структурную модель целостной географической системы. В этой модели он соединил стрелками разного типа сильные и более слабые, прямые и обратные связи трех интегрирующих географических факторов – климата, стока, рельефа – и трех природных процессов – выветривания, почвообразования и развития органического мира. Среди трех интегрирующих факторов на первое место Муравейский выдвинул сток, не только перемещающий водные массы, но и транспортирующий растворенные в них соли, осуществляющий миграции химических элементов. Этот системный подход, исследование водных объектов как аналогов почвы хорошо дополняет концепцию Полынова, работы которого Муравейский оценивал особенно высоко.

Муравейский оказал сильное влияние на научные взгляды многих географов и гидрологов: ***И. В. Самойлова*** (1899–1963), разработавшего учение об устьях рек, ***Г. П. Килинина*** (1916–1975) – автора книги по проблемам глобальной гидрологии и др.

Океанологическая школа ***Шокальского – Зубова*** распространила метод комплексного изучения природных территориальных систем суши на океан. Основоположник ее ***Ю. М. Шокальский*** (1856–1940) прославил себя как в изучении суши (по составлению гипсометрической карты страны и по изучению озер), так и в исследовании океанов и морей. Шокальский рассматривал океаны, заливы, проливы как географически целостные объекты, с присущими им водными массами, историей, динамикой, приливами, течениями, с их взаимодействием с сушей, с климатом и другими природными факторами.

Н. Н. Зубов (1885–1960) еще более развил географический аспект океанологических исследований. Шокальский и Зубов создали школу в области физической океанологии. Но они не рассматривали биологическую жизнь океана и в этом их суще-

ственно дополнили крупнейшие советские океанологи и гидробиологи ***Л. А. Зенкевич*** (1889–1970) и ***В. Г. Богоров*** (1904–1971). Эти географы хорошо понимали существо географического комплексного метода, использовали его для широких обобщений. Зенкевич уделял большое внимание биогеографическим вопросам, занимался районированием Мирового океана по его биологической продуктивности, устанавливал экологические цепи в разных океанах и морях, характеризовал морские биоценозы, близко подходя к реализации идей Понынова об изучении субаквальных ландшафтов.

В еще более сильной степени был связан с географической наукой ***В. Г. Богоров*** – крупнейший специалист по планктону, он дал нам ряд широких географических обобщений по мировой зональности, впервые охарактеризовав природные зоны и суши, и Мирового океана.

Биогеографическая школа Сукачева – Сочавы

Школа ведет свое начало от докучаевской научной школы. ***В. Н. Сукачев*** (1880–1967) изучал системы растительности, находящиеся в непрерывном развитии и изменении, как спонтанном, так и под влиянием человеческой деятельности. Он блестяще доказал, как фитоценозы диалектически связаны с окружающей природой и как, в свою очередь, они изменяют эту природу. От исследования фитоценозов Сукачев пришел к идее биоценоза, и далее . к идее биогеоценоза, т. е. единства биоценоза с топографически отвечающими ему другими природными компонентами.

Биогеоценозы Сукачев сравнивал с ландшафтами. Он считал, что движущей силой биогеоценогенеза как процесса саморазвития являются не внешние, а внутренние противоречивые взаимодействия его компонентов. Сукачев поставил проблему управления развитием биогеоценозов, «чтобы оно давало максимум пользы для человека».

Наряду с Сукачевым в советскую географию внесли большой вклад и некоторые другие ботаники, которые, глубоко изучая природные комплексы лугов, болот и лесов, очень близко подошли к географическим ландшафтным идеям. Среди них надо прежде всего назвать ***Л. Г. Раменского*** (1884–1953), предвосхитившего многие современные представления ландшафтоведов.

Многие идеи В. Н. Сукачева были развиты ***В. В. Сочавой*** (1905–1978), который следующим образом определил принципиальные позиции современной географии: «Общая задача географии – изучение структуры и динамики географической среды и разработка научных основ ее комплексного исследования... Главнейшая функция современной географии – научное обоснование различных комплексных проблем изучения и использования природной среды. По мере дифференциации географических знаний и дальнейшего обособления их в самостоятельные научные направления перед географией возникают новые ответственные задачи интегрировать данные различных дисциплин в целях создания цельной географической концепции... География как ассоциация наук о природе, населении и хозяйстве оперирует с закономерностями природными и общественными, имеющими, как известно, различную гносеологическую сущность. При этом важна хорошо разработанная теория, которая может обеспечить эффективность взаимодействия между отдельными географическими дисциплинами при решении комплексных проблем. Такую функцию призвана выполнять теоретическая география, которая должна выполнять связующую роль по отношению ко всей ассоциации географических наук».

От работ В. Н. Сукачева по болотоведению начала наращивать свои исследования значительная группа советских болотоведов — биологов и географов (Н. Я. Каца, Н. И. Пьявченко и др.).

Экономико-географическая школа Баранского – Колосовского

Школа стала изучать такие территориальные системы производительных сил, как страны, экономические районы, промышленные районы и узлы, сельскохозяйственные районы, системы расселения, города, транспортные системы и узлы, а затем расширила рамки исследования до территориальных систем сферы обслуживания, науки и культуры.

Для нее характерен историзм, обязателен пространственный аспект исследования, изучение связей явлений, картографический и картометрический методы изучения территориальных систем, характерна органическая связь рассматриваемых ею территориальных социально-экономических систем с окружающей географической средой, включение природных ресурсов и используемых производством природных процессов в эти системы в качестве естественного базиса материально-технической основы социально-экономических систем. Наконец, школу Баранского – Колосовского отличают ее конструктивность, рассмотрение систем в свете их перспектив, постановка проблем их развития и научное обоснование предложений и решений по территориальной организации расселения, производства и непроизводственной сферы.

Н. Н. Баранский (1881–1963) «географизировал» экономическую географию, установил ее прочные связи как с историей, экономикой и техникой, так и с физической географией, рассматривал экономическую географию в системе географической науки. ***Н. Н. Колосовский*** (1891–1954) хорошо дополнил Н. Н. Баранского, придав своими комплексными проектными работами конструктивный характер изучению экономических районов. Колосовский внес в экономическую географию крупнейший вклад как разработчик проектов развития производительных сил Восточной Сибири, транспорта и в размещении промышленности на востоке страны.

Школу Баранского – Колосовского усилил ***И. А. Витвер*** (1891–1966), который обогатил ее историко-географическими подходами при изучении экономической географии зарубежных стран. Много сделал для расширения границ научной школы ***Р. М. Кабо*** (1887–1957). начавший работы в области советской географии населения и историко-экономической географии городов.

Школа Баранского – Колосовского практически включает большинство современных советских экономико-географов. К этой школе принадлежит ***В. М. Четыркин*** (1892–1958), известный трудами по проблемам экономического районирования.

Ученик Н. Н. Колосовского ***К. И. Иванов*** (1916–1972) исследовал агропромышленные комплексы. Ученик Баранского ***А. А. Минц*** (1929–1973) развил тему экономико-географической оценки природных ресурсов, а другой ученик ***И. М. Маергойз*** (1908–1975) – тему географии городов и анализа их экономико-географического положения, а также экономической картографии.

С середины XX в. для России характерно становление московской и ленинградской **палеогеографических школ**, внесших существенный вклад в развитие палеонтологических методов исследования природы Земли, и в особенности плейстоценового периода и голоцена (последние 700-800 тыс. лет). Эти работы вели *Г. И. Лазуков*, *Н. И. Николаев*, *Е. Д. Заклинская*, *М. И. Нейштадт*, *М. П. Гричук*, *В. П. Гричук*, *А. А. Величко*, их последователи и ученики *Н. С. Чеботарева*, *В. В. Писарева*, *З. П. Губонина*, *М. Х. Моносзон*, *Н. С. Болиховская*, *И. А. Каревская*, *А. К. Маркова*, *Э. М. Зеликсон*, *Е. Н. Ананова*, *Н. А. Волкова*, *В. С. Малясова*, *В. И. Хомутова*, *Г. М. Левковская*, *О. К. Борисова* и многие другие, прошедшие школу подготовки высококвалифицированных ученых-палеогеографов.

Советские географические школы различны по объектам исследования, научным методам, теоретическим и практическим результатам, но их объединяет много общего. Помимо общей методологии, этим школам присущ комплексный пространственно-временной аспект исследования, изучение сложных систем, их структурный анализ. Все эти школы ставили задачей изучать природные системы и комплексы с хозяйственной деятельностью общества, используя полевой метод исследований и придавая исключительно большое значение картографическим исследованиям и анализу карт.

Наличие сильных советских научных географических школ, получивших международное признание, очень важно для сохранения уже ранее завоеванного наукой. На этой преемственности развивалась и белорусская национальная географическая школа. Если первые сведения о природе территории Беларуси имелись в работах Ге-

родота и Птолемея (на карте 1513 г. показаны горные цепи в центре региона как продолжение Карпат), то уже во второй половине XVIII в. основные особенности рельефа указывались более достоверно.

Изучение природы территории Беларуси в **дореволюционный период** носило эпизодический характер, но включало большой объем работ по картографированию, изучению рельефа и почв, разработке ледниковой теории, созданию метео- и гидрологических станций (*В. М. Севергин*, *Г. П. Гельмерсен*, *А. Э. Гедройц*, *А. А. Иностранцев*, *П. А. Тутковский*, *П. Я. Армашевский*, *А. Б. Миссуна*, *Е. В. Оппоков*, *В. В. Докучаев* и др.), первому районированию (*Е. П. Зябловский*), что позволило заложить основы развития физической географии.

В последующий **довоенный период** (1917–1941) велось активное изучение природных условий и ресурсов региона. Десятиверстная геологическая (*П. А. Тутковский*, *А. М. Жирмунский*, *Г. Ф. Мирчинк*, *М. М. Жуков*, *В. Н. Сакс*) и гидрологическая (*С. М. Булыга*, *Е. Н. Геммельштейн*, *П. А. Леонович*, *В. И. Маевский*, *Т. М. Микулина*, *Г. Ф. Мирчинк*, *М. М. Цапенко*, *Е. В. Шанцер*, *М. Г. Эткин*, *С. С. Маляревич*) съемки были положены в основу работ по стратиграфии четвертичных отложений (*Ф. В. Лунгерсгаузен*, *М. М. Цапенко*, *С. Валасович*, *Б. С. Галицкий*, *Е. М. Кондрацкий*, *В. К. Шафер*, *Б. Яронь*, *С. Кульчинский* и др.), геоморфологии (*Н. Ф. Блиодухо*, *Б. Л. Личков*, *Д. Н. Соболев*), гидрологии, климата (*А. И. Кайгородов*), почвам (*Я. Н. Афанасьев*, *П. П. Роговой* и др.), краеведению и туризму (*Н. И. Касперович*, *В. А. Самцевич*, *Н. Е. Ковалев*) и полезным ископаемым.

Геоботанические исследования охватили север и центр региона. Изучались растительные ассоциации лесов, болот, лугов (в особенности в поймах Березины, Случи, Тальки), в 30-е гг. под руководством *И. Д. Юркевича* велись лесотипологические исследования, а к 1940 г. – им же разработана первая классификация типов леса и лесорастителное районирование республики как основа для физико-географического (ландшафтного) районирования.

Первые исследования животного мира были осуществлены под руководством *А. В. Федюшина* (создание в 1923 г. зоологического музея БГУ, 1927–1932 гг. совместные с *И. Н. Сержаниным*, *В. Слесаревичем*, *А. Вязович* труды об охотничье-промысловых животных). В 1925 г. для охраны и разведения ценных видов (в том числе бобра) был организован Березинский заповедник.

В **послевоенные годы** (1941–1970) значительные успехи в **геологии** по глубинному бурению центра региона и осуществлению мелкомасштабной) (1 : 25 000 000) съемки позволили *М. М. Цапенко* уже в 1947 г. составить карту **четвертичных отложений**, обновить ее в масштабе 1 : 100 000 в 1969 г. (под ред. *Г. И. Горецкого* и при участии *Л. Н. Вознячука*, *Н. М. Грипинского*, *Л. Т. Пузанова*), а затем в масштабе 1 : 500 000 (под ред. *Г. И. Горецкого*); ***М. М. Цапенко*** **создана школа белорусских геологов-четвертичников**, которыми были решены многие проблемы стратиграфии и палеогеографии четвертичного периода в виде характеристики основных черт развития природы региона (*А. С. Махнач* и *Л. Н. Вознячук* в 1959 г., *Н. А. Махнач* в 1971 г.), детальной стратиграфической схемы (*Н. А. Махнач*, *Э. А. Левков*, *Б. Н. Гурский*, *И. А. Линник*, *В. И. Пасюкевич*, *А. В. Матвеев*, *Е. П. Мандер* в 1970 г.), изучения состава моллюсков межледниковых эпох плейстоцена (*В. М. Мотуз*), особенностей состава моренных отложений и генетической классификации четвертичных отложений (*А. В. Матвеев*, *Э. А. Левков*), возможности использования литологических показателей для расчленения и корреляции четвертичных отложений (*Б. Н. Гурский*), особенностей их вещественного состава для выявления ряда терригенно-минералогических провинций и районов (*А. И. Коптев*, *Е. И. Ильин*), особенностей песчаных отложений (*З. И. Горелик*, *Э. А. Левков*, *Э. Д. Мишагова*), ленточных глин (*Н. В. Зайцева*). Большая часть материалов вошла в крупнейшие издания: «Атлас БССР» (1958), 3 т. «Белорусская ССР» (1971) (под ред. *П. А. Леоновича*). Мелкомасштабные (1 : 25 000 000) геоморфологическая и четвертич-

ных отложений карты помещены в изданиях «Беларуская савецкая энцыклапедыя», «Белорусская энциклопедия: Краткая энциклопедия», «Природа Белоруссии: Популярная энциклопедия» (1969–1985).

Следует отметить крупные **палеонтологические работы** этого времени по исследованию девонских и карбоновых толщ (*Г. И. Кедо, Н. С. Некрята*, *В. И. Авхимович*), палеогеновых (*С. С. Маныкин*) и неогеновых (*А. Ф. Бурлак*) образований.

Итогом **геоморфологических работ** (площадная съемка по единой методике, аэрофотосъемка, описание рельефа – *М. М. Цапенко* и *Л. Н. Вознячук*) стали детализированные геоморфологические карты 1980 г. масштаба 1 : 500 000 (под ред. *Б. Н. Гурского* при участии *Р. И. Левицкой*, *Е. П. Мандер*), геоморфологическое (*В. А. Дементьев* в 1948 г., *М. С. Войтович*, *Б. Н. Гурский* в 1984 г.) и физико-географическое (под ред. *В. А. Дементьева*, *Н. Т. Романовского*, *И. И. Трухана*, *А. Х. Шкляра* в 1977 г.) районирование территории Беларуси.

Изучение речных долин проводилось *М. М. Цапенко* в 1959–1962 гг., *Б. Н. Гурским* в 60–70-х гг. XX в.; большой размах имели работы по **гидрогеологии** в связи с восстановлением народного хозяйства, промышленности, жилья: расширилась сеть водомерных пунктов на реках, озерах, водохранилищах, болотах (*А. И. Тюльпанов*, *И. А. Борисов*); велись комплексные исследования по генезису и связи гидрологических явлений с окружающей природной и искусственно создаваемой средой; издан Водный кадастр Беларуси и Верхнего Поднепровья (1966), велась разработка научных проблем по условиям формирования стока (*Б. Д. Зайков*, *И. М. Лившиц*, *К. А. Клюева*, *В. В. Салазнов*, *А. Г. Булавко*, *В. Ф. Шебеко*).

Становление и развитие получила **школа *О. Ф. Якушко*** по лимнологии (изучено строение и история формирования, развития, хозяйственного использования и охраны современных озер (*И. И. Богдель*, *Б. П. Власов*, *И. А. Мысливец*). В области изучения климата восстановлена и расширена сеть наблюдательных станций, разнообразнее стала программа исследований, разрабатывались и внедрялись в практику более эффективные методики работы). Аэрологические наблюдения в Минске велись с 1945, Бресте – с 1950, Мозыре – с 1967, Гомеле – с 1969 г. Данные о состоянии атмосферы на высотах до 40 км получали с помощью радиозондов, радиопилотов – воздушных шаров, радиолокаторов, а также искусственных спутников Земли. Для обработки информации использовались ЭВМ.

После ВОВ были возобновлены работы по составлению прогнозов погоды (анализ крупномасштабных атмосферных процессов и составление приземных и высотных синоптических карт) наряду с разработкой метео-, агрометео- (с 1950 г. – по перезимовке озимых и яровых культур, посадке картофеля, срокам цветения плодовых деревьев и погодных условии в этот период, срокам созревания зерновых и урожайности сельскохозяйственных культур), гидрологических прогнозов и ведением научно-методических работ. Широкое внедрение ЭВМ позволило успешно развивать численные краткосрочные и долгосрочные (с 1946 г.) прогнозы, основанные на решении уравнений гидродинамики и термодинамики атмосферных процессов. Не менее важными являлись вопросы о влиянии мелиорации земель на микроклимат, условиях развития сельскохозяйственных культур, климате городов; определении величины испарения с водосборов и водной поверхности на Беларуси (*А. Г. Булавко*); особенности распределения атмосферных осадков на территории региона; процессе испарения с поверхности болот, их микроклимате (*В. Ф. Шебеко*); метеорологическом режиме лесов, микро- и местном климате (*Н. И. Костюкевич*). *А. Х. Шкляром* изучено влияние природных факторов на формирование климата, выявлены закономерности сезонного развития природы, проведено агроклиматическое районирование в тесной связи с физико-географическим с целью более рационального использования климатических ресурсов республики. Рассмотрены также вопросы микроклимата, температурного режима, испарения, радиационного и теплового баланса осушенных торфяников, болот (*П. А. Ковриго*, *Н. П. Хомицкий*), взаимосвязи между солнечной активностью и числом дней с туманами (*А. В. Завриев*) и др. Обощающими работами по климату региона стали монографии «Природа Бело-

руссии» (1959), «Сезонное развитие природы Белоруссии» (1959), «Климат Белоруссии и сельское хозяйство» (1962), «Календарь природы Белоруссии» (1967, 1979), «Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве» (1973).

Большие работы по **геоботанике** и **зоогеографии** включали исследования лесных ландшафтов и составление типологической классификации для ведения хозяйственных мероприятий; изучение болотных и луговых ландшафтов как основы для классификации луговой и болотной растительности; получение данных по образованию болот, их классификации и районированию (*З. Н. Денисов*, *С. Н. Тюремнов*, *А. П. Пидопличко*); составление карты растительности республики масштаба 1 : 1 000 000 (под руководством *И. Д. Юркевича* – 1979); под руководством *И. Н. Сержанина* (1961) было продолжено изучение млекопитающих и птиц наряду с изучением природных ландшафтов. Во второй половине 50-х гг. под руководством *Г. Г. Винберга* исследовались естественно-исторические условия на рыбоводных прудах (1958); *Ф. Н. Ворониным* в монографии 1867 г. описаны все виды позвоночных Беларуси и их эколого-систематическая характеристика в связи с особенностями ландшафтов.

Возобновились **исследования почв**, поскольку в схемах естественно-исторического районирования территории Советского Союза (*К. Д. Глинка* – 1931 г., *И. С. Лупинович* – 1947, *Н. Н. Розов* – 1962) территория Беларуси с довольно разнообразными природными условиями и почвенным покровом обычно входила в одну или две провинции. Первое почвенно-географическое районирование региона было проведено в 1947 г., а последующие в 1950 и 1952 гг. с выделением большего числа зон, районов, округов. По результатам почвенно-картографических работ были подведены итоги изучения почв республики более чем за 30-летний период в виде монографии «Почвы БССР» (1952) и составлена почвенная карта масштаба 1 : 1 200 000); а к 1964 г. все колхозы и совхозы республики получили материалы с полной характеристикой почв их территории (почвенные карты, картограммы агрогрупп и рационального использования земель, агрохимические картограммы и почвенные очерки). Материалы крупномасштабных почвенных исследований послужили основой для составления в 1965–1967 гг. сводных районных почвенных карт (1 : 50 000), а в 1970–1971 гг. – областных (1 : 200 000). Особенно ценными стали коллективная монография «Почвы Белорусской ССР» (1974) под ред. *Т. Н. Кулаковской*, *П. П. Рогового*, *Н. И. Смеяна* и новая почвенная карта БССР (1 : 500 000) 1977 г. *Н. И. Смеяна* и *И. Н. Соловья*.

Активизировались исследования по изучению генезиса, водных, физических и химических свойств **торфяно-болотных** и з**аболоченных почв** (в них роль минеральной материнской породы проявляется слабее, чем при формировании дерново-подзолистых почв, и в таких районах резко возрастает значение почвенно-грунтовых вод; химический состав почвообразующих пород и почвенно-грунтовых вод обусловливает преобладание на территории Беларуси торфяно-болотных почв низинного типа).

Изучение агрохимических свойств почв, начатое в 20-е гг. XX в. и осуществлявшееся каждые пять лет, позволило получить информацию об обеспеченности почв подвижным фосфором и обменным калием; с 1950 г. начались работы по почвенной энзимологии (состав ферментов в почвах, их свойства, связи с органическими и минеральными коллоидами); в конце 1950 г. под руководством *Т. Н. Кулаковской* начато изучение зависимости продуктивности сельскохозяйственных растений и условий их питания от агрохимических свойств почв; *И. Ф. Гаркуша* (1956) исследовал особенности изменения свойств почв под влиянием окультуривания; минералогический состав почв республики исследуется с 1958 г.; особенности распределения микроэлементов в почвах начали изучаться в 1960 г. под руководством *И. С. Лупиновича* и обобщены в коллективной монографии 1970 г.; почвенные процессы изучались в 60-е гг. *Н. И. Туренковым* и *И. А. Юшкевичем* под руководством *П. П. Рогового*; в 1964–1969 гг. впервые проведена качественная оценка земель Беларуси по методике *А. Г. Медведева* и др.

Мелиорация земель также возродилась после войны, по мере завершения восстановления мелиоративных систем в 1950 г. Далее из-за ограниченности материальных ресурсов мелиорация велась экстенсивно: за счет увеличения площади осушенных земель при сравнительно низком техническом уровне мелиоративных систем. Однако уже в конце 50-х гг. внедрился закрытый дренаж, повысивший надежность и управляемость мелиоративных систем и позволивший мелиорировать почвы любого механического состава. Это позволило расширить мелиорацию в северных и центральных районах региона с наиболее плодородными суглинистыми почвами, где раньше она проводилась весьма ограниченно.

Исследования *Н. Ф. Лебедевича* (1954), *С. Г. Скоропанова* (1961), *И. С. Лупиновича* (1964) показали влияние мелиорации и сельскохозяйственного использования на коренное изменение хода и направления почвообразовательного процесса в торфяно-болотных почвах (увеличение степени разложения торфа, зольности и объемного веса, что ведет к сокращению мощности торфа в первые годы на 10–15 см, а позднее – до 1–2 см. После сработки торфа, подстилаемого моренным суглинком, торфяно-глеевые почвы переходят в черноземовидные с содержанием органического вещества до 10–15 %. Если же маломощный торф подстилается песком, то минерализация может принести к полному его исчезновению, а содержание ОВ в пахотном горизонте снижается до 3 % и менее. Такие малоплодородные почвы, легко развеваемые ветром, способные превратиться в рыхлые пески, *А. Г. Медведев* назвал антропогенными глееземами.

Плановый туризм в республике начал особенно быстро развиваться с 1950–1955 гг., первоначально ограничиваясь только проведением экскурсий из-за отсутствия материальной базы. В 1951 г. в этих целях создана Минская экскурсионная база Центрального туристского управления ВЦСПС (ныне Белорусский республиканский совет по туризму), а с 1958 г. вступила в строй первая в республике палаточная турбаза на оз. Нарочь на 80 мест, а в последующем были реконструированы ранее начавшие действовать турбазы и построены новые, открылись кемпинги, туристские гостиницы, а в 1964 г. через территорию Беларуси стали проходить всесоюзные и международные туристские маршруты, число которых с каждым годом увеличивается.

В 1960–1965 гг. получил развитие и самодеятельный туризм на базе туристских клубов. Быстрое развитие в послевоенные годы имел и детский туризм. Уже в 1945–1946 гг. была организована республиканская детская туристская станция в г. Минске, а позднее они были созданы и в других областных центрах. Туристская работа со школьниками проводилась в туристских кружках, школах, Дворцах пионеров в виде разнообразных форм – краеведческих походов, туристских троп, походов по местам боевой и трудовой славы советского народа, участия во всесоюзных и республиканских экспедициях, связанных со знаменательными событиями и памятными датами. В последнее время наиболее перспективными туристическими местами стали частные усадьбы белорусов (Дудутки и др.).

Быстрое развитие туризма содействовало увеличению числа изданий по вопросам краеведения и туризма. Это книги о белорусских городах, достопримечательных местах, музеях и мемориалах, памятниках природы, туристские схемы по республике и отдельным районам. В журналах «Родная прырода» (выходит с 1972 г.), бюллетень «Помнікі гісторыі і культуры БССР» (с 1970 г.), регулярно освещаются вопросы развития туризма в республике.

Превращение туристко-экскурсионного дела в одну из отраслей народного хозяйства выдвинуло ряд проблем, требующих научного разрешения. Среди них – разработка методов оценки природных ресурсов отдыха, определение сезонности туристских потоков, районов туризма и оптимальных туристских маршрутов, подготовка туристских кадров. Бурное развитие туризма вызвало необходимость разработки научных основ его планирования – рекомендации по размещению туристских организаций, создание новых и расширение действующих маршрутов, туристских зон различного направления, новых туристских центров, расширение использования в туристских целях памятни-

ков культуры. С целью ликвидации негативного воздействия на природу, вызываемого быстрым ростом туризма, планируется проведение ряда мероприятий по охране среды.

Работы по литологии и геохимии, начатые К. И. Лукашевым, были направлены на изучение выветривания, географической зональности геохимических процессов, формирование почвенного покрова, проблемы образования лессов и гипергенного преобразования четвертичных отложений, а позднее (с 1965 г.) они распространились на всю территорию региона (ледниковые отложения – *С. Д. Астапова*, *С. Г. Дромашко*, *Н. В. Зайцева*; аллювиальные – *В. А. Кузнецов*, эоловые – *В. К. Лукашев*, естественная радиоактивность пород и ландшафтов – *Г. И. Гурский*, природно-технические комплексы для охраны и рациональное использование ресурсов биосферы – *К. И. Лукашев*, *В. К. Лукашев*, *И. К. Вадковская*, *А. А. Хомич* и др.

Современный этап (1971–2011) отличается большей детализацией исследований различных направлений, организованных создателем белорусской школы палеонтологов-четвертичников *Г. И. Горецким*. На Беларуси изучались различные виды органических остатков (споры и пыльца – *Я. К. Еловичева*, плоды и семена – *Ф. Ю. Величкевич*, *Т. В. Якубовская*, *Э. А. Крутоус*, *Г. И. Литвинюк*, кости крупных и мелких млекопитающих – *П. Ф. Калиновский*, *Д. Л. Иванов*, *А. Н. Мотузка*, остракоды – *С. Ф. Зубович*, диатомеи – *Г. К. Хурсевич*, насекомые – *В. И. Назаров*, моллюски – *В. М. Мотуз*, *А. Ф. Санько*), а также велись радиоуглеродные (*О. И. Зименков*) исследования поозерских и голоценовых отложений.

Эти и другие исследователи создали прочную научную базу для обоснования стратиграфии антропогена Беларуси в виде самой детальной за все годы изучения унифицированной стратиграфической схемы Беларуси (1982), утвержденной МСК в 1984 г. (*Б. Н. Гурский*, *Н. А. Махнач*, *Э. А. Левков*, *А. В. Матвеев*, *Я. К. Еловичева*, *Г. К. Хурсевич*, *Ф. Ю. Величкевич*, *Т. В. Якубовская*, *П. Ф. Калиновский*, *С. Ф. Зубович*, *Р. И. Левицкая*, *Г. И. Илькевич*, *В. И. Пасюкевич*), поскольку позднейшие ее варианты (*Л. Н. Вознячук* (1981)), в книге «Геология Беларуси» менее обоснованы корреляцией с мировыми изотопно-кислородными шкалами. Вопросы палеогеографии освещены в коллективной монографии «Геология антропогена Беларуси» (1983) под ред *Б. Н. Гурского*.

Г. И. Горецкий в 1968–1984 гг. разработал важнейшие теоретические вопросы палеогеографии антропогена при изучении ложбин ледникового выпахивания и размыва, им создано учение о палеогеографических аренах. Дальнейшая разработка этой темы нашла отражение в монографии *М. Е. Комаровского* (2009). Теоретические положения эволюции ледниковых покровов, их воздействия на подстилающие породы освещены в трудах *Э. А. Левкова* (1980).

Также имели место региональные **геоморфологические работы** (*Е. П. Мандер*), посвященные особенностям рельефа и истории формирования отдельных возвышенностей Белорусской гряды – Гродненской (*А. К. Карабанов*), Новогрудской (*М. Е. Зусь*), Слонимской (*В. М. Феденя*), Минской (*М. А. Вальчик*), а также Копыльской гряды (*А. Н. Баско*), нашедшие реализацию в монографии *А. В. Матвеева*, *В. Ф. Моисеенко*, *Э. А. Крутоус* «Рельеф Белорусского Полесья» (1982). Следует указать на ведение работ по более детальному геоморфологическому районированию (*А. В. Матвеев*, *Б. Н. Гурский*, *Р. И. Левицкая* в 1988 г., с приложением к нему гляциоморфологической карты Беларуси (*Б. Н. Гурский*, *Р. И. Левицкая*); современным физико-географическим процессам и влиянию антропогенного фактора (*А. В. Матвеев*).

Археологические исследования стоянок на Беларуси вели *Т. Н. Коробушкина* (1979), *Е. Г. Калечиц* (1987).

Вопросы **литологии плейстоценовых и голоценовых отложений и геохимии ландшафтов** получили свое развитие благодаря исследованиям, которые вели *В. Б. Кадацкий*, *А. Л. Жуховицкая*, *Н. Н. Петухова*, *М. П. Оношко*, *Л. Н. Рябова*, *В. А. Генералова*, *В. А. Веремчук*, *С. Н. Шиманович* под руководством В. А. Кузнецова.

На современном этапе **гидрологических исследований** разрабатываются и исследуются проблемы, прежде всего связанные с рациональным использованием, преоб-

разованием, охраной поверхностных и подземных вод республики. Особое значение приобретает научное предвидение дальнейшего развития водных объектов, поскольку они все больше вовлекаются в хозяйственную деятельность, преобразуется сток рек. Это привело к развитию теории гидрологической науки, совершенствованию методов расчетов, прогнозов, повышению качества гидрологических наблюдений при повышении качества программ и методик научных исследований, оснащении новейшей аппаратурой гидрометрической сети, использовании электронно-вычислительной техники на крупнейших станциях для обработки материалов наблюдений.

Лимнологические исследования касаются истории развития озер в голоцене, их генетической классификации, определению взаимосвязи озер с водосборами, выяснению законов озерной седиментации, геоморфологии и морфометрии озерных котловин, характеристики водной массы, биологических особенностей озер. Значительным вкладом в озероведение Беларуси являются работы *О. Ф. Якушко* «Белорусское Поозерье» (1971), «Край озерный» (1978), «Озероведение. География озер Белоруссии» (1981) и др. Плодотворно работает созданная в 1968 г. при географическом факультете БГУ Отраслевая научно-исследовательская лаборатория, которая осуществляет комплексные исследования озер и водохранилищ, изучает режим, влияние антропогенного фактора, прогнозирует развитие экосистем, определяет пути их рационального использования и охраны (*А. Н. Рачевский*, *Б. Н. Власов*, *И. А. Мысливец*).

Обобщены вопросы, связанные с преобразованием рек, созданием водохранилищ и взаимодействием их с окружающей средой (*В. М. Широков*, 1985), а также ведется изучение гидрологических объектов как источников водных ресурсов для целей гидротехнического строительства, проведения мелиоративных работ, охраны и рационального использования ресурсов.

Научные исследования в области **метеорологии** и **климата** характеризуются большим разнообразием, внедрением новейших методов изучения погодно-климатических условий (данные о состоянии атмосферы получают с помощью искусственных спутников Земли, а для обработки информации используются ЭВМ), научные результаты широко применяются в народном хозяйстве. К 1986 г. велись систематические работы путем метеорологических, аэрологических и радиолокационных наблюдений в 5 гидрометеорологических обсерваториях (Минск, Гомель, Гродно, Брест, Витебск), на 35 метеорологических и 8 специализированных станциях, почти на 150 метеорологических, свыше 1000 агрометеорологических постах в колхозах и совхозах, осуществлялся контроль за окружающей средой. Проделана большая работа по обобщению и анализу многолетних данных, вышло несколько справочников но климату Беларуси (в том числе в 1970 г.), монография *М. А. Гольберга* «Климат Минска» (1976), а также работы по климату других крупных городов республики. Актинометрические исследования и работы по атмосферной оптике позволили получить сведения о балансе лучистой энергии, уточнить составляющие радиационного баланса, определить долю затрат на испарение и турбулентный теплообмен. По результатам изучения условий выращивания основных сельскохозяйственных культур составлены справочники для республики в целом и ее областей.

В отрасли **геоботаники** и **зоогеографии** в результате изучения отдельных природных компонентов накопился значительный материал, который позволил перейти к составлению общегеографических работ по хорологии флоры Беларуси (*Н. В. Козловская*, *В. И. Парфенов* – 1972), составу, картографированию, охране и использованию растительности региона (*И. Д. Юркевич*, *Д. С. Голод*, *В. С. Адерихо* – 1979; определению высших растений под. ред. *В. И. Парфенова* – 1999; птицам Европы – *М. Никифоров*). В 1978 г. Березинский заповедник получил статус биосферного и сегодня представляет собой крупное научно-исследовательское учреждение, изучающее в целом природные комплексы, флору и фауну.

На основании материалов крупномасштабных **исследований почв** и природных условий их формирования, *Н. И. Смеян* и *И. Н. Соловей* в 1974 г. предложили новую схему почвенно-географического районирования региона с выделением 3 почвенных провинций, 7 почвенно-климатических округов и 20 агропочвенных районов.

Изучение агрохимических свойств почв (по обеспеченности их не только подвижным фосфором и обменным калием, но и с 1976 г. по содержанию гумуса, магния, выборочно – меди, молибдена, бора) позволило в 1974–1977 гг. на основе комплексной оценки природных (почва и ее свойства, климат) и экономических (количество применяемых удобрений) условий разработать методику прогнозирования урожайности (под руководством *Т. Н. Кулаковской*); построить новую оценочную шкалу под руководством *Н. И. Смеяна* и *В. Ф. Клебановича* и провести повторную бонитировку почв в 1974–1976 гг. (Кулаковская, 1977).

С 1966 г. значительно увеличились темпы и улучшилось качество мелиоративных работ, началось строительство осушительно-увлажнительных систем, позволяющих более гибко регулировать водно-воздушный режим торфяных и легких по механическому составу почв. К 1984 г. такие системы были построены на площади более 600 тыс. га, в основном в зоне Белорусского Полесья. Для повышения водообеспеченности осушительно-увлажнительных и оросительных систем были созданы водохранилища (Солигорское, Любанское, Краснослободское, Смолевичское и др.), а в комплексе с ними – рыбхозы, наряду с работами по охране болот (сотни тысяч гектаров их включены в заповедники, заказники; на их территории запрещено проводить гидромелиоративные работы, разрабатывать торфяные залежи, сбрасывать сточные воды и бытовые отходы).

С 90-х гг. XX в. мелиорация на Полесье не ведется из-за отрицательных ее последствий (снижение урожайности торфяных почв, развитие ветровой эрозии, эоловых процессов, пыльных бурь, южной миграции ксерофильной растительности из лесостепи и степи и пр.).

В конце 60-х – начале 70-х гг. XX в. было проведено крупномасштабное картирование эродированных земель для разработки комплекса почвозащитных (противоэрозионных), химических (известкование и внесение минеральных удобрений – *Т. Н. Кулаковская*, *С. Г. Скоропанова* и др.), культурно-технических (коренное улучшение поверхностного состояния и морфологических свойств почвенного покрова с целью создания благоприятных условий для его использования и повышения продуктивности угодий – с 1970 г. в БГУ), рекультивационных (восстановление земель, нарушенных в результате добычи открытым способом полезных ископаемых – пресноводные известковистые отложения – *А. А. Костко* – 1971, *В. А. Прокопеня* – 1975, *В. С. Аношко* и *А. С. Мееровский* – 1981) мероприятий.

В. С. Аношко и *А. С. Мееровским* было проведено природно-мелиоративное комплексное районирование Беларуси с выделением по степени увлажнения рельефа и почвенного покрова почвенно-мелиоративных провинций, подразделяющихся по характеру мелиоративной неустроенности провинции на области. Ныне возрастающее влияние на почвенный покров техногенных факторов обусловило изучение изменения свойств почв республики в результате их загрязнения средствами химизации сельского хозяйства, выбросами промышленных предприятий и автотранспорта.

Большой интерес и развитие получили новые направления (специализации) в географии – топонимика (*В. А. Жучкевич*, *Г. Я. Рылюк*, *С. Н. Басик*), ландшафтоведение (*Н. К. Клицунова*, *Г. И. Марцинкевич*), геохимия ландшафтов (*Н. К. Чертко*, *А. А. Карпиченко*), экология ландшафтов (*С. М. Зайко*, *В. М. Яцухно*), географическая экология (*А. Н. Витченко*), география туризма и экскурсионный менеджмент (*Т. А. Федорцова*, *Г. Р. Потаева*), демография (*Е. Антипова*), экономическая география (*Н. Е. Рогозин*, *Н. Т. Романовский*, *А. В. Томашевич*, *И. И. Пирожник*, *З. Я. Андриевская*), физическая

география мира (*В. Г. Завриев*, *В. А. Жучевич*, *Г. Я. Рылюк*, *Я. К. Еловичева*), география почв, земельные ресурсы, мелиорация (*В. С. Аношко*, *Н. В. Клебанович*), ГИС (*А. И. Климанов*, *Л. В. Гурьянова*), биогеография (*П. А. Митрахович*, *В. Н. Киселев*), картография (*В. Я. Крищанович*, *Р. А. Жмойдяк*), региональная социально-экономическая география (*И. И. Трухан*, *Л. В. Козловская*, *Г. С. Смоляков*), образовательные технологии (*В. А. Жучевич*, *И. П. Галай*, *С. Н. Басик*, *М. М. Ермолович*), геоморфология (*О. Ф. Якушко*, *Ю. Н Емельянов*), метеорология (*П. С. Лопух*, *П. А. Ковриго*, *М. Л. Демидович*), эволюционная география (*Я. К. Еловичева*, *А. Н. Мотузко*, *Д. Л. Иванов*).

Советские географические школы различны по объектам исследования, научным методам, теоретическим и практическим результатам, но их объединяет много общего. Помимо общей марксистской методологии эти школы объединяет комплексный пространственно-временной аспект исследования, изучение сложных систем, их. структурный анализ. Все эти школы изучают природные сочетания (системы, комплексы) в связи с хозяйственной деятельностью общества (а школа Баранского–Колосовского – население и хозяйство в связи с географической средой). Все эти школы используют полевой метод исследований, придают исключительно большое значение картографическим исследованиям и анализу карт.

Наличие сильных советских научных географических школ, получивших международное признание, очень важно для сохранения уже ранее завоеванного наукой. На этой преемственности развивалась и белорусская национальная географическая школа.

Ныне многие взгляды и точки зрения на развитие географической науки меняются. И от старшего поколения зависит, насколько полноценно продолжат развитие их идей молодые наследники в решении важных теоретических и практических географических проблем.

2.5. Методы изучения географии Земли

Географический метод является традиционным при изучении географических объектов, явлений и процессов, протекающих в географической оболочке Земли.

Он основывается на исследовании ее сфер, их структуры и развития во времени и пространстве. Вместе с тем уровень современных научных исследований природной среды Земли ведется различными методами с использованием принципов изучения географии, палеогеографии и стратиграфии.

Собственно физическая география изучает территорию с взаимодействующей системой природы, людей и результатов их деятельности – то, что в совокупности (триединстве) представляет собой главные качества географической оболочки Земли как единого и сложного природного комплекса.

География, как любая современная наука, вооружена главными методами научного исследования, которые по традиционным представлениям делятся на следующие группы:

- *компонентная*, *или частная* (*отраслевая*), *физическая география,* которая исследует отдельные компоненты, слагающие географическую оболочку (рельеф, почвы, климат, воды, растения и животные) во взаимодействии друг с другом;
- *региональная* (*районная*) физическая география, или физико-географическое страноведение, исследующее природно-территориальные комплексы;
- *междисциплинарная* (*универсальная*) география исследует вертикальные межкомпонентные и внутрикомпонентные взаимосвязи (по К. К. Маркову).

Таким образом, в географии различают ***количественные*** и ***качественные*** методы, ***полевые***, ***стационарные*** (исследования на ключевом, эталонном участке), ***экспериментальные*** по семи главным направлениям:

1 – сравнительно-описательное;

2 – картографическое;

3 – математическое;
4 – геофизическое;
5 – геохимическое;
6 – биогеографическое;
7 – палеогеографическое.

Каждый из этих методов имеет универсальную единицу измерения любого географического процесса или явления, где бы он не происходил (в литосфере, гидросфере, биосфере, атмосфере и т. п.).

1. Сравнительно-описательное направление. Само название нашей древней науки свидетельствует о чрезвычайной важности описательного метода. В описании раскрывается вся последовательность становления географии как науки, с ним связывается характеристика и упорядочение материала о территории, а также и теоретические обобщения, т. е. вслед за сбором идет систематизация, объяснение и, наконец, построение теории.

Географические описания могут быть нескольких типов:

- ***комплексное*** (типичный представитель их – ландшафтные описания);
- ***проблемное*** (целевое), при котором принципы отбора исходной информации, способы ее подачи, изложение фактов подчинены определенной научной или практической цели. Следует различать комплексное описание элементарного природно-территориального комплекса (*географической фации*) и физико-географическое описание территорий разного размера (*страны*, *провинции*, *ландшафта*), с методической точки зрения и для последующего синтеза физико-географических знаний о территории важной представляется полнота описания физико-географической точки;
- ***страноведческое***, которое также эволюционировало от поэлементной характеристики природы, населения и хозяйства к осмыслению их как некоторого единства; в нем широко используется ***сравнительно-описательный*** метод, пришедший на смену хорологической концепции в географии. Сравнительный географический анализ широко применяется для выявления и описания районов-аналогов. Большую важность в географии имеет ***районирование***. По мнению Ю. Г. Саушкина, выделение и описание районов говорит о теоретической зрелости и «географичности» каждой из географических наук;
- ***литературно-художественное*** – это описание является самым древним методом в географии.

2. Картографическое направление – это общегеографическое направление, с успехом применяемое и в физической и в экономической географии. Кроме того, картографические приемы известны и в других, негеографических науках (истории, медицине). Картография – наука о картах, методах их создания и использования. Карты – модели, отражающие пространственные и временные взаимосвязи процессов и явлений на земной поверхности. Эта наука географическая и техническая одновременно. Задачи картографии не ограничиваются составлением карт, необходим их анализ для выяснения основных пространственно-временных свойств географической оболочки.

Практические приемы картографического исследования для решения физико-географических задач разрешаются двумя путями:

а) изучаются сами карты – проекции, масштаб, географические названия (номенклатура);

б) изучаются графики, картодиаграммы, составленные на основе географических карт; эти работы отражают содержание картометрирования.

Развитие картографического метода в наше время научно-технической революции связано с исследованиями из космоса. Появились новые – аэрокосмические (или дистанционные) – методы исследования Земли, в результате которых получают аэрофотографическое и космическое фотоизображение, которое облегчает обзорность

(глобальность) изображения, повторяемость и оперативность получения информации. На основе космической фотоинформации осуществляют многоярусный комплексный мониторинг земной поверхности многочисленных взаимосвязанных природных, социальных и экономических процессов и явлений. Появилось и успешно развивается ***космическое землеведение*** – междисциплинарное направление, которое включает научные и методические исследования в области получения, передачи, хранения, распространения и обработки принимаемой из космоса информации.

3. Математическое направление. Необходимость внедрения математического метода обусловлена обилием фактов (информации), поступающей из различных отраслей географии. На базе математической логики и многообразного математического аппарата можно увеличить достоверность суждения о том или ином явлении, более строго обосновать гипотезу и даже прийти к новым теоретическим построениям и обобщениям, т. е. математика выступает только средством раскрытия географических закономерностей, но географические идеи являются ведущими при построении математических моделей.

Из различных разделов современной математики в географии наиболее широко используется ***математическая статистика***, на долю которой приходится не менее 80 % всех проведенных экспериментов. Широкое распространение нашли известные алгоритмы математической статистики – факторный анализ и метод главных компонент.

Постепенно идет разработка так называемой географизированной математики. В этой перспективной области исследований стали разрабатываться области пространственной статистики, учитывая неприспособленность традиционной статистики для учета взаиморасположения явлений в пространстве.

Таким образом, в зависимости от характера исследования и степени сложности изучаемого объекта пути математического решения могут быть:

аналитические – на основе *аналитического метода*, применение которого базируется на привлечении методов дифференциального и интегрального исчисления, элементов аналитической геометрии для описания различных компонентов или факторов географической оболочки. На определенной стадии исследования выбираются главные, наиболее изученные явления, которые описываются формулами или уравнениями. Они составляют содержание аналитического направления;

***статистические* (*вероятностные*)** – на основе *статистического метода*, базирующегося на принципе больших чисел (теория вероятностей, математическая статистика), поскольку, как общеизвестно, география оперирует большим количеством фактов.

Развитие математических методов связано с появлением и совершенствованием вычислительной техники, которая позволяет не только обрабатывать большой объем информации, но и, что немаловажно для географии, представить ее в виде аналоговой картинки и осуществлять ее моделирование, преобразования временные и пространственные.

4. Геофизическое направление. Геофизика – метод, изучающий наиболее общие свойства географической оболочки, ее массу, энергию, т. е. состояние и движение вещества и энергии ГО.

Энерго-массообмен геосистем разных порядков измеряется на многочисленных географических станциях, расположенных в различных природных зонах по всему миру. В результате многочисленных измерений массы и энергии получают представление о суточных, месячных, годовых круговоротах вещества на малых территориях (фациях, урочищах), которые являются частями крупных круговоротов, а те, в свою очередь, еще больших.

5. Геохимическое направление. Геохимия понимается как наука о химическом составе Земли, законах пространственного и временного распространения, сочетания и движения (миграции) химических элементов в различных оболочках Земли и между ними. За единицу исследования в геохимии взят химический элемент в форме атома или иона. Геохимический метод позволяет сопоставлять разнокачественные компоненты ГО и отдельных ее ландшафтов, т. е. сопоставлять твердые горные породы с

жидкой гидросферой и газообразной атмосферой, живую природу с неживой. Взаимодействия в ГО осуществляются посредством непрерывного тока атомов и энергии из одного компонента в другой и между ландшафтами. Ток атомов может иметь различную интенсивность и выражаться количественными показателями.

Главные направления в геохимии – ***исследования радиационного***, ***теплового и водного баланса***. Появилась и успешно развивается новая дисциплина – ***геохимия ландшафтов***.

6. Биогеографическое направление. Биосфера и географическая оболочка – это эквивалентные понятия, в науке они существуют параллельно. Географа интересуют все компоненты природы во взаимодействии, биогеограф изучает распространение и развитие в географической оболочке живого вещества и его влияние на неживые элементы и обратно. Он устанавливает новые связи компонентов природы, скрепляющие единство географической оболочки. Живое вещество пронизывает все абиогенные оболочки. В результате за последний миллиард лет на Земле сформировалась единая биокосная система, по ведущей роли живого названная В. И. Вернадским биосферой.

7. Палеогеографическое направление стремится объяснить современные черты природы земной поверхности на основании истории развития. Палеогеография – наука, которая восстанавливает распространение морей и суши, воссоздает ландшафты и весь облик земной поверхности, какой она имела в минувшие геологические эпохи. Палеогеографический метод широко применяется в геологии и географии: в геологии – для вскрытия геологических условий формирования горных пород, в географии – для изучения возникновения и развития географической оболочки, географических поясов и природных зон.

Для ***палеогеографии*** (***эволюционной географии***) большое значение представляет учение о геологических фациях (типах осадочных пород), используемое для реконструкции осадконакопления и изменения уровня воды в водоемах, климате (температура, осадки), составе атмосферы (содержание кислорода, углекислого газа и других газов во льду), эволюции органического мира (флоры и растительности, животных, состав экзотических видов в прошлые эпохи), развитии палеоводоемов и болот, погребенных почв и лессов, ритмичности природных процессов (оледенений и межледниковий, стадиалов и межстадиалов, сукцессии палеофито- и зооценозов, миграции зон, растений и животных), появлении и развитии человека, общества и трансформации ландшафтов под влиянием антропогенного фактора.

Методы в палеогеографии (эволюционной географии) делятся на *общие* (сравнительно-географический, актуалистический, фациально-генетический, эволюционный) и *частные* (наиболее применяемые – геоморфологический, геофизический, археологический, исторический, литологический, геохимический, физико-химический, палеоботанический, палеофаунистический).

На современном этапе развития отраслей наук, обеспеченных широким внедрением новых методов в исследование географического прошлого Земли, представляется возможным оценить роль каждого из них по группам в соответствии с решаемыми задачами.

Основным методом в изучении современного состояния Земли, ее развития в прошлом и будущем является **естественно-исторический**, представляющий собой совокупность современных методов, с помощью которых проводятся всесторонние исследования Земли, позволяющие выявлять состояние и процессы изменения географической оболочки во времени и пространстве для объяснения их сходства и различия, однотипные связи между компонентами природы, осуществлять сопоставления природных условий и прогнозы их развития. В основе этого метода лежат три основные задачи:

1) изучение природной обстановки прошлого во времени и пространстве;

2) оценка состояния геосистем современного этапа как результата пространственно-временного развития;

3) прогнозирование тенденций развития природной среды на основе их анализа в прошлом и настоящем.

Решение данных задач находит свое практическое применение в нескольких **аспектах**: геохронологии (установление возраста событий геологического прошлого), страти-

графии (расчленение толщ), палеогеографии (воссоздание условий накопления отложений и развития природных компонентов среды во времени и пространстве) и корреляции (сопоставление природных геологических событий как в пределах отдельных регионов, так и значительно удаленных друг от друга – дальние корреляции) и базируется на принципах актуализма и историзма, возникших после зарождения униформизма и катастрофизма. При этом используются такие научные подходы, как статистический, руководящих форм, реликтов и экзотов, палеонтологических комплексов и эволюционный. Общими методами, или методами синтеза научных исследований, являются палеонтологические (биостратиграфические: флористические и фаунистические), непалеонтологические (геолого-стратиграфические или литогенетические) и физические. Получение *фактического материала* проводится на основе совокупного применения ряда частных методов и аналитических приемов. Частные методы дают первичную информацию (фактический материал), а общие методы – позволяют ее обрабатывать.

Сбор и первичное изучение фактического материала осуществляется в **полевых условиях** на основе аэрофото- и геологической съемок, бурения скважин, описаний геологических объектов (естественных обнажений, выходов древних пород, продуктов вулканической деятельности, а также искусственных выработок – керна скважин, шурфов, шахт, карьеров), по записям и определениям каротажными станциями физических свойств горных пород в скважинах, отборам проб и органических остатков.

Последующая обработка пород проводится **в лабораторных условиях** и включает: техническую обработку образцов различными видами анализов и последующую микроскопию (в том числе фотографирование объектов), дешифрирование аэрофотоснимков и материалов каротажа.

Обобщение и анализ полученных данных проводится в камеральных условиях с использованием общенаучных методов (моделирования, системного, логического, сравнения и аналогов) и приемов (математического, компьютерного, табличного, а также графического в виде диаграмм, карт, профилей, перфокарт, схем, сейсмограмм и пр.) обработки полученной информации. Геологические карты (изображение распространения горных пород с указанием их генезиса, возраста, состава и условий залегания) и геологические профили (отображение взаимного расположения слоев горных пород в разрезе) относятся к числу основных документов, на основании которых делаются обобщения и выводы, а также обосновываются прогноз, поиски и разведка полезных ископаемых, оцениваются условия при возведении инженерных сооружений.

Любое историческое исследование, в том числе и историко-геологическое, направлено на рассмотрение событий во времени, что требует установления хронологии этих событий. Хронология – необходимая и неотъемлемая часть любых геологических и палеогеографических исследований. Она дает возможность расположить события прошлого в их естественной последовательности и установить их формальные хронологические отношения.

Чтобы ориентироваться в бесконечном множестве отдельных событий прошлого, необходимо установить не только их формальные хронологические отношения, но и их внутренние связи (хронологические и пространственные) друг с другом. Тем самым могут быть выявлены их естественные группировки, позволяющие наметить отвечающие последним этапы и рубежи геологического развития, составляющие основу *естественной геологической периодизации*.

Историческая последовательность геологических событий запечатлена в последовательности образования слагающих земную кору геологических единиц (пластов), изучением которых занимается стратиграфия.

Между геохронологией и стратиграфией существует тесная связь. Задача геохронологии – установление последовательности событий географического/геологического прошлого Земли: ее возраста (изначального времени ее возникновения

как планеты Солнечной системы – Протоземли; возраста горных пород, сформировавшихся в процессе эволюции Протоземли и слагающих земную кору; хронологической последовательности отрезков времени, в течение которых формировались толщи горных пород. Задачей стратиграфии является изучение непрерывной последовательности формирования геологических пластов во времени и распространения одновозрастных образований по площади. Поскольку ни в одной точке Земли абсолютно полных геологических разрезов за всю историю планеты не существует в силу того, что периоды накопления (аккумуляции) осадков сменялись периодами разрушения и сноса (денудации) горных пород, многие страницы каменной летописи Земли оказываются вырванными и уничтоженными. Неполнота геологической летописи требует для восстановления истории Земли сопоставления геологических данных по большим территориям.

Все эти задачи решаются на основе рассматриваемых ниже методов относительной геохронологии. В результате разработаны геохронологическая (последовательный ряд геохронологических подразделений в их таксономической соподчиненности) и стратиграфическая (совокупность общих стратиграфических подразделений, расположенных в порядке их последовательности и таксономической подчиненности) шкалы с целым рядом соответствующих подразделений, основанных на эволюции органического мира. Стратиграфические подразделения применяются для обозначения комплексов слоев горных пород, а соответствующие им геохронологические подразделения – для обозначения времени, за которое эти комплексы отложились. Говоря об относительном времени, используются геохронологические единицы, а говоря об отложениях, которые сформировались в определенное время, – стратиграфические единицы (табл. 2.1).

Расчленение и корреляцию разрезов производят на основе критериев, обусловленных минералого-петрографическими особенностями слоев, их взаимоотношениями и условиями накопления или же составом остатков животных и растительных организмов, заключенных в породах. В соответствии с этим принято выделять методы, основанные на изучении состава слоев и их взаимоотношений (геолого-стратиграфические методы) и основанные на палеонтологической характеристике пород (биостратиграфические методы). Эти методы позволяют определить **относительный возраст** слоев горных пород и последовательность событий геологического прошлого (одни моложе или раньше, другие древнее или позже) и коррелировать одновозрастные слои и события.

Подобное определение относительного возраста горных пород не дает реального представления о геологическом возрасте Земли, о продолжительности событий геологического прошлого и продолжительности геохронологических подразделений. Относительная геохронология позволяет судить лишь о последовательности во времени отдельных геохронологических единиц и событий, но их истинную продолжительность (в тысячах и миллионах лет) можно установить геохронологическими методами, часто называемыми методами определения **абсолютного возраста**.

Географические и геологические методы объединяются в две крупные группы: **абсолютной и относительной геохронологии**.

Методами **абсолютной** (радиометрической, ядерной) **геохронологии** определяется количественно абсолютный (истинный) возраст геологических тел (пластов, слоев) со времени их образования. Способ их вычисления основан на законе постоянства скоростей радиоактивного распада. В качестве исходных данных берутся цифры относительного количества расщепляющегося элемента и продуктов его распада в исследуемой горной породе или минерале. Эти методы имеют важное значение для датирования древнейших (включая докембрийские) толщ Земли, содержащие весьма скудные органические остатки.

Таблица 2.1

Структура различных методов изучения Земли

<table>
<tr><td colspan="5">ЦЕЛЬ: изучение современного состояния Земли, ее развитие в прошлом и будущем</td></tr>
<tr><td colspan="5">ОСНОВНОЙ МЕТОД: естественно-исторический</td></tr>
<tr><td colspan="5">ЗАДАЧИ</td></tr>
<tr><td colspan="2">природная обстановка прошлого</td><td colspan="2">современное состояние геосистем</td><td>прогнозирование тенденций развития природной среды</td></tr>
<tr><td colspan="5">АСПЕКТЫ</td></tr>
<tr><td colspan="2">геохронология, стратиграфия</td><td colspan="2">палеография</td><td>корреляция</td></tr>
<tr><td colspan="5">ПРИНЦИПЫ</td></tr>
<tr><td colspan="2">актуализма</td><td colspan="2">историзма</td><td>униформизма</td><td>катострофизма</td></tr>
<tr><td colspan="5">ПОДХОДЫ</td></tr>
<tr><td colspan="2">статистический</td><td colspan="2">руководящих форм, реликтов, экзотов</td><td>палеонтологических комплексов</td><td>эвалюционный</td></tr>
<tr><td colspan="2">Геолого-стратиграфические</td><td colspan="3">Биостратиграфические</td><td>Физические</td></tr>
<tr><td colspan="5">ОБЩИЕ МЕТОДЫ (СИНТЕЗА)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Метод комплексного изучения</td></tr>
<tr><td colspan="2">стратиграфический
геологический
минералогический
петрографический
литологический
кристаллографический
фациально-формационный
(генетический)
гранулометрический
сейсмологический
гравиметрический
палеомагнитный
каротажный
геотектонический
геохимический
педогенетический (почвенный)
геоморфологический
палеопотамологический
геокриологический
гидрогеологический
вулканологический
астрономический</td><td colspan="2">археологический
отпечатков
археоциаты
губки
радиолярии (простейшие)
фораминиферы
конодонты
кораллы (кишечнополостные)
черви
трилобиты (членистоногие)
остракодологический
ракообразные
паукообразные
энтомологический (насекомые)
мшанки
брахиоподы
малакологический (моллюски)
иглокожие
граптолиты
бесчелюстные
ихтиологический (рыбы)
амфибии (земноводные)
герпетофаунистический
(рептилии)
орнитологический (птицы)
мамологический (териофаунистический)
антропологический
палеоэкологический
органографический
дендрохронологический
бактериологический
диатомовый
альгологический
карпологический
палинологический
эпидермально-кутикулярный</td><td>уранового
свинцового
калий-аргонового
рубидий-стронциевый
кальциевый
осмиевый
радиоуглеродный
изотопно-серный
дейтериевый
гелиевый
люминесцентный</td></tr>
<tr><td colspan="2">непалеонтологические</td><td>фаунистические</td><td>флористические</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">палеонтологические</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">МЕТОДЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ГЕОХРОНОЛОГИИ</td><td colspan="2">МЕТОДЫ АБСОЛЮТНОЙ ГЕОХРОНОЛОГИИ</td></tr>
<tr><td colspan="5">ЧАСТНЫЕ МЕТОДЫ (АНАЛИЗА)</td></tr>
<tr><td colspan="5">МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ОБРАБОТКИ ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА</td></tr>
<tr><td colspan="5">Полевые: геологическая и аэрофотосъемки, бурение скважин, описание геологических объектов, записи каротажных станций, отбор проб и органических остатков</td></tr>
<tr><td colspan="5">Лабораторные: техническая обработка пород, микроскопия (в т. ч. фотографирование объектов), дешифрирование аэрофотоснимков и материалов каротажа</td></tr>
<tr><td colspan="5">Камеральные на основе общенаучных методов (моделирование, системный, логический, сравнение и аналогов) и приемов (математический, компьютерный, табличный, графический в виде диаграмм, карт, профилей, перфокарт, схем, сейсмограмм и пр.)</td></tr>
</table>

Методами **относительной** (сравнительной) **геохронологии** можно получать представление об относительном возрасте горных пород, т. е. определять последовательность формирования геологических тел, соответствующих определенным геологическим событиям в истории Земли. Методы относительной геохронологии и стратиграфии позволяют ответить на вопрос, какие из сравниваемых отложений являются более древними и какие более молодыми без оценки длительности времени их образования и к какому временному интервалу относятся изучаемые отложения, соответствующие им геологические процессы, изменения климата, находки фауны, флоры и т. д.

Методы абсолютной геохронологии

Первые попытки установления абсолютного возраста горных пород относились к XVIII в. и были основаны на подсчете **мощности** накопившихся за всю историю Земли осадочных пород и **скорости осадконакопления** (Э. Галлей, Д. Муррей). С той же целью де Геер разработал методику изучения ленточных глин, накопившихся в приледниковых водоемах (**варвометрический метод**). Для них характерна тонкая чередующаяся слоистость из летних (светлых) и зимних (темных) слоев, сложенных соответственно более крупным, грубым (песчано-алевритовым) или более мелким, тонким (глинистым) материалом. Мощность годовой пары ленточных слоев около 1 мм, но она увеличивается на участках озер, расположенных ближе к леднику, и снижается по мере удаления от него. Подсчет числа годовых слоев (варв) в ленточных глинах используется для геохронологии ледникового и послеледникового времени.

В настоящее время для определения абсолютного возраста горных пород в единицах времени применяются **радиологические** (**изотопные**) методы. Они основаны на данных времени радиоактивного распада определенных химических элементов и накопления их продуктов распада (изотопов) в минералах, горных породах, природных водах, газах и органическом веществе. Процессы распада радиоактивных элементов идут самопроизвольно, с постоянной скоростью, разной у каждого элемента, которая не менялась за всю историю развития Земли, и не зависит от температуры и от давления и любых других физико-химических явлений, присущих земной коре. В результате радиоактивного распада появляются атомы устойчивых элементов, количество которых увеличивается пропорционально возрасту минерала. Для каждого радиоактивного элемента характерен свой период полураспада. Это значит, определенный промежуток времени, за который некоторое количество радиоактивного вещества уменьшается наполовину. Продолжительность полураспада у большинства элементов составляет десятки и сотни миллионов лет (для *урана-238* – 4,51 млрд лет, *урана-235* – 710 млн лет, *тория* – 13,9 млрд лет, *калия-40* – 1,3 млн лет; Гурский, Корулин, 1982; *рубидия-87* – $4{,}8 \cdot 10^{10}$ лет, ^{14}C – 5730 ± 40 лет; БСЭ, 1975). Знание относительного содержания в минерале остатка радиоактивного элемента и количества продуктов его распада (появившихся устойчивых элементов), а также периода полураспада радиоактивного элемента, позволяет вычислить абсолютный возраст породы.

В зависимости от свойств химических элементов и конечных продуктов их распада выделяют следующие методы:

- **урановый** – основан на изучении содержания радиоактивного урана в гранитном слое и осадочных породах. В ходе геологической истории содержание урана уменьшилось за счет радиоактивного распада; с этим процессом связано накопление в земной коре Pb, He. По соотношению U^{234}/U^{238} возможно датирование морских осадков возрастом до 1,5 млн лет. Здесь период полураспада U^{234} равен 248 тыс. лет. Радиоактивный распад урана играет важную роль в энергетике земной коры, являясь существенным источником глубинного тепла;
- **свинцовый** (**уран-торий-свинцовый**) – используется для определения возраста пород, образовавшихся 30–40 млн лет назад и более. **L-свинцовый** метод – применя-

ется для определения возраста цирконов по отношению общего свинца в металле к его суммарной L-активности;

● **аргоновый (калий-аргоновый, аргон-калиевый)** – базируется на распаде радиоактивного изотопа *калий-40* и преобразовании его в *аргон* и накоплении последнего в минералах. Вычисление возраста проводится по соотношению $^{40}Ar/^{40}K$ – чем оно больше, тем старше порода. Применяется при определении возраста магматических и осадочных пород по минералам, содержащих *калий-40*;

● **рубидий-стронциевый** – применяется при определении возраста докембрийских пород, для анализа используются также слюды и другие силикаты в горных породах, археологических находках и костных остатках;

● **гелиевый** – основан на определении содержания *гелия* в радиоактивных минералах; около половины всего гелия сосредоточено в гранитной оболочке земной коры. Максимальные концентрации гелия (10–13 %) выявлены в свободных газовых скоплениях и газах урановых рудников и (до 25 %) в газах, спонтанно выделяющихся из подземных вод. Вулканическим газам обычно свойственно низкое содержание гелия;

● **кальциевый** – в его основе лежит изучение изотопов кальция в отложениях и скелетах организмов;

● **осмиевый (осмий-иридиевый)** – используется при изучении остатков животных и растительных организмов (платиновые металлы в водорослях морских и пресноводных, ракообразных, моллюсках, рыбах, головастиках лягушек, корнях наземных растений, у наземных млекопитающих – в почках, печени, мышцах, скелете);

● **радиоуглеродный (изотопно-углеродный)** – изучение изотопных отношений углерода ^{12}C, ^{13}C, ^{14}C в осадочных карбонатных породах, карбонатитах и органогенных образованиях для решения вопросов о происхождении нефти, газа, алмазов, углеводородных соединений в магматических породах, графита в древних метаморфических толщах; а также возраста породы с захороненными органическими остатками (кости, шкуры животных, угли, растения, древесина); четвертичных отложений ледниковых и межледниковых эпох от 1 тыс. и до 60 тыс. лет; в археологии при установлении возраста следов древних человеческих культур, в годовых кольцах древесины;

● **изотопно-кислородный (палеотермометрический)** – базируется на исследовании содержания и соотношений радиоактивных и стабильных *изотопов кислорода* ^{16}O, ^{18}O в осадочных породах океана, морей, озер (карбонатные отложения), минералах, природных водах, льдах, газах и органическом веществе (известковые скелеты), для которых возможно определение температурного режима водоемов (***палеотермометрический метод***), разработки атлантической, тихоокеанской, индийской, байкальской, прикаспийской, гренландской и антарктической глобальных шкал;

● **изотопно-серный** – основан на изучении количественного содержания *изотопов серы* в древних горных породах и минералах, что позволяет определить время формирования кислородной атмосферы Земли;

● **дейтериевый** – базируется на исследовании стабильного *изотопа водорода* ^{2}H (D или тяжелый водород) в породах и организмах; применяется сравнительно редко;

● **люминесцентный** – в его основе лежит изучение люминесценции различных объектов в виде собственного их свечения или свечения специальных твердых и жидких веществ (люминофоров), которыми отличаются известняковые и кристаллические породы. ***Термолюминесцентный*** метод основан на исследованиях избыточного излучения относительно естественного теплового излучения объекта. Интенсивность термолюминесценции увеличивается по мере увеличения возраста отложений;

● **самарий-неодимовый** – применяется для датирования возраста докембрийских (гранитоидов и особенно щелочных) пород, в большей мере – океанических базальтов, красных глубоководных глин, гранитов, ультраосновных пород и минералов уль-

траосновных пород; систематические исследования этим осуществляются пока в некоторых зарубежных лабораториях;

- **калий-кальциевый** – использован для определения возраста гранитов, гнейсов и амфиболитов;
- **уран-ксеноновый** – ведутся работы по освоению и внедрению этого метода в геологическую практику;
- **рений-осмиевый** – предпринята работа по освоению и внедрению этого метода в геологию;
- **нейтронно-активационный** – обладает принципиально новыми возможностями датировать открытые геохронологические системы, т. е. подверженные различным наложенным изменениям горные породы; находится в разработке;
- **метод треков осколочного деления** – основан на спонтанном делении ядер урана, используется для определения возраста верхнеплиоценовых и четвертичных вулканитов;
- **метод неравновесного урана** – применяется для установления возраста верхнеплиоценовых и четвертичных отложений.

Результатом использования методов абсолютной геохронологии являются данные о времени образования горных пород Земли. По изотопному составу инертных газов (аргона, ксенона и др.) установлен радиационный возраст метеоритов (времени воздействия на них космического облучения), что дает богатую информацию об особенностях образования вещества Солнечной системы. Так, по возрасту лунных пород (реголита – в 4,7 млрд лет) и каменных метеоритов можно утверждать о возрасте Земли не менее 4,6 млрд лет, и на протяжении этого времени уже существовали планеты Солнечной системы и метеориты.

Древнейшие горные породы из района Земли Эндерби в Антарктиде имеют возраст 4 млрд лет, Верхоянского хребта, гранитов, гнейсов и амфиболитов Кольского полуострова – 4,2 млрд лет, Западной Австралии – 4,1–4,2 млрд лет, что позволяет принять данные величины за начало формирования первичной земной коры. Древнейший возраст магматических и метаморфических пород на различных материках (амфиболиты в Гренландии – 3,75 млрд лет; гнейсы на Украине – 3,5 млрд лет; граниты в Африке – 3,5 млрд лет; гнейсы в Казахстане – 3,27 млрд лет; плагиогнейсы Омолонского массива на северо-востоке России – 3,4 млрд лет; граниты на Кольском полуострове – 3,1 млрд лет) знаменует начало архея. Доказан архейский (более 3 млрд лет) возраст пород Станового хребта, а также позднеархейское (2650 ± 50 млн лет) время образования Алдано-Станового щита.

На Украине обнаружены остатки организмов с возрастом 3,3–3,4 млрд лет, что свидетельствует о большой древности биосферы Земли. Определен древний возраст в 1300 млн лет метаморфических гнейсов Камчатского массива, который был значительно омоложен по данным калий-аргонового (100–150 млн лет) и рубидий-стронциевого (487 млн лет) методов (Практическая стратиграфия, 1984).

Успешно определена граница мела и палеогена в 67 млн лет в Павлодарском Прииртышье, подтвержденная также данными палинологического анализа. Большое число датировок методами абсолютного датирования позволило дать первую достаточно полную картину развития магматизма и рудообразования, охарактеризовать возраст различных магматических и метаморфических образований, продолжительность и главные проявления магматизма Тихоокеанского обрамления.

На основе радиоуглеродного метода по костям и шкуре мамонта на Таймыре был установлен возраст его захоронения в 11–12 тыс. лет; датированы эпохи оледенения в Европе и Северной Америке, определен возраст древних человеческих культур и т. д.; проведена корреляция разрозненных и разнофациальных разрезов, разработана детальная схема развития природных событий во время последнего поозерского (валдайского, вюрмского) оледенения, а также молодого голоценового межледниковья и скоррелированы палеогеографические события ледниковой и внеледниковой зон.

Единицы абсолютной хронологии (год, сутки, час) определяются скоростью вращения Земли вокруг своей оси. Установленный данными абсолютной геохронологии возраст пород показал, что и эта скорость изменялась во времени: она замедляется в историческом плане – 570 млн лет назад в кембрийском периоде продолжительность года составляла 420–425 дней, 65 млн лет назад в начале палеогена – 371 день, а в настоящее время – 365,25 дня.

2.6. Методы относительной геохронологии

Все методы определения относительного возраста пород объединяются в две группы: палеонтологические (биостратиграфические) и непалеонтологические (геолого-стратиграфические).

2.6.1. Палеонтологические (биостратиграфические) методы

Эти методы универсальны и используются именно в исторической геологии, поскольку позволяют решать практически все задачи стратиграфии, палеогеографии и корреляции. Сущность палеонтологических методов – в определении относительного возраста пластов горных пород по крупным и мелким ископаемым остаткам вымерших животных (моллюсков, конодонт, рыб, фораминифер, радиолярий, остракод и др.) и растений (листьев, спор, пыльцы, створкам диатомей, плодов, семян и др.), которые в них захоронились.

Особое внимание уделяется микроорганизмам, характерные особенности которых:

а) малые размеры, что позволяет извлекать их не только из горных пород в естественных обнажениях, но и из небольших обломков кернов буровых скважин;

б) большое количество экземпляров даже в небольших образцах;

в) распределение микроорганизмов практически по всем толщам морских и континентальных разрезов, что очень важно при использовании кернового материала, так как ископаемые остатки крупных организмов встречаются в керне редко и обычно в виде обломков, определение которых затруднительно.

Чрезвычайно мелкие микроорганизмы требуют особых приемов извлечения их из породы и дальнейшего изучения. Породы, содержащие такие объекты, измельчаются, иногда прокаливаются и неоднократно охлаждаются; чаще растворяются в воде и растворах едких щелочей или кислот (уксусной, серной и др.). Извлеченные из пород микроорганизмы исследуются под световым и сканирующим микроскопами, а внутреннее строение раковин фораминифер, радиолярий, кокколитофорид и других микроорганизмов – в прозрачных шлифах под микроскопом. Применение электронной микроскопии открыло широкие возможности для более глубокого изучения скелетов микроорганизмов и использования их в биостратиграфии.

Для определения относительного возраста горных пород используются **флористические** и **фаунистические** биостратиграфические методы.

Флористические методы

Палинологический (спорово-пыльцевой) – ведущий среди палеонтологических методов. Объект его изучения – микроскопические оболочки пыльцы (голосеменные, цветковые растения), спор (грибы, лишайники, мхи, плауны, хвощи, папоротники), а также массулы растений, ценобии водорослей, оогонии харовых водорослей. Они встречаются всюду: на поверхности почв, во льдах, в морских водах, в донных илах и других средах,

что дает возможность выделять споры и пыльцу почти из всех отложений геологического прошлого – континентальных, лагунных и морских и проводить непосредственную корреляцию разных по литологическому составу и происхождению отложений.

Данные спорово-пыльцевого анализа используют для восстановления физико-географических условий прошлого: характера флоры и растительности, миграции растений и природных зон, состава экзотов, изменений климата, развития палеоводоемов, осадконакопления, влияния антропогенного фактора на естественную природную среду, районирования территории, разработки биостратиграфических схем, корреляции отложений.

Карпологический изучает форму и строение плодов и семян преимущественно травянистых растений, мегаспор папоротникообразных. Наиболее эффективен для изучения неогеновых и четвертичных отложений. Трудности метода заключаются в сложности выявления переотложения карпоидов.

Альгологический метод исследует микроскопические **водоросли** (**наннопланктон**) и докембрийские **водорослевидные образования** (в ископаемом состоянии колонии синезеленых водорослей (**строматолиты**) известны из ранне- и среднепротерозойских отложений). С их деятельностью связано обогащение атмосферы Земли кислородом вследствие процессов фотосинтеза. Большое стратиграфическое значение приобретают и другие представители наннопланктона: **акритархи –** особенно для древних (докембрийских и палеозойских) отложений, некоторые другие – для кайнозойских отложений, а ныне – **известковый наннопланктон**.

Диатомовый предмет исследований – кремнистые водоросли, известные с юрского периода. Использование сканирующего микроскопа позволило более широко проводить изучение их систематического и экологического состояния, биогеографии и численности, что важно для расчленения отложений неогена, плейстоцена и голоцена. Максимальные скопления остатков диатомей образуют осадочные породы (опоки и диатомиты).

Бактериологический метод основан на изучении бактерий, повсеместных в почвах, водах, грунтах водоемов, воздухе и т. д. Самые ранние бактерии обнаружены в породах древнее 3,5 млрд лет. Значительная часть карбонатных пород и железистых руд архея – результат скопления продуктов жизнедеятельности бактериальных организмов.

Дендрохронологический базируется на изучении годичных колец на срезах стволов деревьев. Наиболее полная информация о климате выявляется на срезах с наибольшим возрастом деревьев (около 180–200 лет).

Органографический метод изучает **остатки растений** или их признаки, а также их **отпечатки** (размеры и форму листьев – **листовой анализ**). **Остатки растений** имеют универсальное значение для стратиграфии и корреляции континентальных и прибрежно-морских отложений всех возрастов. Вымершие растения изучает палеоботаника, остатки отдельных частей растений – палеопалинология, палеоксилология, кутикулярный анализ, палеокарпология. **Отпечатки растений**, чаще всего листьев и побегов высших растений, имеют значение при поисках угленосных отложений.

Палеоксилологический метод основан на анатомическом изучении ископаемой древесины (форма и строение элементов проводящей ткани, наличие и форма пор и др.).

Эпидермально-кутикулярный используется для изучения кутикулы (форма клеток, строение устьиц) и эпидермиса, которые в ископаемом состоянии встречаются в виде пленок на листьях и стеблях.

Кроме вышеупомянутых остатков растительных организмов объектами флористических методов растений также являются:

- **риниофиты** (**псилофиты**) – появившиеся в силуре, достигшие расцвета в среднем девоне и вымершие в конце девона кустарникообразные наземные споровые растения, заселявшие низменные побережья морей;

• **мохообразные –** мелкие наземные растения, редко встречаемые в ископаемом состоянии;

• **плауновидные** – споровые древовидные растения позднего палеозоя. Широко распространены в каменноугольном периоде **лепидофиты** (в том числе **лепидодендроны**, **сигиллярии**). В ископаемом состоянии чаще встречается кора плауновидных;

• **хвощи** (членистостебельные) – бурное распространение в позднем палеозое (карбоне) с наибольшим значением **каламитовых** – крупных древовидных растений, похожих на гигантских хвощей;

• **папоротниковидные** – произошли от риниофитов; *первые папоротники* появились в девоне, широкое распространение имели в палеозое; в ископаемом состоянии обычно сохраняются отпечатки листьев и споры;

• **голосеменные** представлены преимущественно древесными формами, реже кустарниками или лианами: **хвойные**, **цикадовые** (или **саговниковые**), **гинкговые** и др. **Кордаитовые** известны с девона (имели годичные кольца как показатель сезонности климата); **гинкговые** возникли в конце каменноугольного периода, достигли расцвета в юре и резко сократились в конце мела). **Хвойные** появились в позднем карбоне, ныне господствуют среди голосеменных;

• **покрытосеменные** появились в конце юрского – начале мелового периода и в середине мела занимали господствующее положение.

Фаунистические методы

Антропологический метод – объектом его исследований является происхождение человека, образование человеческих рас и эволюция человека под влиянием социальных и природных условий. Представители рода *Homo* (человек) подразделяются на **архантропов** (питекантропов, синантропов и гейдельбергских людей, существовавших 370–700 тыс. лет назад), **палеоантропов** (неандертальцев), **неоантропов** (появились около 40 тыс. лет назад, к ним относятся и представители расы современных людей – кроманьонцы).

Археологический изучает вещественные продукты труда человека (орудия производства и созданные с их помощью материальные блага: постройки, оружие, украшения, посуда, произведения искусства и др.). Исследования проводятся путем раскопок археологических памятников, в особенности при изучении эпох последних 2 млн лет, когда не существовало письменности (появилась 5000 лет назад). Метод широко использует подходы ***стратиграфии*** (чередование культурных слоев), ***типологии*** (хронологическая классификация), ***датирования по*** ^{14}C, ***палемагнитного измерения*** (остаточная намагниченность в обоженной глине), ***варвометрии*** (возраст культурных слоев по ленточным глинам), ***спектрометрии***, ***металлографии***, ***петрографии***, ***палинологии***, ***палеозоологии*** (животный мир среды обитания человека и состав домашних животных), ***палеоантропологии*** (эволюция человека по останкам древних людей), а также ***статистики***, ***истории***, ***этнографии*** (этническое развитие племен и народов), ***эпиграфики*** (надписи на камне, металле, глине, дереве), ***нумизматики*** (монеты), ***сфрагистики*** (печати), ***геральдики*** (гербы), ***социологии***, ***истории искусства***, изучает ***следы работы на орудиях труда***, ***годичные кольца древесины*** из археологических памятников. По отраслям археология подразделяется: на классическую (письменный период истории Древней Греции и Рима), восточную, средневековую, первобытную. По способам производства орудий труда выделяют эпохи палеолита, мезолита, неолита, бронзового века и железного века.

Мамалогический (**териофаунистический**) метод изучает костные останки млекопитающих, произошедших от мезозойских звероподобных пресмыкающихся, которые известны из отложений триаса и исчезли в среднем мелу (ныне их потомки – ехидна

и утконос). В раннем мелу уже существовали сумчатые (современные их представители – кенгуру, сумчатый волк, сумчатая собака) и появились насекомоядные – первые плацентарные (высшие млекопитающие), расцвет которых наступил в кайнозое. В палеоцене плацентарные (древние копытные, зайцеобразные, древние хищники, грызуны и летучие мыши) уже преобладали над сумчатыми, а эоцен стал периодом их самого бурного развития. Отряд приматов, к которому принадлежит человек, появился в палеоцене как ответвление класса насекомоядных. Современные виды млекопитающих составляют всего $^{1}/_{3}$ всех существовавших ранее животных.

Орнитологический – предмет его изучения – остатки костей ископаемых птиц, редких и малочисленных из-за хрупкости и плохой сохранности. Далекими предками орнитофауны считают пресмыкающихся – псевдозухий (передвигались на задних конечностях) из нижнего триаса. В юрских слоях впервые были найдены отпечатки перьев и остатки скелетов археоптериксов, имевших перья, но со многими чертами пресмыкающихся. Останки настоящих птиц обнаружены лишь в меловых отложениях, а расцвет класса птиц – в кайнозое.

Герпетофаунистический метод изучает рептилий (пресмыкающихся**)**. Переходной группой между амфибиями и рептилиями в палеозое были **батрахозавры**, а наиболе древней и примитивной – котилозавры, появившиеся в среднем карбоне. К концу карбона появились зверообразные, ставшие в перми господствующими. Значительного разнообразия рептилии достигли в мезозое, когла они заселяли не только сушу, но и пресные и морские воды; наряду с ними появились и летающие формы. В мезозое сформировались все группы рептилий, в том числе и сохранившиеся поныне. В триасе вымерли котилозавры, разнообразие зверообразных рептилий резко сократилось. В триасе появились черепахи, ящерицы, клювоголовые, ихтиозавры, зауроптеригии (в том числе плезиозавры), плакодонты. Ихтиозавры и зауроптеригии обитали в морях и особенно многочисленны были в юрский период во время крупных трансгрессий, а в мелу они вымерли. Самая молодая группа рептилий – змеи – появилась в мелу. Наиболее обширная и разнообразная группа рептилий мезозоя – архозавры – характеризовалась хождением на задних ногах. Этой особенностью обладали уже и типичные псевдозухии, давшие начало остальным группам архозавров – крокодилообразным, фитозаврам, динозаврам (расцвет в юре), настоящим крокодилам, летающим ящерам, птицам. Все эти группы появились в конце триаса или в юре. Часть динозавров сохранила двуногое передвижение (хищные и орнитоподы), часть вернулась к четвероногому хождению (зауроподы, стегозавры, анкилозавры и рогатые динозавры). Большинство рептилий вымерло в конце мезозоя, а в современной фауне они представлены ящерицами, змеями, хамелеонами и др.).

Ихтиологический базируется на изучении древних рыб. Их ископаемые формы (акантоды, артродиры, крылатые рыбы) появились в силуре в пресных водах, а с девонского периода они вышли в море. Девон – это расцвет, а затем угасание панцирных бесчелюстных и появление собственно рыб, большинство современных групп которых появилось в мелу. Наиболее примитивными из позвоночных были древние бесчелюстные, которые появились еще в ордовике и к концу девона вымерли. К современным бесчелюстным относится минога.

Малакологический метод, объект его изучения – моллюски, появившиеся в кембрии (двустворчатые, брюхоногие), а наибольшее стратиграфическое значение имели в конце палеозоя и в мезозое. В кембрийских отложениях наряду с другими группами фауны встречались хиолиты и хиолительмииты, используемые для корреляции этих отложений. Такие группы *двустворчатых моллюсков*, как галобииды, монотиды, характерны для триаса, отапирии – для верхнего триаса и нижней юры, митилоцерамы – для средней юры, бухииды – для верхней юры неокома, иноцерамы – для мела. Для целей региональной и местной стратиграфии большое значение имеют пектини-

ды, тригонииды и др. *Брюхоногие моллюски* не играют существенной роли в биостратиграфии и используются лишь наряду с другими группами фауны для комплексного обоснования подразделений мезозоя и кайнозоя. Живут они в морях, пресноводных водоемах и на суше. *Головоногие моллюски* (морские животные неглубоких зон с нормальной соленостью воды, плавающие или ползающие по дну) – важнейшая группа фауны для биостратиграфии мезозоя; в ордовике и силуре определенную роль для стратиграфии играют наутилоидеи (известны с кембрия), эндоцератоидеи и актиноцератоидеи. Агониатиты свойственны девону, гониатиты – силуру, девону, карбону и перми. В стратиграфии верхнедевонских отложений исключительное значение имеют климении. В верхней перми и в триасе основная роль принадлежит цератитам, на смену которым приходят аммониты (расцвет в юре), просуществовавшие с верхнего триаса по мел. Аммоноидеи являются главной группой фауны для верхней перми, триаса, юры и мела. Руководящие ископаемые юрских и меловых отложений – белемнитам (появились в карбоне и вымерли в палеогене). К головоногим моллюскам относится большинство современных видов (каракатицы, кальмары, осьминоги). Метод объективен для стратиграфии и экологии кайнозоя.

Энтомологический метод основан на изучении насекомых (членистоногих). Единичные их остатки известны со среднего девона, с середины карбона они стали многочисленными и представлены преимущественно вымершими палеодиктиоптерами, гигантскими стрекозами, таракановыми и др. В перми появились первые жуки, скорпионницы и др., в триасе – первые перепончатокрылые, в юре отмечено обилие жуков, двукрылых. С раннего мела появились многие новые семейства, формировавшие фауну насекомых кайнозоя, которая уже с палеогена мало отличалась от современной. Особенно интересны находки насекомых в янтаре. Энтомофауна разных климатических зон резко различается и поэтому используется для палеоклиматических реконструкций и географического районирования материков.

Остракодологический – объекты его исследований – пресноводные и морские низшие ракообразные – остракоды, ранние находки которых известны из нижнего палеозоя. В силу высокой приспособляемости к условиям обитания они отличаются быстрой изменчивостью во времени. В девоне, карбоне и в раннем мелу остракоды были породообразующим материалом. В континентальных условиях они остаются массовыми в палеоценозах палеогена, неогена и антропогена**.** Особое значение они имеют при поисковых работах нефтеносных и газоносных структур и угольных бассейнов.

Отпечатков метод – в основу него положено исследование в породах отпечатков панцирей, костей животных, насекомых, перьев птиц и др.

Кроме вышеупомянутых остатков животных организмов, объектами фаунистических методов являются также:

- ***амфибии* (*земноводные*)** – первые позвоночные, перешедшие от водного к водно-наземному образу жизни. Наиболее древние и примитивные земноводные (ихтиостеги) обладали значительным сходством с кистеперыми рыбами, будучи их потомками. Главную ветвь ископаемых земноводных составляли стегоцефалы (лабиринтодонты), от них отделились батрахозавры, бесхвостые и лепоспондильные. Появились земноводные в девоне, достигли наибольшего распространения и разнообразия в карбоне с влажным и жарким климатом; в более сухой пермский период среди них появились наземные формы, а в триасе – многообразие земноводных резко сократилось за счет водных форм и второй этап их процветания приходится на кайнозой;
- ***граптолиты*** – группа вымерших колониальных животных типа полухордовых, известны с кембрия по девон и являются руководящей группой в ордовике, силуре и в нижнем девоне. Остатки этих организмов, встречающиеся в осадках открытых морских бассейнов, бывают особенно многочисленны в темных глинистых (граптоли-

товых) сланцах; встречаются и в других типах терригенных, кремнистых и слоистых карбонатных пород, а также в некоторых метаморфических горных породах;

● ***иглокожие*** представлены морскими организмами – лилиями, цистоидеями, звездами, ежами, змеехвостками, тело которых имеет известковистый скелет или панцирь и покрыто известковыми иглами. В ископаемом состоянии в осадочных породах палеозоя и мезозоя часты стебли морских лилий (ведут прикрепленный образ жизни), являвшихся породообразующими организмами в палеозое. Для расчленения карбонатных верхнемеловых отложений большое значение имеют морские ежи (ведут свободноподвижный образ жизни);

● ***брахиоподы* (*плеченогие*)** – одиночные морские животные донного образа жизни. Стратиграфическое значение имеют беззамковые (в кембрийских отложениях) и замковые (с конца кембрия являются вспомогательной, а в ордовике, силуре, особенно девоне, карбоне (продуктиды) и перми – одной из важнейших групп бентосной фауны) брахиоподы**.** В мезозое брахиоподы играют меньшую роль и используются для выделения зоогеографических провинций;

● ***мшанки*** – беспозвоночные, преимущественно морские сидячие колониальные животные, внешне напоминающие мох или лишайник. Наиболее древние остатки в виде известковых скелетов известны из нижнего ордовика, но возможно, что они существовали уже в кембрии. Наибольшего разнообразия достигли в палеозое, создавая толщи мшанковых известняков каменноугольного и пермского возраста. В ряде случаев мшанки принимали участие в образовании рифов. Всего известно около 15 тыс. вымерших видов;

● ***паукообразные*** – древние наземные членистоногие, родственные ракоскорпионам; как и последние, ведут свое происхождение от трилобитов. Известны из отложений верхнего силура;

● ***ракообразные*** – возможно произошли от древних вымерших членистоногих – трилобитов или от кольчатых червей. В ископаемом состоянии известны с кембрия, наиболее многочисленны листоногие и ракушковые формы; последние в стратиграфии являются руководящими;

● ***трилобиты*** – ранние находки этих морских животных известны с позднего протерозоя. Обычно же они составляют господствующую часть ископаемого бентоса палеозойских морей (руководящая группа для биостратиграфии кембрия и ордовика). В силуре и девоне трилобиты редки;

● ***черви*** – сборная группа беспозвоночных животных, относящихся к первичноротым (плоские черви, первичнополостные, немертины, эхиуриды, сипункулиды, кольчатые). Черви, за редким исключением, не имеют минерального скелета и в ископаемом состоянии весьма редки, поэтому геологическое значение их невелико. Остатки древнейших форм установлены с раннего-среднего протерозоя;

● ***кораллы*** – представители группы кишечнополостных, хорошо сохранившихся в ископаемом состоянии. Это водные, преимущественно морские животные, ведущие одиночный или колониальный образ жизни. В отложениях раннего-среднего протерозоя появляются и сложные многоклеточные организмы – кораллиты. В палеозое (со среднего ордовика) для расчленения карбонатных и терригенно-карбонатных отложений служат табуляты и гелиолитиды (верхний ордовик и силура) и четырехлучевые кораллы (девон и особенно карбон). С триаса появились шестилучевые кораллы (используются для расчленения терригенно-карбонатных и карбонатных толщ (коралловые известняки), а также построек юры, мела и палеогена. Постройками колониальных кораллов сложены огромные береговые и барьерные рифы, атоллы и небольшие острова в морях южного полушария;

• ***археоциаты*** – вымершие, преимущественно колониальные, морские животные, ведшие прикрепленный образ жизни; это строители органогенных известняковых построек и служат главным образом для корреляции и расчленения карбонатных отложений, это и руководящие ископаемые нижнего кембрия;

• ***губки*** – беспозвоночные, наиболее примитивные морские придонные животные**,** наиболее древние их остатки – известковые или кремнистые иглы в докембрийских отложениях. Около 15 семейств губок характерны только для палеозоя; несколько семейств возникло в палеозое и вымерло в мезозое; более 60 семейств появилось и вымерло в мезозое; около 30 семейств существует с мезозоя; 10 семейств современных губок появилось в палеогене. Остатки скелетов иногда образуют губковые слои. Существуют породы – спонголиты, обогащенные кремнием за счет спикул губок;

• ***радиолярии*** – просто устроенные одноклеточные породообразующие организмы, наиболее типичные для кайнозоя, используются также в стратиграфии мезозойских и палеозойских отложений начиная с докембрия. Особенно важное значение приобретают радиолярии при изучении кремнистых (яшмовых) толщ. Остатки радиолярий встречаются во всех типах морских осадков, но наилучшая их сохранность в глинистых сланцах, алевролитах и различных кремнистых породах с глинистыми или железистыми цветными примесями;

• ***фораминифе́ры*** – одноклеточные микроскопические породообразующие организмы, преимущественно морские. Наиболее обильны они в карбонатных глинах, мергелях и органогенных известняках, реже встречаются в глинах, глинистых и известковистых алевролитах, очень редко – в песках, песчаниках и гравелитах. Известны с кембрия первоначально с однокамерной раковиной, позднее – с известковой многокамерной; расцвета достигли в карбоне – перми с появлением фузулинидов и близких к ним форм, раковины которых после отмирания организмов образовывали значительные по мощности слои фузулиновых известняков. В конце палеозоя эти группы вымерли. В мезозое – кайнозое (мел и палеоген) появились новые группы, среди которых наиболее известны нуммулиты с крупной монетковидной раковиной. Массовость фораминифер и наличие их почти в каждом слое морских отложений (особенно в карбонатных), широкое географическое их распространение дает возможность разрабатывать очень дробные стратиграфические схемы и проводить корреляцию на значительных площадях (в особенности в кайнозое);

• ***конодонты*** – очень мелкие зубообразные окаменелости в виде конусообразной, стержневой, пластинчатой формы, которые, возможно, были твердыми частями мягкотелых примитивных позвоночных. Приобрели важное стратиграфическое значение с середины XX в., хотя систематическая принадлежность их точно не выяснена. Установлено присутствие ископаемых остатков этих животных от кембрия до мела (многочисленны и разнообразны в ордовике, верхнем девоне и триасе) и распространение почти на всех континентах. Встречены во всех типах морских осадков (терригенных, кремнистых и карбонатных отложениях), а также в яшмах и фтанитах, что открывает возможность использования конодонт при изучении кремнисто-вулканогенных отложений.

2.6.2. Непалеонтологические (геолого-стратиграфические) методы

Эти методы используются наряду с палеонтологическими, а также и в тех случаях, когда пласты горных пород не содержат окаменелостей.

Стратиграфический метод – заключается в определении относительного возраста пород по последовательности напластований слоев – нижележащий пласт стар-

ше того, который лежит над ним. Метод широко используется при горизонтальном залегании пластов, но в местах смятия пород необходимо установить крышу и подошву их залегания.

Наряду с осадочными толщами этот метод перспективен для определения косвенным путем относительного возраста магматических пород, не содержащих органических остатков – интрузивных (внедрившихся или плутонических) и эффузивных (излившихся или вулканических), учитывая их взаимоотношения с осадочными породами.

Геологический метод базируется на следующих трех основных направлениях изучения строения Земли, ее происхождения и развития:

- ***описательной геологии*** (минералы, горные породы и их типы; состав, формы, размеры, взаимоотношения, последовательность залегания геологических тел, т. е. география современного размещения и вещественный состав слоев горных пород, гранитных массивов и др.;
- ***динамической геологии*** (геологические процессы на поверхности Земли (разрушение горных пород, перенос и переотложение их ветром, ледниками, наземными и подземными водами; накопление осадков в бассейнах рек, озер, морей, океанов и др.) и в ее недрах (движения земной коры, землетрясения, извержения вулканов и сопутствующие им явления; различные нарушения в залегании слоев – их изгибы или пликативные дислокации, разрывы или дизъюнктивные дислокации и т. п.);
- ***исторической геологии*** (история Земли за время ее возникновения и развития: последовательность образования и распространение геологических тел, процессы и события (тектогенез, метаморфизм, образование и разрушение залежей полезных ископаемых, трансгрессии и регрессии водных бассейнов, смены эпох оледенений эпохами межледниковий, эволюция растительного и животного мира и т. д.).

При геологических исследованиях важными факторами являются также пространственный и региональный.

Минералогический – основан на изучении природных устойчивых химических соединений – минералов, образующих однородные тела. Минералы встречаются в твердом (алмаз, золото, платина, вольфрам, кальцит, киноварь, слюда), жидком (вода, ртуть) и газообразном (благородные газы) состоянии; характеризуются определенным составом и свойствами, структурными и текстурными особенностями, условиями образования и изменения в природе. Метод важен для поиска и оценки месторождений полезных ископаемых.

Петрографический метод как одно из направлений минералогии базируется на исследовании горных пород – минеральных агрегатов, образующих самостоятельные геологические тела: известняки, кварциты, гипс, гнейсы, сланцы, соли, пески, гравий, глины, граниты, алевролиты и др. Выделяют петрохимию, петрофизику, петротектонику, а также физико-химическую, экспериментальную, техническую, космическую (изучает метеориты, горные породы Луны и других планет) петрографию.

Литологический используется для изучения современных типов отложений и осадочных пород: их вещественного состава, строения, происхождения и закономерностей пространственного размещения. Многие из осадочных пород представлены полезными ископаемыми: рудами железа, марганца, алюминия (бокситы), фосфора (фосфориты), стронция, никеля; торфом, бурыми и каменными углями, графитом, горючими сланцами; песками в виде россыпей золота, платиной, оловом, титаном, алмазами и другими ценными минералами; песками, глинами, адсорбентами, цементным сырьем, гипсом, природной солью. Осадочные породы на суше, океаническом и морском дне вмещают залежи нефти, газа, руды меди, свинца, цинка, марганца, никеля, фосфора, ртути, россыпи ценных минералов, артезианские воды: питьевые, минеральные лечебные, рассолы.

Кристаллографический – как одно из направлений минералогии базируется на изучении атомарного строения кристаллов; сейчас относится к дисциплинам физического направления.

Фациально-формационный (генетический) основан на анализе типов осадочных пород (фаций) по происхождению и условиям образования (морские, континентальные, лагунные), а также на анализе их естественных родственных (парагенетических) сочетаний (осадочных формаций**)** по особенностям тектонического режима (геосинклинальным, переходным или орогенным, платформенным) для познания палеогеографических обстановок их накопления.

Гранулометрический (механический) предназначен для изучении содержания в рыхлой горной породе, почвах или искусственных веществах зерен различной крупности. В осадочных горных породах различают гранулометрические фракции от размеров валунов (свыше 500 мм), гальки, гравия, песка, алеврита, пыли и до глины (менее 0,005 мм). Разделение на фракции проводится с помощью наборов сит, просеиванием, гидравлически, термически, обработкой химическими реактивами.

Сейсмологический – используется при изучении геологических процессов, сопровождающих природные землетрясения и установления сейсмически опасных районов. Метод базируется на зависимости скорости прохождения упругих колебаний (сейсмических волн) от плотности и физического состояния среды. Природные землетрясения или искусственные взрывы создают три типа распространения сейсмических волн: поверхностные (только в воздушной среде), поперечные (в твердой среде как реакция вещества на изменение формы) и продольные (с большой скоростью в твердой среде и с меньшей скоростью в жидкой среде как реакция вещества на изменение объема). Сейсмические волны фиксируют на сейсмограмме крупные неоднородности нашей планеты и дают представление о глубинном строении ее недр с выделением трех главных земных сфер – земной коры, мантии и ядра.

Гравиметрический – основан на измерении гравиметрии распределения на поверхности Земли силы тяжести, на ускорение которой влияет географическая широта и геологическое строение фундамента. Гравиразведка выявляет гравиметрические аномалии (области значительного увеличения или уменьшения силы тяжести) – положительные аномалии связаны с присутствием более плотного вещества, отрицательные указывают на уменьшение его плотности, что находит практическое применение при поисках и разведке полезных ископаемых.

Палеомагнитный базируется на способности минералов сохранять свои магнитные свойства со времени их образования. Выделены горизонты прямой и обратной намагниченности, позволившие сделать выводы: а) о составе вещества земных недр (магнитные аномалии связаны со скоплениями полезных ископаемых); б) возрасте горных пород и минералов, в особенности в ложе Мирового океана (породы и пласты с одинаковой намагниченностью образовались одновременно); в) изменении напряженности и полярности во времени и пространстве (миграция магнитного полюса, находящегося всегда вблизи географического, указывает на перемещения глыб континентов в геологическом прошлом). Недостатки метода заключаются в наличии частых перерывов накопления толщ и неполноте летописи горизонтов прямой и обратной намагниченности.

Каротажный метод основан на получении каротажными станциями геологической информации по физическим свойствам горных пород в разрезах глубоких скважин: геофизические исследования до глубины 7000 м (термические, электрические, магнитные, радиоактивные, акустические, газовые, люминесцентно-битуминологические и др., а также механические свойства (разбуриваемость) пород в процессе бурения. По результатам возможно выделение и оценка запасов полезных ископаемых (нефти, газа, воды, угля, руд, строительных материалов), контроль за разработкой место-

рождений нефти и газа. Для определения возраста пород используется электро- и гамма-каротаж.

Геотектонический изучает движения земной коры и создаваемые ими крупные (материки и океаны) структуры. Недостатками метода является то, что тектонические движения на больших площадях происходят неодновременно и имеют неодинаковую скорость. ***Неотектонический метод*** (современные движения) – изучает те же вертикальные и горизонтальные движения и процессы как результат реализации современных тектонических напряжений применительно к неоген-четвертичному времени с помощью лазерной, радиоастрономической и промышленной геофизики. ***Экспериментальная тектоника*** – изучает тектонические процессы на моделях (например, образование складок).

Геохимический – изучает распределение и процессы миграции химических элементов в горных породах, почвах, растениях, водах, газах и др. Основное внимание уделяется выявлению в разрезах повышенных или пониженных концентраций отдельных элементов и границ, отмечаемых резкими перепадами этих концентраций (геохимические барьеры), что отражает палеогеографические рубежи седиментогенеза. При изучении литологически однородных толщ важно понимание взаимосвязей между химическими элементами и образуемыми ими ассоциациями. Недостатком метода является невозможность установления степени преобразования химического состава древних пород относительно современных для выяснения палеоклиматических условий их формирования.

Педогенетический (почвенный) – используется для изучения состава и свойств современных (дневных) и погребенных (древних) почв, условий их возникновения, становления и эволюции под влиянием природных факторов (климата, растительности, животного мира, рельефа, материнской породы, возраста территории) и хозяйственной деятельности человека, а также для определения возраста почвы на основе исследования его вертикального разреза (почвенного профиля); в этих целях используются преимущественно механический, химический, минералогический и микробиологический анализы.

Геоморфологический применяется для исследования рельефа (форм земной поверхности) и Земли в целом, его происхождения, внешнего облика, эволюции и закономерностей географического распространения. Включает структурную, динамическую и климатическую геоморфологию, современные движения земной коры и сейсмичность, геоморфологическое картографирование и районирование, легенды карт, спецкарты, дистанционные методы, математические методы в геоморфологии, теорию систем, морфометрию рельефа, экспериментальную геоморфологию, палеогеоморфологические исследования, микроморфологический и морфоструктурный анализы. ***Гляциоморфологический метод*** – используется для изучения форм земной поверхности в периоды оледенений и межледниковий в четвертичном периоде кайнозоя.

Палеопотамологический изучает развитие древних речных долин (ледникового выпахивания и размыва) и прарек в эпохи оледенений и межледниковий четвертичного периода, главным образом для разведки бассейнов ресурсных запасов пресных вод, а также различных полезных ископаемых.

Геокриологический основан на изучении пород, процессов, явлений и жизни организмов настоящего и геологического прошлого, связанных со льдом и низкими температурами. Мерзлотные процессы охватывают временной интервал от суток до длительных эпох оледенений в несколько десятков тысяч лет на протяжении четвертичного периода. Пространственной областью криолитозоны являются все горные сооружения выше снеговой границы, современная зона многолетней мерзлоты (многолетнемерзлые горные породы, подземные ледяные тела); без-

водные и насыщенные концентрированными растворами горные породы с отрицательными температурами, без ледяных включений (погребенные клинья, термокарст). Нижней границей криолитозоны служит изотермическая поверхность с температурой 0 °С. Метод изучает процессы морозного выветривания, растрескивания, пластической деформации, разрывов, пучения почв и рыхлых пород, вымораживания крупнообломочного материала, просадки и термокарста, солюфлюкции и криогенного обрушения пород со склонов, нивации и альтипланации, боковой эрозии и абразии льдистых отложений, генезиса и типов морен, форм рельефа при криогенных процессах (образования трогов, цирков, склоновых террас, оползней, обвалов, оплывин, гидролакколитов, каменных россыпей, полигональных, перигляциальных, долин ледникового выпахивания и размыва). В криолитозоне наблюдаются мигрирующие системы облаков, снежный покров, льды, почвы, ледсодержащие горные породы, многолетние наледи, горные ледники, ледники полярных островов и материков, ледяной покров пресных и соленых водоемов, подземные и пещерные льды. Схожие процессы в многолетнемерзлых породах происходили и в более древние эпохи оледенений (в раннем протерозое, позднем рифее, венде, ордовике, позднем карбоне – ранней перми).

Гидрогеологический основывается на изучении подземных вод: их химического состава, происхождения (осадочные, ювенильные, гравитационные, почвенные и грунтовые, напорные и родниковые воды, наледи), движения и взаимоотношения с горными породами (карст, известковый и кремнистый туф на дневной поверхности, сталактиты и сталагмиты в пещерах, песчаники, брекчии, конгломераты в процессе цементации, оползни и обвалы).

Вулканологический – применяется для исследования процессов вулканизма в их активные фазы (типы извержений) и в фазы затухания (выбросы пара и горячих вод – гейзеры, грязи – грязевые вулканы, термальные и термоминеральные воды), а также зон распространения вулканической деятельности на Земле и других планетах, роли вулканизма в формировании оболочек Земли, практического использования человечеством продуктов вулканических извержений и явлений, прогноза этих грозных явлений природы.

Астрономический – изучает начальное состояние Земли, проблемы образования планет. Исследование протовещества, из которого была построена Земля на первых этапах своего существования, ведется по метеоритам, осколкам космических тел, образовавшихся одновременно с Землей и другими планетами Солнечной системы.

Комплексный метод на основе сопряженного анализа в геохронологии и стратиграфии

При решении задач геохронологии, стратиграфии, палеогеографии и корреляции природных событий в изучении Земли методологически прослеживаются две основные тенденции – геологическая и географическая.

В геологии методы палеогеографических исследований ориентированы на выявление древних физико-географических условий формирования пород. В этом случае средством для достижения конкретных целей (при определении границ бассейнов, выдержанности слоев по простиранию и др.) служит получение разнообразного фактического материала совокупностью конкретных методов.

В палеогеографии исследования направлены на установление закономерностей развития природы, объяснение ее современного состояния и прогноз изменений в будущем. Поэтому и в данном случае выявление тенденций развития природы земной поверхности решается путем использования комплекса методов, каждый из которых вносит свои результаты в выполнение палеогеографических реконструкций (Евдокимов, 1988).

Ранее понятие **комплексный метод** было равнозначно понятию **сопряженый анализ**, введенному К. К. Марковым (Марков, Зорин, 1967) и получившему дальнейшее раз-

витие во многих работах (Марков, 1969; Агаджанян, Мотузко, 1972; Судакова, 1987). Речь шла о возможности в целом использовать сумму данных различных методов для изучения одного и того же объекта (разреза, бассейна) без учета стратиграфических привязок этих материалов и учета детальности опробования отложений. Ныне при исследовании четвертичных осадков, когда особенностью отбора проб на анализ из опорных и стратотипических разрезов стала максимальная детальность и частота (каждые 2–5 см), понятие «сопряженный анализ» подразумевает изучение каждого образца в геологическом разрезе несколькими методами одновременно, что существенно повысило требования к разрешающим возможностям каждого метода исследований и способствовало углубленному решению таких важных стратиграфических и палеогеографических задач, как фациально-генетическое разграничение отложений, их микростратиграфическое расчленение (до уровня периодов, этапов, фаз и подфаз развития компонентов природной среды), корреляция горизонтов и слоев, палеогеографические реконструкции с учетом общих, региональнах и локальных факторов изменения природной обстановки, выявление временных интервалов переотложения, перерывов в осадконакоплении и чрезвычайных экстремальных ситуаций.

Таким образом, при использовании **комплексного метода на основе сопряженного анализа** при решении геологических и палеогеографических задач прошлого Земли в наибольшей мере возможно сочетание общих и частных методов исследований. Необходимость учета определенной технологии и последовательности применения разных методов позволяет повысить эффективность таких исследований, точность и сравнимость получаемых результатов. При этом литологические методы, как правило, предшествуют применению всех остальных, поскольку уже в полевых исследованиях дают общее представление о строении и составе осадочных толщ, а также наряду с геоморфологическими методами раскрывают наиболее общие черты палеогеографического развития территории. Использование большинства других методов требует их литологической и геоморфологической привязки. *Общие методы* составляют основу для использованя частных, так как применяются на всех этапах иследования; частные же объективно дополняют друг друга.

ГЛАВА 3

ОСОБЕННОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ И ЕЕ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НА ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

3.1. Важнейшие особенности географической оболочки

Географическая оболочка – сложная, исторически сложившаяся и непрерывно развивающаяся, целостная и качественно своеобразная материальная система. Ей присущи следующие важнейшие особенности:

1) ***качественное своеобразие***, поскольку в ее пределах вещество находится одновременно в трех физических состояниях: твердом, жидком и газообразном (рис. 3.1). Таким образом, географическая оболочка состоит из пяти качественно разных, взаимопроникающих и взаимодействующих геосфер: литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы и палеосферы. В пределах каждой из них выделяется несколько компонентов (разнообразные горные породы, растения и животные и т. д.);

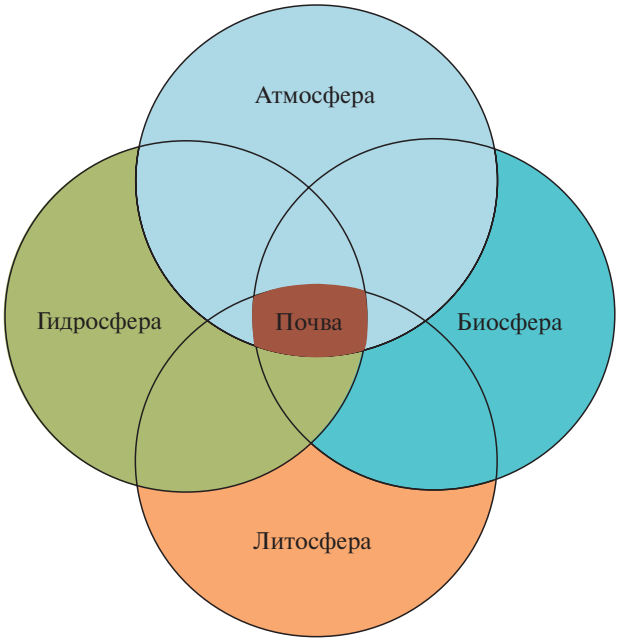


Рис. 3.1. Взаимодействие геосфер географической оболочки Земли

2) ***тесное взаимодействие и взаимообусловленность всех ее геосфер и частей***, определяющих ее развитие. Опыт человечества показал, что географическая оболочка не конгломерат различных, не зависящих друг от друга предметов и явлений, а сложный комплекс, природная система, представляющая собой единое целое. Достаточно изменить лишь одно звено этой целостной системы, чтобы вызвать изменения в других ее частях и в комплексе в целом. Человеческое общество, преобразуя природу с целью более рационального использования природных ресурсов, должно учитывать все возможные последствия воздействия на отдельные звенья этой системы и не допускать нежелательных изменений в нем. Так, выжигая леса на склонах гор Кубы и получая в золе от пожара удобрение всего на одно поколение очень доходных кофейных деревьев, испанским плантаторам не было дела до того, что тропические ливни впоследствии смывали уже беззащитный верхний слой почвы, оставляя после себя лишь обнаженные скалы (Юренков, 1982). Выдвигавшийся в 80-х гг. XX в. проект создания Нижнеобского гидрокомплекса предусматривал получение очень дешевой и в большом количестве столь необходимой Сибири энергии. Вместе с тем это сооружение плотины привело бы к образованию обширной зоны подтопления, которая около девяти месяцев в году была бы скована льдом, существенно изменила бы климат соседних территорий, отрицательно отразилась бы на сельском хозяйстве, промышленности, здоровье людей. Затопленными оказались бы полезные ископаемые (нефть, газ и др.), сельскохозяйственные угодья, леса, которые являются еще и важнейшим продуцентом кислорода.

Одним из главных проявлений взаимодействия всех геосфер и компонентов географической оболочки является постоянный обмен веществом и энергией. Взаимодействие всех сторон, компонентов и частей географической оболочки, их внутренние противоречия – основная причина ее постоянного развития, усложнения, перехода из одной стадии в другую;

3) ***эта целостная материальная система не изолирована от внешнего мира, она находится в постоянном с ним взаимодействии.*** Внешним миром для географической оболочки является, с одной стороны, космос, с другой – внутренние сферы земного шара (мантия и земное ядро).

Взаимодействие с космосом проявляется, прежде всего, в проникновении и трансформации преимущественно солнечной энергии (величина солнечной радиации – до $351 \cdot 10^{22}$ Дж/год) в пределы географической оболочки, а также в теплоизлучении со стороны последней (количество тепла земных глубинных процессов невелико – около $79 \cdot 10^{19}$ Дж/год). Таким образом, значение глубинного тепла Земли в 4400 раз меньше, чем солнечного (Рябчиков, 1972).

Наряду с солнечной и иной космической энергией, Земля непрерывно получает межзвездное вещество в виде метеоритов, метеорной пыли (до 10 млн т/год). Одновременно с нашей планеты в межпланетное пространство улетучиваются из высоких слоев атмосферы легкие газы (водород, гелий). Этот взаимообмен химическими элементами между Землей и космосом обосновал В. И. Вернадский. Из земной коры в более глубокие сферы Земли мигрируют железо, магний, сера и другие элементы, а из глубоких сфер поступают кремний, кальций, калий, натрий, алюминий, радиоактивные и другие элементы.

Взаимодействие географической оболочки с внутренними сферами Земли проявляется в сложном энергетическом взаимообмене, обусловливающем азональные процессы, и в первую очередь – движения земной коры. Противоречивые, единые и неразрывные зональные и азональные процессы обусловливают главнейшую закономерность географической оболочки – ее зонально-провинциальную дифференциацию;

4) в географической оболочке ***возникают новые формы, распадаются более сложные образования***, т. е. осуществляется один из основных законов природы – закон синтеза

и распада и их единства, что способствует постоянному развитию и усложнению географической оболочки, ее переходу из одной стадии в другую;

5) развитие географической оболочки характеризуется ***ритмичностью и поступательностью***, т. е. переходом от «простого к сложному»; постоянным усложнением ее зональности и провинциальности, структуры ее природных систем;

6) развитие географической оболочки и ее частей ***подчинено закону гетерохронности развития***, который проявляется в неодновременности изменения природы географической оболочки в разных местах. Например, «потепление Арктики» в 20–30-е гг. XX в. в северном полушарии не было повсеместным на Земле, а одновременно с ним в некоторых районах Южного полушария отмечалось похолодание;

7) ***усиление относительной консервативности природных условий по мере движения от более высоких широт к более низким***. В этом же направлении увеличивается и возраст природных зон. Так, наиболее молодой, послеледниковый возраст имеет тундровая зона; в плиоцен-четвертичное время в основном оформилась лесная зона; в плиоцене – лесостепная, в олигоцен-плиоцене – степная и пустынная;

8) ***наличие органической жизни*** (**т. е. *биосферы***), с возникновением которой все остальные геосферы (атмо-, гидро-, лито-) подверглись глубоким изменениям;

9) ***она арена жизни и деятельности человеческого общества***. На нынешнем этапе разумный человек – это показатель высшей стадии развития географической оболочки;

10) ***ей свойственна региональная дифференциация***. Согласно материалистической диалектике единство мира не исключает его качественного многообразия. Целостная географическая оболочка неоднородна от места к месту, имеет сложное строение. С одной стороны, географическая оболочка обладает континуальностью (все ее стороны, компоненты и структурные части связаны и пронизаны потоком вещества и энергии; ей свойственна непрерывность распространения), с другой стороны, ей присуща дискретность (наличие внутри этой непрерывной оболочки природно-территориальных комплексов – ПТК, обладающих относительной целостностью). Причем непрерывность проявляется в целом сильнее, чем прерывность, т. е. географическая оболочка представляет собой единое целое, сплошное тело, а ее прерывность условна, так как ПТК – ее составные части, между которыми нет пустот или чуждых географической оболочке образований (Арманд и др., 1969).

Качественные различия взаимодействий между сторонами и компонентами географической оболочки в разных ее местах, а вместе с этим и ее региональная дифференциация определяются неодинаковыми соотношениями количественных показателей этих сторон и компонентов природы. Так, при почти равном количестве осадков в северных районах территории России и на севере Среднеазиатских равнин (200–300 мм/год), но значительно различных величинах солнечной радиации, неодинаковых температурных условиях и состоянии атмосферы, в первом случае формируются тундровые ландшафты (при недостатке тепла и избытке влаги), во втором – полупустынные ландшафты (при обилии тепла и недостатке влаги).

3.2. Дифференциация географической оболочки на природно-территориальные комплексы

Диалектическое единство свойств континуальности и дискретности географической оболочки позволяет выделять среди объектов, изучаемых физической географией, относительно самостоятельные разного ранга природно-территориальные комплексы (ПТК) – сложные географические системы (геосистемы). ***Природно-территориальные комплексы*** – участки географической оболочки, имеющие естествен-

ные границы, качественно отличные от других участков и представляющие целостную и закономерную совокупность предметов и явлений. Порядок величин и степень сложности ПТК разнообразны. Наиболее простую внутреннюю организацию имеют небольшие по площади ПТК (ПТК прируслового вала, склона моренного холма, борта лога и др.). С увеличением ранга степень сложности и площадь ПТК увеличиваются, так как они уже включают в себя системы множества ПТК более низкого ранга.

ПТК включают в себя все или большинство основных компонентов природы (литогенную основу, воздух, воду, почву, растительность, животный мир).

Некоторые физико-географы все природные комплексы подразделяют на полные (именуются природно-территориальными и состоят из всех компонентов природы) и неполные (состоят из одного (одночленные природные комплексы) или нескольких (из двух – двучленные, из трех – трехчленные) природные комплексы компонентов природы (Пашканг, 1973). Согласно взглядам этих авторов «природно-территориальные комплексы являются основным объектом изучения физической географии», а одночленные (фитоценоз, воздушная масса и др.), двучленные (например, биоценоз, состоящий из взаимосвязанных фито- и зооценоза) природные комплексы – предметом исследования соответствующих отраслей естествознания: фитоценозы изучаются геоботаникой, воздушные массы – динамической метеорологией, биоценозы – биоценологией. Такая трактовка вопроса вызывает существенные возражения. Во-первых, ПТК в целом являются основным объектом изучения не физической географии вообще, а региональной физической географии и ландшафтоведения. Во-вторых, сомнительна правомерность выделения так называемых неполных природных комплексов, поскольку все природные комплексы на данной стадии своего развития являются полными.

Важнейшими признаками, по которым один ПТК отличается от другого, являются:

- их относительная генетическая разнородность;
- качественные отличия, которые в первую очередь предопределяются различными количественными характеристиками составляющих их компонентов;
- отличающаяся закономерная совокупность компонентов и сопряженность структурных частей, сравниваемых ПТК.

Природно-территориальные комплексы рассматриваются как сложные системы разных уровней. Ландшафтоведы никогда не считали ПТК только конгломератом разных предметов и явлений, а рассматривали его как сложную природную систему, в которой все слагающие ее компоненты взаимообусловлены и взаимодействуют между собой и с внешним миром. Поэтому системный подход к изучению ПТК, который особенно отчетливо наметился в последние годы, вполне обоснован. Термин «геосистема» можно отнести не только к ПТК любого ранга, но и к любым природным образованиям, характеризующимся тесной взаимосвязью и взаимообусловленностью всех составляющих звеньев и пронизанных потоком вещества и энергии. Так, совокупность ручьев, речек и рек, соединяющихся друг с другом и в конце концов впадающих в море или озеро, представляет речную систему – геосистему, т. е. геосистема – понятие более обширное, чем ПТК.

За ПТК свойства систем можно признать в тех случаях, если они, будучи частью более сложных образований, сами состоят из более низкоорганизованных объектов; все составляющие их переменные взаимосвязаны и взаимообусловлены; компоненты и ПТК находятся во взаимодействии с окружающей средой. Всем этим требованиям отвечают природная зона, физико-географическая шкала, природная провинция, ландшафт и ПТК низшего ранга.

Сложность природных систем зависит от качественных и количественных показателей переменных. *Природная фация* – относительно простая система, качествен-

ные показатели компонентов в ее пределах характеризуются однородностью (литология поверхностных отложений, характер рельефа, степень увлажнения, микроклимат, почвенная разность, биоценоз). *Урочище* – более усложненная природная система, отличающаяся уже качественными и количественными показателями переменных (нет однородности компонентов фаций, оно включает в себя несколько сопряженных фаций). Самой сложной природной системой высшего ранга считается *географическая оболочка*.

Признание за ПТК свойств систем особенно важно потому, что оно позволяет ландшафтоведам использовать некоторые методы и негеографические дисциплины (в первую очередь кибернетику, математику и др.).

К числу важнейших свойств ПТК как сложных разного уровня природных систем по В. С. Преображенскому (1972) относятся:

- устойчивость их против статистически случайных возмущений внешней среды;
- возможность перевода системы из одного состояния в другое (управление ими) путем воздействия на ее элементы и подсистемы;
- эмерджентность – наличие у системы таких качеств, которые не обнаружены ни у одного ее элемента в отдельности, т. е. такого свойства, которое появилось в результате взаимодействия элементов.

Устойчивость и изменчивость ПТК. До последнего времени физико-географы уделяли и продолжают уделять основное внимание изменениям как природных компонентов, так и ПТК в целом. Однако недостаточно внимания уделялось такому важнейшему их свойству, как устойчивость против статистически случайных возмущений внешней среды. Но именно это свойство позволяет в нужном для человечества направлении осваивать территорию, не кардинально меняя природных комплексов и компонентов, т. е. сложившихся определенных систем, не вызывая уничтожения одного и возникновения на его месте совершенно нового природного комплекса, не имеющего черт наследственности.

Так, по урочищам слабоволнистых зандровых равнин, особенно в условиях близкого залегания к поверхности морены, нередко встречаются чистые сосняки-зеленомошники. Эти вторичные естественные насаждения, возникшие в результате рубок или каких-либо неблагоприятных воздействий на месте еловых лесов, наследуют от первичных лесов характер травяного покрова, подроста, подлеска. Однако урочище устойчиво стремится восстановить свой первоначальный облик, о чем свидетельствует густой подрост из елей, которые вытесняют сосну во всех типах насаждений, где имеются соответствующие почвенные условия. Это происходит в результате разных экологических способностей ели и сосны.

Устойчивость природных комплексов против статистически случайных возмущений внешней среды, их относительное равновесие обусловлено, прежде всего, наличием определенных взаимосвязей и взаимодействия всех компонентов и частей ПТК, его способностью к саморегулированию. При нарушениях природы ПТК, вызванных неблагоприятными воздействиями, природный комплекс стремится к самовосстановлению.

При катастрофических воздействиях на ПТК их способность к саморегулированию снижается, но не исчезает полностью, так как не все факторы в равной степени подвержены катастрофическим воздействиям. Наиболее устойчивые из них (например, радиационные и др.) способствуют восстановлению геосистемы.

В то же время ПТК не являются вполне автономными и замкнутыми. Они постоянно развиваются во времени и в пространстве, переходят из одного состояния в другое. Одновременно с переходом от одной стадии к другой усложняются и сами формы развития. Изменения происходят в результате внутренних противоречий и в

условиях изменения хода внешних природных процессов, взаимодействия с компонентами и в целом ПТК более крупных рангов. На современном этапе жизни географической оболочки особенно велико значение хозяйственной деятельности человека.

Следовательно, естественно-историческая устойчивость ПТК относительна и одна из задач физико-географов – с позиции научной обоснованности управлять изменениями природных комплексов в нужном для человечества направлении. К сожалению, количественно и качественно измерять степень изменчивости и устойчивости геосистем ландшафтоведы пока не в состоянии, а без этого невозможно научно обоснованное управление развитием природных систем. В этом отношении географам предстоит еще многое сделать.

Устойчивость и изменчивость геосистем – две стороны одного процесса, проявление важнейшего закона диалектики – закона единства и борьбы противоположностей.

Возможность регулирования извне и саморегулирования. Устойчивость и изменчивость ПТК позволяют относить их к разряду самоуправляемых и управляемых систем, т. е. к классу систем, исследуемых кибернетикой. Так, системы с обратной связью в структуре (со связью, которая ставит следствие какого-либо явления в один ряд с причинами дальнейших изменений этого явления) проявляют бóльшую или меньшую независимость от воздействий внешней среды. Такие ПТК способны изменяться по своей собственной программе: наряду с регулированием извне возникает саморегулирование. В этом и проявляется относительная самостоятельность ПТК. Например, изменение климатических условий влечет за собой изменение растительности ПТК, изменение растительного покрова в какой-то степени обусловливает особенности микроклимата системы. Древостоям свойственно саморегулирование в поглощении пологом деревьев фотосинтетически активной радиации. При ослаблении последней самим пологом древостоя, отмирание хвои сосны происходит относительно автономно от условий произрастания, а предельное поглощение фотосинтетически активной радиации меняется с возрастом растений, слагающих фитоценоз, и также относительно автономно от условий произрастания. Сильное изменение климатических условий в сторону похолодания и увеличения влажности может привести к возникновению ледников, которые в свою очередь будут способствовать изменению климатических условий. В этом суть проявления диалектического взаимодействия причины и следствия.

Взаимокоррелируемость компонентов и эмерджентность геосистем. Эти свойства позволяют при изучении ПТК применять принципы и методы кибернетики.

Перечисленные важнейшие свойства ПТК как сложных природных систем дают возможность широкого применения в ландшафтоведении собственно количественных методов. Второй и третий уровни математизации в ландшафтоведении связаны с выявлением эмпирических зависимостей и созданием гипотез и развитием теории.

Со вторым уровнем – выявлением эмпирических зависимостей – связывают решение наибольшего числа важнейших теоретических и практических задач: выявление межкомпонентных и межкомплексных связей, классификация комплексов (как следствие), изучение их развития, прогнозирование и программирование их развития. Уже сейчас в ландшафтоведении довольно широко используется метод моделирования, теории информации, метод математической статистики (анализ средних коэффициентов корреляции, лимитов, распределений как характеристик однородности компонентов), теория графов, теория множеств, теория исследования операций, матричная алгебра. Однако применение в ландшафтоведении математических методов сильно осложняется тем, что даже ПТК самого низкого ранга представляют собой сложные материальные системы. Учесть все количественные показатели взаимодействия переменных природных систем на современном этапе развития науки не представляется возможным.

Моделирование ПТК получило довольно широкое развитие в современной физической географии и ландшафтоведении. Любую природную систему можно изобразить в виде модели, которая в каком-то отношении способна заменить «оригинал». Д. Л. Арманд, В. С. Преображенский, А. Д. Арманд выделяют три ступени моделирования и соответственно три типа моделей: статические (мгновенный «снимок» географической оболочки или ее частей – например, блок-диаграмма геологического строения какого-либо ПТК, диаграмма структуры угодий ландшафта, схема размещения фаций в пределах урочища и т. д.), кинематические (демонстрируют изменения природы – например, графики расхода воды в реках, биостратиграфические схемы развития органического мира, серии палеогеографических карт, данные повторных аэрофотосъемок и нивелировок, материалы фенологических и специальных стационарных исследований) и динамические (вскрывают причинно-следственные связи – например, разнообразные миниатюрные сооружения, подобные рекам, ледникам, геологическим пластам и др., сделанные из природных материалов и их заменителей).

Принцип моделирования – основа кибернетики, науки, которая, опираясь на логику и математику и используя различные технические средства, изучает общие принципы управления в сложных динамических системах. Он позволяет исследовать процессы, протекающие в каких-либо объектах при невозможности непосредственного исследования самого «оригинала» (при его труднодоступности и др.). Незаменима роль моделей в прогнозировании развития ПТК. Так, с помощью динамических моделей экспериментальным путем можно предопределить характер изменения ПТК в связи со строительством гидроузла или созданием на сопредельной территории водохранилища и т. п. Таким образом, моделирование дает возможность экспериментальным путем вскрыть причинно-следственные отношения в геосистемах, причем эксперимент может быть направлен по необходимому для исследования пути и неоднократно повторяться.

Познание информационных процессов (*информации*) приобретает важное место при исследовании развития геосистем. В природных комплексах постоянно циркулирует, преобразуется и временно консервируется некоторое количество информации, хотя процесс ее перемещения и источник переноса четко не определен.

Статистические методы находят свое применение при определении степени однородности природных комплексов, анализа связей компонентов ПТК одинаковых и разных рангов, выявлении взаимодействия между геосистемами и в других исследованиях.

3.3. Возраст географической оболочки и природно-территориальных комплексов

Морфоструктура современных ПТК, физиономичность их компонентов в значительной степени определяется возрастом территории. Ученые Н. Н. Соколов, К. К. Марков, А. М. Архангельский, Я. И. Яунпутнинь, И. В. Васильева и др. указывали о воздействии фактора времени на отдельные компоненты природы, основываясь на идее В. В. Докучаева рассматривать почву как естественно-историческое тело, изменяющееся под влиянием ряда факторов почвообразования, и особенно возраста. В. Р. Вильямс, развивая это учение далее, уже говорил об абсолютном и относительном возрасте почвы. Совершенно очевидно, что и у ПТК необходимо различать абсолютный и относительный возраст. На абсолютный возраст географической оболочки существуют разные точки зрения, среди которых наибольшее признание получили доводы И. М. Забелина и С. В. Калесника.

И. М. Забелин (1957, 1959, 1978) считал, что биогеносфера, качественно отличная от других частей планеты, возникла только после образования атмосферы и земной коры (т. е. 4–5 млрд лет назад), а в более раннюю пору существовали лишь два исходных компонента – горные породы и солнечная радиация. Их взаимодействие было очень примитивным и проявлялось лишь в нагревании и остывании горных пород. Ландшафты появились только со времени заселения суши организмами и образования почвенного покрова.

С. В. Калесник (1970), придерживаясь иного мнения, исходил из того, что физическая поверхность Земли как фундамент ландшафтной оболочки всегда качественно отличалась от внутренних частей планеты, поэтому «рождение» ландшафтной (географической) оболочки он относит к начальным стадиям формирования планеты, ко времени образования земной поверхности. Время возникновения ландшафтов (ПТК) ученый связывает с началом территориальной дифференциации возникшей оболочки, а не с вмешательством живой природы. Сходные позиции высказывает Е. Ходач, который считает, что первый ландшафт на земной поверхности появился с возникновением твердой каменной оболочки Земли. В развитии ландшафтов он выделяет три стадии – неорганическую (до появления жизни), биотическую (с появлением жизни) и антропогенную (с появлением человека).

Обе точки зрения противоречат современному представлению о географической оболочке как сложной материальной системе, состоящей из качественно разнообразных, проникающих друг в друга и взаимодействующих между собой геосфер. Если строго придерживаться такого представления о географической оболочке, то ее возникновение необходимо относить ко времени появления всех взаимодействующих между собой геосфер, т. е. в конечном счете, *ко времени зарождения биосферы*. Поэтому если мы признаем, что составными элементами ландшафта являются биоценозы, почвы и другие биокосные тела, то до появления и развития жизни ни о каких ландшафтах не может идти и речи (Кузнецов, 1978).

Начало формирования в пределах географической оболочки геосистем более низкого ранга, т. е. их абсолютный возраст, правомерно увязывать с переломными этапами геологической истории (освобождение территории от морских вод, ледниковых покровов, возникновение крупных оползней и др.), в которые происходит *коренная перестройка морфоструктур ПТК*. В дальнейшем в процессе естественно-исторического развития и воздействия человеческого общества в пределах этих территорий могли неоднократно изменяться природные условия и на месте первичных, родоначальных ПТК формироваться новые, молодые, границы которых могут не совпадать с границами первых. Относительный возраст ПТК, очевидно, правомерно исчислять с момента, когда они приобрели современную морфологическую структуру (например, различный возраст рельефа поозерского, сожского и днепровского оледенений в пределах территории Беларуси).

Следовательно, абсолютный возраст ПТК более продолжительный, чем относительный. Естественно, в пределах крупных ПТК геосистемы более низкого ранга гораздо моложе. Так, в пределах ландшафта в результате физико-географических процессов происходит формирование относительно более молодых урочищ оврагов, логов, болот и т. д. ПТК одного и того же ранга (например, природные зоны) могут иметь разный возраст.

Степень изменчивости природных компонентов ландшафтов во времени различна. Наибольшей консервативностью отличается литогенная основа, особенно ее геологический фундамент, наиболее крупные черты рельефа – геотекстуры, обязанные своим происхождением силам общепланетарного (космического) масштаба, и морфоструктуры, возникшие в результате взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, при ведущей роли первых – движений земной коры. Морфоскульптурные черты рельефа, обя-

занные своим происхождением экзогенным процессам, взаимодействующим с другими рельефообразующими факторами, подвержены значительно более быстрым изменениям. Быстрой изменчивостью во времени обладают также климат, почва и особенно биоценозы. Современный облик этих компонентов – результат событий в основном последней геологической эпохи.

В ПТК наряду с более древними (реликтовыми консервативными) элементами, оставшимися от прежних эпох, в процессе развития появляются новые, прогрессивные. Реликтовые элементы помогают восстанавливать историю развития ПТК, знание которой особенно важно для прогнозирования их будущего развития. Так, в урочищах платообразных моренных равнин с господством ельников-кисличников на подзолистых почвах в качестве реликтов можно рассматривать медуницу (*Pulmonaria obscura*), печеночницу благородную (*Hepatica nobilis*), копытень европейский (*Asarum europaeum*), любку двулистную (*Platanthera bifolia*) и других спутников дубовых лесов, которые уступили по каким-то причинам место ельникам.

К прогрессивным элементам ПТК можно отнести отдельные древесные породы, появившиеся на молодых по возрасту пойменных урочищах с луговой растительностью. Анализ прогрессивных элементов в ПТК дает возможность предсказать направление, по которому пойдет развитие ПТК, а это особенно важно для планирования деятельности человека и в особенности для восстановления нарушенной им природной среды.

ГЛАВА 4

ДИНАМИКА ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ И ЕЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ

4.1. Этапы развития географической оболочки

Географическая оболочка Земли и входящая в нее ландшафтная сфера находятся в непрестанном изменении и развитии. Одна из важнейших причин этого развития – постоянный обмен веществ и энергий между компонентами географической оболочки, между географической оболочкой и внешним миром.

В развитии географической оболочки и ландшафтной сферы выделяют три основных этапа.

I этап – ***абиогенный*** **–** период с момента образования земной поверхности до появления жизни. Он охватывает допалеозойское время в истории Земли (архейскую и протерозойскую эры). Это время становления географической оболочки и зарождения ее биологического фокуса – ландшафтной сферы. Состав отдельных компонентов географической оболочки и ее вертикальные границы отличались от нынешних. Первоначально существовало лишь два исходных компанента – горные породы и солнечная радиация. Важнейшую роль в жизни планеты сыграло появление атмосферы и воды (рис. 4.1).

В первичной атмосфере господствовали восстановительные условия, в ней преобладали водород и гелий при низком содержании кислорода и относительно высоком содержании углекислоты. Образование водяного пара могло осуществляться двумя путями: за счет выделения из недр Земли и в результате реакции водорода с двуокисью углерода, который, наряду с другими газами, также выделялся из недр. С появлением воды (с низкой соленостью) возникли моря, океаны, внутренние водоемы, развивались круговорот воды, эрозионно-аккумулятивные и другие процессы. Покров осадочных пород имел небольшую мощность. По-видимому, под действием солнечной радиации водяной пар разлагался на водород и кислород, однако подавляющая часть последнего тратилась на окисление аммиака в азот и воду и на окисление метана CH_4 в CO_2 и воду. Таким образом, свободного кислорода в атмосфере практически не было и окисления химических соединений не происходило.

Жизнь в наиболее примитивных ее проявлениях возникла, очевидно, еще в архее, но воздействие ее на ландшафтную сферу и тем более на географическую оболочку в целом было ничтожным. Даже к концу добиогенного этапа на суше обитали лишь бактерии и водоросли, поэтому ландшафтной зональности в современном представлении тогда не было, как и не было развитого почвенного покрова.

II этап – ***биогенный*** – включает палеозой, мезозой и значительную часть кайнозоя (палеоген, неоген). Моря и сушу завоевывают растения и животные, состав и строение которых все более усложняется с течением времени. С начала палеозоя биологический компонент оказывает решающее влияние на состав и структуру географиче-

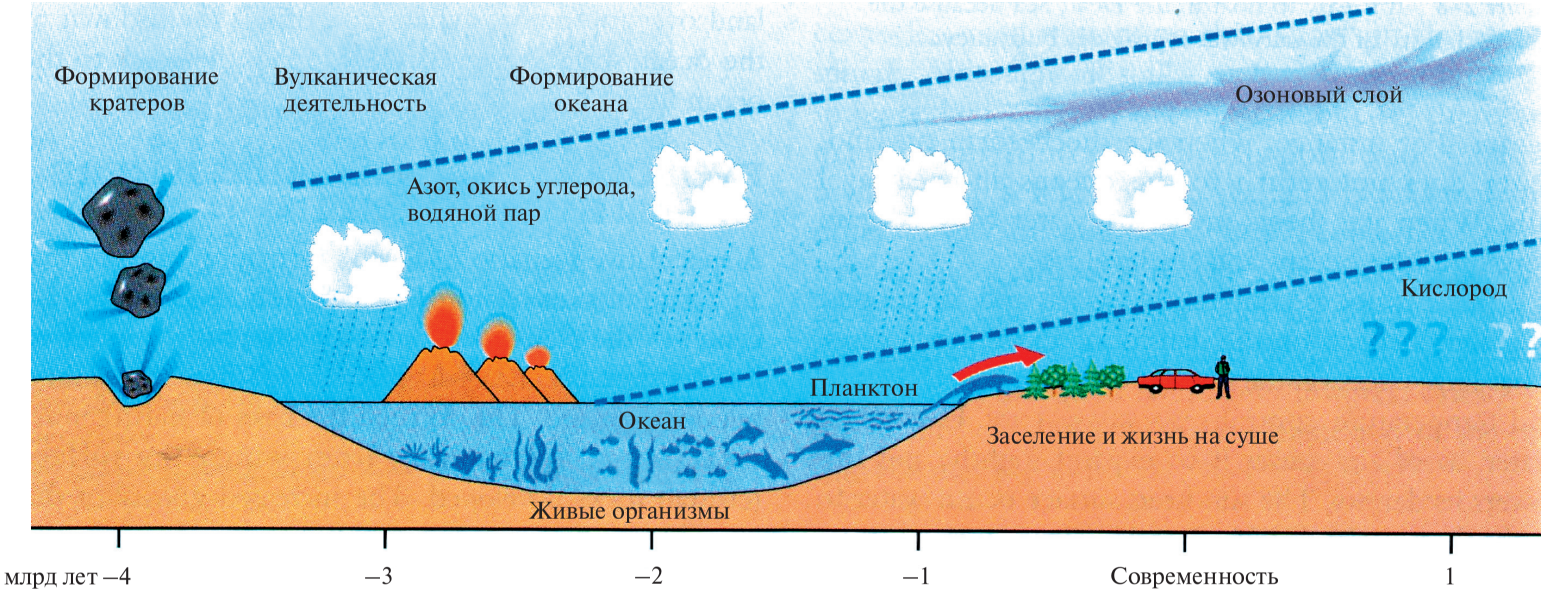


Рис. 4.1. Динамика географической оболочки Земли

ской оболочки. Благодаря живым организмам возросло содержание кислорода в атмосфере, более энергично пошел процесс накопления осадочных пород, сформировались почвы – этот важнейший компонент ландшафтной сферы.

С появлением жизни как формы существования материи зародилась полноценная географическая оболочка – сложная, качественно своеобразная материальная система. Ландшафтная сфера в этот второй период приобрела зональную структуру, тип которой неоднократно менялся на протяжении палеозоя и мезозоя.

В развитии географической оболочки второго этапа можно выделить два наиболее крупных подэтапа – *доантропогенный* и *антропогенный*, качественные различия которых предопределяются воздействием разумного человека на природные процессы.

1) *Доантропогенный подэтап.* По современным представлениям жизнь возникла около 3–3,5 млрд лет назад и в горных породах того возраста сохранились остатки примитивных бактерий. О появлении жизни в то время свидетельствует наличие известняков, железистых кварцитов и других пород, возникновение которых связывают с жизнедеятельностью организмов.

Органическая жизнь первоначально была сосредоточена в мелководной прибрежной, хорошо освещенной полосе морей и океанов. Уже в протерозое в водоемах и на суше значительное развитие получили бактерии, синезеленые и красные водоросли, а к концу протерозоя сформировались все типы беспозвоночных животных. Появление жизни – крупнейший скачок в эволюции планеты, когда организмы стали великим, постоянным и непрерывным нарушителем ее химической косности. Они участвовали в образовании многих осадочных пород и руд, с их помощью атмосфера из восстановительной постепенно стала окислительной.

Для первой половины палеозоя в целом характерна псилофитная флора – травянистые или деревянистые растения, переходная группа между водорослями и папоротникообразными. В животном мире в кембрийское время господствовали археоциаты, появились трилобиты, древнейшие панцирные рыбы, в ордовике развивались кораллы, головоногие ортоцератиты, в силуре появились первые жители суши – скорпионы и многоножки. Большим разнообразием отличалась органическая жизнь девона и карбона. Широко развитые в девоне псилофиты к концу периода вымерли и уступили место древовидным хвощам, плаунам, папоротникам (архиоптерисовая флора), которые достигли расцвета в карбоне. Зеленые растения, обогащая атмосферу свободным кислородом, создали благоприятную среду для быстрой эволюции животных. Вслед за пышным развитием архиоптерисовой флоры началось быстрое развитие земноводных и пресмыкающихся, представленных звероподобными рептилиями. В пермский период из-за большей сухости флора приобрела ксерофильный облик, господство начали завоевывать голосеменные. Богатый животный мир был представлен крупными фораминифе́рами, морскими ежами и лилиями, хрящевыми рыбами, земноводными и пресмыкающимися.

В мезозойскую эру появились первые млекопитающие, предки птиц (триас), в мелу началось обеднение голосеменных, появились и широко развились покрытосеменные. Непрерывное, поступательное развитие органической жизни, переход от одних форм к другим, от низших к высшим характерен и для кайнозойской эпохи.

Непрерывному изменению состава и структуры подверглась литогенная основа географической оболочки. Первоначально земная поверхность представляла сплошную геосинклиналь, а в дальнейшем соотношение площадей платформ и геосинклинальных областей менялось (табл. 4.1.).

Одновременно литогенная основа пополнялась веществом за счет внедрения изверженных масс и поступления его из космического пространства; увеличивалась масса осадочных пород.

Таблица 4.1

Соотношение площадей платформ и геосинклинальных областей земного шара

Время	Площадь, занятая геосинклиналями, %	Площадь, занятая платформами, %
Современная эпоха	10	90
Начало кайнозоя	20	80
Начало мезозоя	40	60
Начало палеозоя	50	50

На протяжении геологической истории менялось положение полюсов Земли. Согласно П. С. Хромову в протерозое Северный полюс находился в центре Северной Америки, откуда мигрировал на юго-запад и в кембрии располагался в середине Тихого океана. Уже в палеозое полюс переместился на северо-запад и достиг в триасе побережья Охотского моря, затем начал смещаться к северо-востоку. В неогене он мигрировал по Северному Ледовитому океану в направлении к Гренландии и в антропогене занял современное положение.

Взаимодействие всех непрерывно и поступательно развивающихся компонентов географической оболочки предопределяло постоянное ее изменение во времени и пространстве как целостной материальной системы, естественно-историческое усложнение ее территориальной дифференциации. Обоснованно можно говорить о наличии природных зон в карбоне, перми и других периодах. Так, в пределах Евразии в среднем и верхнем карбоне существовали три климатические зоны с характерной для них растительностью. Неширокой полосой от Молого-Шекснинской низменности через Южный Урал, Тургай к Зайлийскому Алтаю протягивалась засушливая зона, которая сильно расширилась к перми (Страхов, 1962; Юренков, 1982); севернее нее располагалась умеренно влажная (тунгусская) зона с растительным покровом из древовидных плауновых, каламитов, а в перми к ним присоединились гинкговые; к югу от аридной зоны располагалась тропическая влажная зона с пышной вестфальской растительностью из крупных каламитов и кордаитов, лепидодендронов, сигиллярий, древовидных плаунов, папоротников, хвощей и др.

Зонально-провинциальные различия природы еще больше проявились в мезозойскую эру. В это время в пределах территории России существовали три климатические зоны (Юренков, 1982). В триасе на севере Дальнего Востока выделялась субарктическая зона, северную половину европейской части и север Сибири занимала умеренно теплая континентальная, а на юго-западе располагалась тропическая зона, которая затем сменилась влажной субтропической. Эти же зоны, но иного простирания, отмечались в юре и эпохе мела. К концу мела произошла дифференциация субтропической зоны на влажные субтропики (современный Крым, Черное море, Кавказ, юг Каспия) и сухие (территория Средней Азии).

В палеогене происходила дальнейшая дифференциация природных условий. Юг Восточно-Европейской равнины занимала субтропическая (полтавская) зона с растительностью из вечнозеленых пальм, мирты, фикусов, лавров, дубов, древовидных папоротников, секвой, болотных кипарисов, широколиственных листопадных (тополь, грецкий орех и др.). К северу от широты Волгограда простиралась умеренная теплая тургайская зона с господством листопадных широколиственных древесных и кустарниковых пород с участием хвойных (ель, тис и др.) и мелколиственных (береза, крушина и др.) пород.

Как отмечают многие исследователи, динамичность всех природных процессов усиливалась с возрастом Земли, от одной геологической эпохи к другой. Наибольшей эволюционной изменчивостью обладали природные зоны, расположенные в более высоких широтах, а природные зоны более низких широт обнаруживали относительно бóльшую устойчивость и консервативность.

Интенсивные горообразовательные движения в неогене, резкое увеличение площади суши и сокращение морских бассейнов, быстрое смещение полюсов и другие факторы обусловили усиление континентальности климата, дальнейшую дифференциацию природных условий. С территории нынешней России отступила палеогеновая полтавская флора, а ее место заняла листопадная тургайская. В миоцене-плиоцене в Средней и Восточной Сибири формировались ядра новой фитогеографической области, где получили господство сосна, ель, пихта, лиственница. Усиление континентальности обусловило в Средней Азии смену лесных биоценозов степными и пустынными. С похолоданием климата хвойные леса из Средней Сибири продвинулись на север Восточно-Европейской равнины, на юге они сменились лиственными лесами. К плейстоцену тургайская флора почти полностью мигрировала в убежища, на территории Евразии существовали все природные зоны, за исключением зон арктических пустынь и тундровой, но очаги тундровой растительности на севере и в горах Сибири к этому времени уже существовали. Тундровая зона сформировалась в позднем плейстоцене под воздействием развития поозерского (валдайского, вюрмского) оледенения, на протяжении голоценового межледниковья мигрировала далеко на север Евразии, современное свое положение она заняла в постоптимальное время голоцена в связи с новым похолоданием климата (предвестнике новейшего оледенения?) в конце голоцена и поэтому является самой молодой из природных зон.

Наибольшей динамичностью всех природных процессов по сравнению с остальными периодами Земли характеризовался четвертичный (антропогеновый) период (рис. 4.2). Во время неоднократных плейстоценовых оледенений сокращались площади, занятые лесом, перед краем наступавших ледников формировалась своеобразная холодная «тундро-лесостепь» (перигляциальная зона), которая включала в себя группировки лесной, лесостепной, степной и элементы формирующейся тундровой растительности. Спускавшиеся горные ледники теснили книзу в предгорья лесную растительность, ее место занимали представители формирующихся альпийских комплексов (рис. 4.3). В межледниковые эпохи широтные природные зоны и высотные горные пояса стремились занять свои прежние положения или под воздействием увеличения теплообеспеченности расширяли свои границы, продвигая их далее к северу на равнине (рис. 4.4). Вместе с зональными видами растительного мира к северу продвигались и не свойственные этим зонам представители флоры и фауны. Так, вследствие миграций в лесной и тундровой зонах в альпийском поясе гор появились степные виды – Центральноякутские, Яно-Оймяконские, Колымские и другие лугостепи, сохранившиеся и до настоящего времени. Их существование здесь в настоящее время вполне соответствует современным экологическим особенностям этих территорий. Все эти перемещения способствовали перемешиванию различных видов растительного и животного мира, дальнейшему усложнению морфоструктуры географической оболочки.

2) Антропогенный подэтап (или самостоятельный III этап) – отвечает четвертичному периоду или собственно антропогену (включает плейстоцен и голоцен), охватывавшего временной интервал последнего миллиона лет. В это время географическая оболочка Земли становится местом обитания – географической средой – человека, ареной его хозяйственной деятельности. За сравнительно короткий промежуток времени географическая оболочка оказалась под сильнейшим воздействием человека. Особенно большие антропогенные изменения произошли в структуре и строении ландшафтной сферы. Девственный растительный покров многих географических зон был нарушен человеком или полностью замещен культурной растительностью; вследствие распашки земель резко возросли эрозионные процессы; плотины ГЭС изменили режим рек.

Современный облик ландшафтной сферы – в значительной мере результат хозяйственной деятельности человека. Именно этот облик и составляет объект исследований ландшафтоведческой науки.

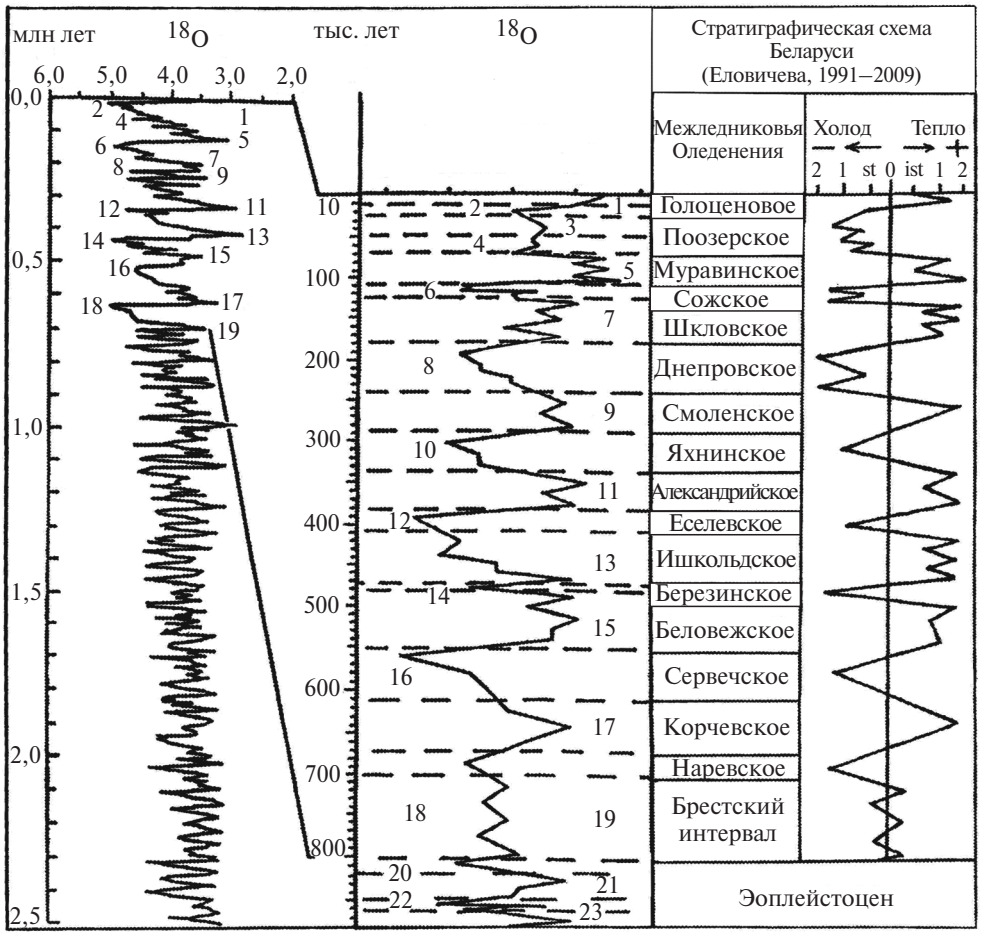


Рис. 4.2. Ритмичность природных событий в плейстоцене Беларуси (последние 800 тыс. лет) на фоне их проявления / в течение 2,5 млн лет (по данным изотопно-кислородной шкалы из океанических осадков Северной Атлантики)



Рис. 4.3. Максимальное распространение горных и равнинных льдов в Северном полушарии в плейстоцене

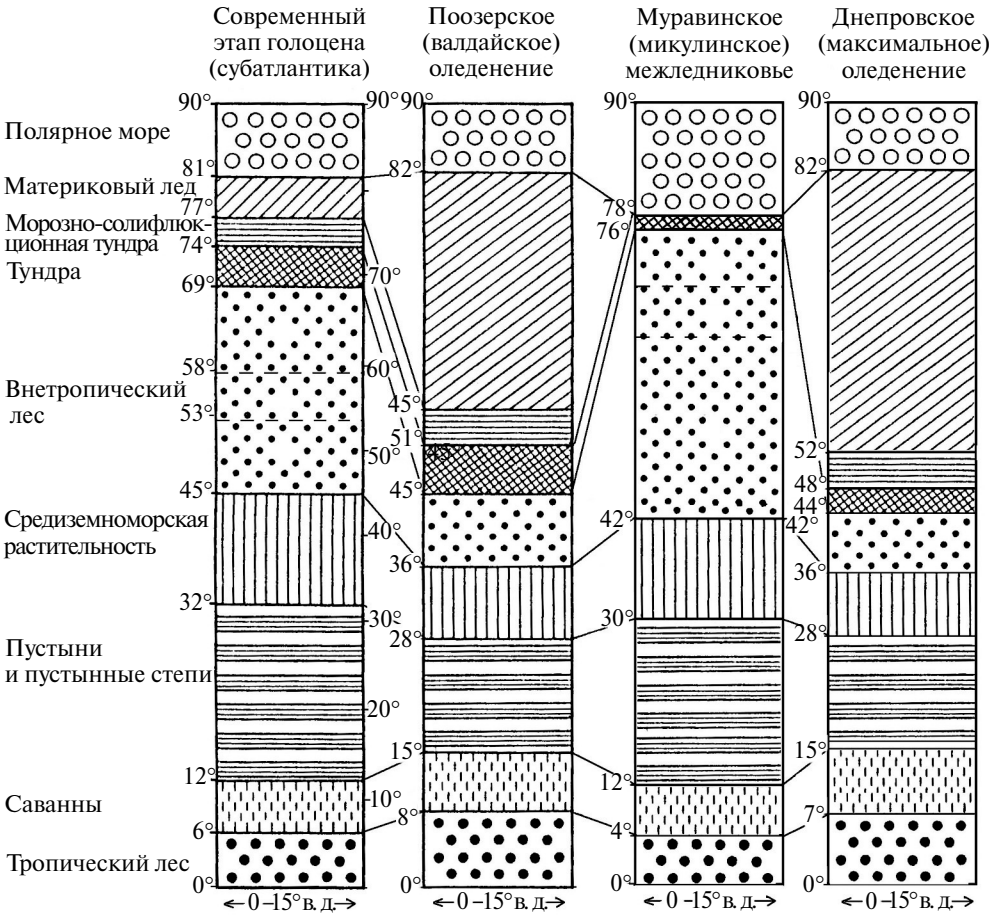


Рис. 4.4. Смещение мировых природных зон в поозерское (вюрмское) и днепровское оледенения, голоценовое (современное) и муравинское (микулинское) межледниковья

С появлением человека разумного (Homo sapiens) географическая оболочка вступила в качественно новый этап своего развития, в котором принято выделять четыре основных периода:

- древнейший (верхний палеолит) – 40–10 тыс. лет назад;
- древний (мезолит, неолит, бронзовый век) – 10–3 тыс. лет назад;
- новый (железный век, историческое время) – 3 тыс. – около 100 лет назад;
- новейший – с середины 40-х гг. XX в. и до наших дней.

Первые периоды антропогенного этапа характеризовались незначительным воздействием человечества на географическую оболочку. В древнейший из них это воздействие проявлялось в постепенном освоении новых территорий, в количественном изменении некоторых видов растительного и животного мира. Более существенное и разнообразное влияние оказывало человечество на природные процессы во второй, древний период в связи с возникновением скотоводства и земледелия, с активным вмешательством человека в такие компоненты природной среды, как почва, растительный покров. Первыми антропогенными урочищами, созданными человеком в то время, стали курганы – мо-

гильники, сохранившиеся до наших дней. С третьего периода усиленная обработка почвы, пастьба домашнего скота усилила эрозионные процессы, качественно изменила растительные сообщества, сменила одни ценозы другими. Эти изменения природной среды стали еще существеннее в новейший период в связи с широким развитием сельского хозяйства, промышленности, оснащенных современным техническим оборудованием, ростом народонаселения и увеличения его потребностей (Еловичева, 2008).

Вместе с тем отмеченное проявление антропогенного фактора происходило на фоне поступательного общенаправленного развития географической оболочки, естественно-исторических процессов этого времени. В конце поозерского (валдайского, вюрмского) оледенения (древний голоцен по М. И. Нейштадту, поозерское позднеледниковье на Беларуси) и послеледниковое время (голоценовое межледниковье) также наблюдались значительные колебания климатических условий, особенно в высоких широтах. Это подтверждается данными палинологических анализов озерных и болотных отложений, пойменных фаций рек (Нейштадт, 1957; Еловичева, 2001; 2007; 2010; Yelovicheva, 2010).

Так, после максимальной оршанской стадии последнего поозерского (валдайского) оледенения в позднеледниковое время (14–10,3 тыс. лет назад) в центре Восточно-Европейской равнины на территории Беларуси в составе перигляциальной растительности отмечалось последовательное преобладание сосняков и березняков при большой роли травянистых ассоциаций открытых местообитаний (раунисский интерстадиал), березняков с участием сосны и ели, открытых участков с травянистой растительностью (раннедриасовый-I стадиал), сосновых и березовых лесов, травянистых ассоциаций открытых мест (бёллингский интерстадиал), разреженных сосновых группировок с участием березы и открытых участков с разнообразным травостоем (средне-дриасовый-II стадиал), еловых и сосново-березовых лесов (до 30–90 %) и травянистых ассоциаций открытых местообитаний (аллередский интерстадиал), разреженными сосновыми и березовыми лесами с травянистым покровом на открытых местах (поздне-дриасовый-III стадиал).

Голоценовое межледниковье (с 10,3 тыс. лет до нынешнего этапа) ознаменовалось трендом нарастания температуры и влажности в предоптимальное время, их максимальными величинами в климатический оптимум и постепенным понижением температуры и влажности в постоптимальное время. В раннем голоцене (пребореальный и бореальный периоды) климат стал теплее с разной степенью увлажненности. В пребореале-1 (10,3–10 тыс. лет назад) господствовали сосновые леса, пребореале-2 (10–9,2 тыс. лет назад) – еловые и сосновые, бореале-1 (9,2–8,8 тыс. лет назад) – березовые, бореале-2 (8,8–8,4 тыс. лет назад) – сосновые леса с участием термофильных и мезофильных пород, бореале-3 (8,4–8 тыс. лет назад) – сосново-березовые с елью. Средний голоцен объединяет атлантический и суббореальный периоды (8–2,5 тыс. лет назад). В атлантике (8–5 тыс. лет назад) отмечался максимум распространения широколиственных пород (до 40 %), ольхи и орешника, а в конце периода – и ели (в особенности на западе и северо-западе региона). В суббореале содержание термофильных пород существенно снизилось, для суббореала-1 (5–4 тыс. лет назад) было характерно развитие сосновых лесов, а суббореалу-2 (4–2,5 тыс. лет назад) свойственны сосновые формации с елью. В позднем голоцене (субатлантический период – 2,5 тыс. лет назад – современность) растительный покров слагали хвойно-лиственные породы наряду с участием представителей синантропической флоры. В растительном покрове субатлантики-1 (2,5–1,6 тыс. лет назад) отмечалось распространение сосновых ценозов, субатлантики-2 (1600–750 лет назад) – сосновых с елью, а субатлантики-3 (750 лет назад – современность) – вновь сосновых лесов при снижении роли широколиственных пород.

Таким образом, на протяжении последних 14 тыс. лет на территории Беларуси четко выразилась динамика природных зон в виде сукцессии палеофитоценозов: тундра → лесотундра → тайга (пребореал, бореал-1) → смешанные леса (бореал-2) → широколист-

венные леса (атлантика) → смешанные леса (суббореал-1) → тайга (суббореал-2, субатлантика-1-3). Эта смена зон связана с изменением климата, а в субатлантический период (примерно с 2,5 тыс. лет назад) на естественный ход природных процессов уже наложились и изменения, вызванные хозяйственной деятельностью человека. В постоптимальное время голоцена (суббореальный и субатлантический периоды) явно выражена тенденция к общему похолоданию климата на фоне кратковременных потеплений (рис. 4.5). Вместе с тем с 70-х гг. XX в. проявилось глобальное потепление климата, выраженное нарастанием сухости и увеличением среднегодовой температуры пока на 1° (без сдвига природных зон, но с выделением на юго-западе региона агроклиматической зоны). Ранг этого потепления оценивается учеными по-разному: 1000-летний ритм, второй климатический оптимум голоценового межледниковья, завершение кайнозойского этапа оледенения. Правильность оценки данного этапа потепления, ощущаемого самим человечеством, определит лишь геологический фактор времени. Тем не менее происходящие природные процессы указывают на скоротечность событий в расстаивании льдов Северного полушария, повышении температуры воздуха и поверхностных вод океана и их некотором распреснении, замедлении скорости конвейера вод Мирового океана, смене направлений ветвей Северо-Атлантического течения, снижении его отепляющего воздействия на Европу и Арктический бассейн, что вероятнее всего приведет к последующему природному ритму новейшего оледенения.

Следует отметить, что сходная с голоценом динамика природных зон происходила неоднократно и в течение четвертичного периода под влиянием изменения климата и развития 8 оледенений и разделявших их 8 межледниковий в пределах Восточно-Европейской равнины (см. рис. 4.2). В отличие от голоценового, плейстоценовый межледниковый палеосукцессионный ряд завершался еще распространением березово-сосновых и березовых лесов (тайга), затем березовым редколесьем (лесотундра), наконец, травянистыми ассоциациями открытых местообитаний с участием арктобореальной флоры (тундра) – формировавших перигляциальный тип растительности наступавшего ледника.

Колебания климата в течение голоценового межледниковья – одна из причин изменений пространственных положений ПТК. Наиболее значимо эти изменения отмечались в высоких широтах, т. е. проявилась одна из важнейших закономерностей географической оболочки – большая динамичность природных условий в высоких широтах и относительный консерватизм – в низких. Как установлено, в атлантический оптимум голоценового межледниковья лесная зона занимала нынешнюю территорию лесотундры и часть тундровой зоны, местами выходила к морям Северного Ледовитого океана. Современное положение природные зоны заняли только в позднем голоцене (субатлантический период). Изменения климатических условий, особенно колебания увлажненности и сухости, в последние десятилетия повлекли за собой изменение морфоструктуры ПТК, которое наиболее ощутимо сказалось в пределах территорий с близким от поверхности залеганием уровня грунтовых вод. Так, за истекшие полвека в Белорусском и Украинском Полесье в результате естественного фактора и осушительной мелиорации влажные местообитания осушились примерно на один гидротоп: черничники-долгомошники → черничники-зеленомошники → брусничники → лишайниковые боры (некоторые).

Историческое время антропогенного подэтапа развития географической оболочки характеризуется наиболее значительными ее изменениями в результате хозяйственной деятельности человека, роль которого далеко не всегда позитивная. Научно-техническая революция, вооружившая современное человечество мощной техникой, стала одним из важнейших факторов влияния на географическую оболочку и ее геосистемы. В сегодняшнюю науку прочно вошло понятие «техносфера» – сфера проявления деятельности техники. В природе нет ни одного компонента, который не подвергался бы

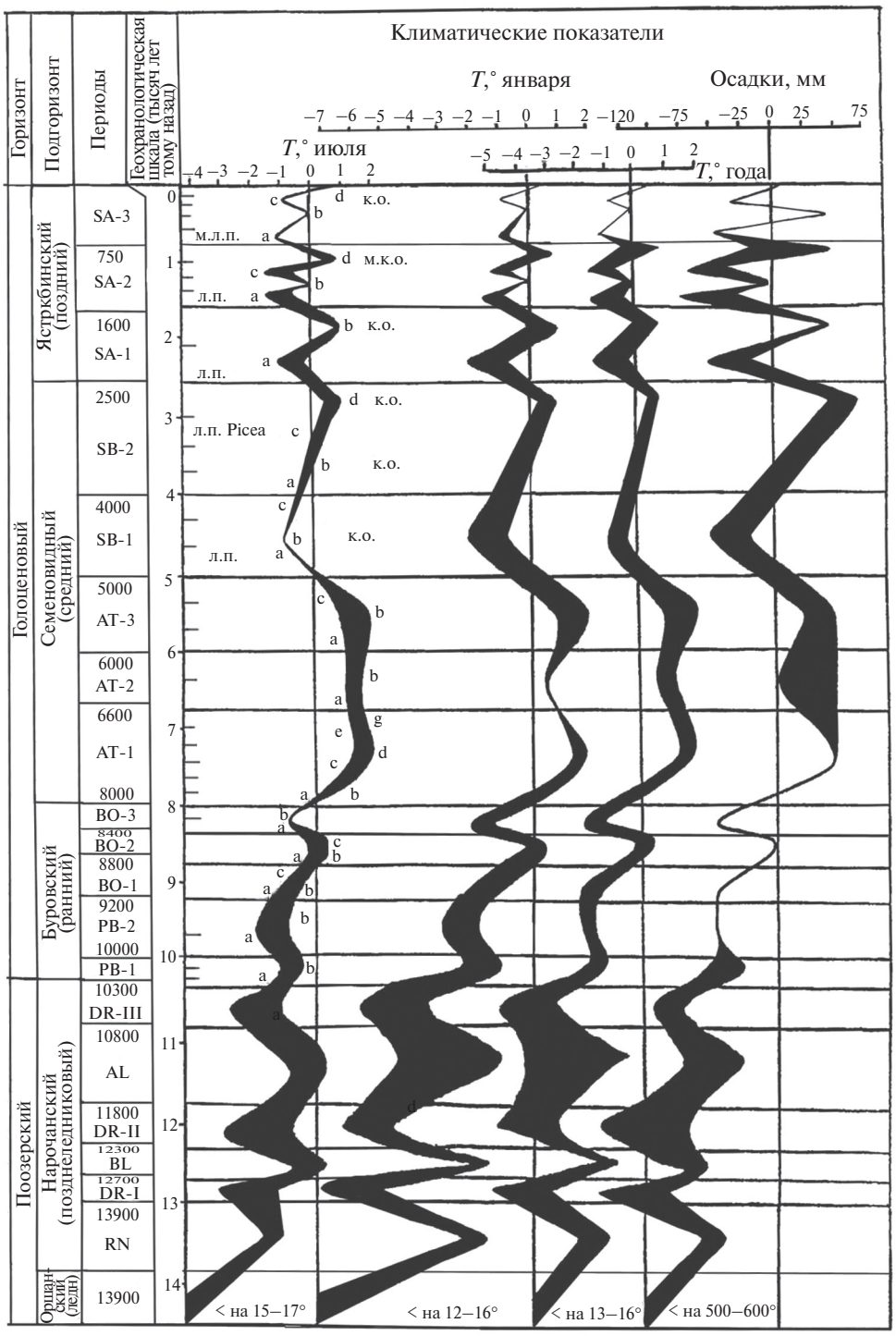


Рис. 4.5. Климатические колебания в голоцене
(м.л.п. – «малый» ледниковый период, м.к.о. – «малый» климатический оптимум)

изменениям под влиянием техногенных процессов. Все сферы Земли изменили в разной мере свой облик, и недопустимость небрежного отношения к природной среде сейчас уже осознается во всем мире. Эти вопросы являются предметом обсуждения в ООН, на ряде международных симпозиумов, конференциях различных научных и общественных организаций.

Хозяйственная деятельность человека способна вызвать не только изменения отдельных компонентов природы, но и ПТК в целом – меняется морфоструктура территории, исчезают одни и появляются другие геосистемы. Примером таких ПТК являются урочища, сопутствующие горнодобывающей промышленности, карьеров, терриконов, отвалов, воронок проседания; урочища оврагов, искусственных водоемов и др.

Несмотря на столь грандиозную по размаху природопреобразующую деятельность человека, она ни в коей мере не исключает, а лишь видоизменяет физико-географические процессы, т. е. структуру геосистемы. Какие бы под влиянием человека изменения не претерпевали урочища, ландшафты или ПТК иного ранга, они по-прежнему останутся природными образованиями и будут развиваться по природным, естественно-историческим законам. Познав их, человек до известной степени может управлять геосистемами. Сосновые леса могут сменяться березняками, луга – культурной растительностью, иным стал водный режим реки, на которой соорудили плотину, уровень грунтовых вод и т. д. Однако взаимодействие между изменившимися компонентами, ПТК и техническими сооружениями, воздвигнутыми в пределах ПТК, осуществимо только посредством природных процессов.

В последние годы в физической географии обособилось и быстрыми темпами развивается новое направление – антропогенное ландшафтоведение, предметом которого является изучение антропогенных ландшафтов. Если последние принимать за ПТК любого ранга (Мильков, 1973), в котором коренному изменению под влиянием человека подвергся каждый компонент, в том числе и растительность с животным миром, или любой ПТК, на котором хотя бы в какой-то мере сказалась хозяйственная деятельность людей, то следует считать, что к настоящему времени на Земле очень мало либо уже не осталось природных ландшафтов.

Масштабы воздействия хозяйственной деятельности человека на ПТК находятся в зависимости от их таксономического ранга. Так, инженерные сооружения на ПТК крупных рангов почти не оказывают прямого воздействия, в то же время они могут в корне изменить природу ПТК низших рангов (местностей, урочищ, фаций). Поэтому наиболее правомерно говорить не об антропогенных ландшафтах, понимая под ними ПТК любого ранга, а об антропогенных ПТК строго определенного ранга (фациях, урочищах, местностях и т. д.).

Не всякое изменение природы ПТК обусловливает формирование антропогенных ПТК, а лишь те, при которых человек способен создать новую природную систему соответствующего уровня организации с устойчивой структурой, способную к дальнейшему саморазвитию. Следовательно, к последним правомерно относить ПТК далеко не любого ранга. Создать новую природную систему с необратимой морфоструктурой, находящуюся в устойчивом равновесии с окружающей средой, возможно в случае радикального преобразования тех компонентов, которые сыграли решающую роль в обособлении этой системы – в первую очередь литогенной основы и климата. Однако изменение этих компонентов в такой степени, чтобы ПТК именовать антропогенными на современном этапе, возможно лишь в геосистемах низшего ранга – в фациях, урочищах, реже местности. Создание антропогенных ПТК более высоких рангов еще более проблематично и возможно лишь при глобальных и коренных изменениях литогенной основы, климатических условий.

Актуальнейшей проблемой новейшего периода антропогенного подэтапа развития географической оболочки является ее целенаправленное преобразование. Этот

процесс и составляет основу развития современного направления, которое называется *конструктивной* (*преобразовательной*) *географией*. Вместе с тем динамика географической оболочки полагает непременным условием прогнозирование ее развития в целом и отдельных ее ПТК как в результате естественно-исторических процессов, так и под влиянием хозяйственной деятельности человека. В основе прогнозирования естественно-исторического развития природы лежит изучение закономерностей ее развития в прошлом при сравнении с ее состоянием на нынешнем этапе. Без знания прошлого географической оболочки, ее компонентов и ПТК невозможно предсказать их будущее, ибо развитие природы протекает по определенным закономерностям. Сегодня наиболее хорошо разработаны методы прогнозирования развития климатообразующих факторов и климатов Земли, меньше внимания уделено прогнозированию естественно-исторических изменений литосферы.

4.2. Ритмичность природных процессов географической оболочки

Одна из важнейших особенностей географической оболочки – непрестанное движение, изменение и обновление, и как результат – непрерывное ее развитие, поступательное движение от низшей ступени к высшей, движение не по кругу, а по восходящей линии (спирали). Согласно одному из основных законов диалектики развитие – сложный процесс, в котором результатом накопления незаметных и постепенных количественных изменений является последующий скачкообразный переход к изменениям качественным.

В истории развития географической оболочки выделяется несколько относительно длительных (эволюционных) периодов непрерывных, постепенных, скрытых количественных изменений ее составных частей, которые завершались скачкообразными качественными изменениями (революционными). Закономерное чередование, или повторение, и основанную на нем соразмерность составляет понятие ритма. С диалектических позиций проявлением спиралеобразного характера развития географической оболочки правомерно рассматривать ритмику присущих ей явлений. Так, для развития географической оболочки характерно чередование теплых и холодных климатических эпох. Свидетельством теплых и влажных климатических условий являются месторождения углей, известняков; бокситовых, железных и марганцевых руд. В засушливые периоды в земной коре накапливались доломиты, гипсы, каменная и калийные соли. В холодные периоды обширные территории подвергались горным и покровным оледенениям, оставившим ледниковые и водно-ледниковые отложения, лишенные пыльцы и спор теплолюбивых растений.

Периодичность – это повторение определенной последовательности фаз, «закругленность» (завершенность).

Цикл – совокупность взаимосвязанных процессов и явлений, образующих законченный круг развития чего-либо, стройную систему.

В настоящее время с большей определенностью можно говорить о проявлении в развитии географической оболочки **ритмов различной продолжительностью**:

- 200–250 млн лет (I наивысший порядок) – полный оборот Солнечной системы вокруг центра Галактики;
- 40–60 млн лет (II порядок) – сезон галактического года;
- 500 тыс. лет – орбитальная пертурбация (по Моннингеру);
- 20–500 тыс. лет – палеоклиматический цикл Миланковича;

- 100 тыс. лет – («гляциальный цикл») – определяет изменение орбитального эксцентриситета Земли (по Миланковичу, Бергеру и Хейзу);
- 40–50 тыс. лет (III порядок) – изменение количества и состава солнечной радиации;
- 43 тыс. лет – изменение орбиты Земли (по Миланковичу и Бергеру);
- 21 тыс. лет – положение земной оси (по Гилберту);
- 1850 лет – изменение приливообразующих сил Земли;
- 11 лет – изменение солнечной активности.

Основоположником учения о ритмике природных процессов считается Е. Брикнер, а продолжателями этой концепции стали В. Б. Шостакович, М. Миланкович, А. В. Шнитников и др.

Самыми четкими являются ритмики времен года и суточная. В основе годовой ритмики ПТК лежит изменение климатических условий в результате обращения Земли вокруг Солнца. С понижением температур в зимний период замедляются многие процессы в геосистемах (резко уменьшается сток, меняются интенсивность миграции химических элементов, химический состав вод и др.). Например, интенсивность миграции химических элементов в тайге зимой примерно такая же, как в ледяной зоне Арктики. Зимой резко падает содержание кислорода в воде, увеличивается количество CO_2, в связи с чем снижается жизнедеятельность организмов, растения находятся в состоянии относительного покоя.

Развитие географической оболочки и ее частей характеризуется не только ритмичностью, но и поступательностью, восходящим характером движения. Каждый виток спирали не есть повторение предыдущего, а представляет новую, более высокую ступень. Поступательное движение в свою очередь имеет противоречивый характер. Наряду с прогрессивной линией развития в природе возможны и временные отступления. Так, отступание ледников, формирование на освобожденной территории наземных ландшафтов можно считать прогрессивной линией развития, последующее наступание ледников, и уничтожение существовавших ранее наземных ландшафтов с хорошо развитыми почвами, растительным покровом и другими компонентами – регрессивной линией.

Основная причина развития географической оболочки, ее необратимого изменения во времени и постоянного усложнения, территориальной дифференциации кроется во внутренних противоречиях, заложенных в самой оболочке (материальной системе) в результате взаимодействия (единства и борьбы) внешних (солнечная радиация) и внутренних (тектоника) факторов с окружающей их средой.

Внутренние противоречия в пределах географической оболочки и ее ПТК существуют уже потому, что эти системы слагаются из множества различных компонентов (контрастности сред, по Ф. Н. Милькову (1970)). В основе развития ландшафтных комплексов лежит взаимообмен веществом и энергией, возможный только при наличии определенной контрастности, различии в строении этих материальных систем.

Таким образом, развитие географической оболочки и всех составляющих ее частей является результатом взаимного обмена веществом, энергией и информацией, осуществляющегося в процессе борьбы, внутренних противоречий, свойственных этим материальным системам и в условиях взаимодействия их с окружающей средой.

Закономерности развития географической оболочки, ее компонентов и ПТК с точки зрения методического подхода пока все еще недостаточно исследованы, и в этом направлении географам предоставляется широкое поле деятельности. Преимущество в этом отношении имеют исследования на основе палеонтологических методов изучения Земли. Познание закономерностей развития палеогеосистем для прогнозирования их эволюции в будущем является наиболее актуальной задачей на современном этапе развития физической географии и ландшафтоведения.

ГЛАВА 5

КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

5.1. Большой и малый круговороты веществ

Все вещества на нашей планете находятся в процессе круговорота. Солнечная энергия вызывает на Земле два круговорота веществ, **большой**, или **биосферный** (охватывающий всю биосферу), и **малый**, или **биологический** (внутри экосистем).

Биосферному круговороту веществ предшествовал **геологический**, связанный с образованием (эндогенные процессы) и разрушением (экзогенные процессы) горных пород, последующим перемещением потоками воды продуктов разрушения (выветривания) – обломочного материала и химических элементов в Мировой океан, их накоплением в виде морских напластований и новым их преобразованием (процесс диагенеза). Геотектонические изменения, процессы опускания материков (формирование синклиналей) и поднятия морского дна (создание антиклиналей), перемещения морей и океанов в течение длительного времени приводят к тому, что эти напластования возвращаются на сушу и процесс начинается вновь (рис. 5.1).

Значительную роль в этих процессах играют термические свойства поверхности суши и воды: поглощение и отражение солнечных лучей, теплопроводность и теплоемкость. Вода больше поглощает солнечной энергии, а поверхность суши в одних и тех же



Рис. 5.1. Круговорот вещества в земной коре (Гурский, Корулин, 1982)

широтах больше нагревается. Неустойчивый гидротермический режим поверхности Земли вместе с планетарной системой циркуляции атмосферы обусловливал геологический круговорот веществ, который на начальном этапе развития Земли, наряду с эндогенными процессами, был связан с формированием континентов, океанов и современных геосфер. О геологическом проявлении его говорит и перенесение воздушными массами продуктов выветривания, а водой – растворенных в ней минеральных соединений. Со становлением биосферы в большой круговорот включились продукты жизнедеятельности организмов. Геологический круговорот, не прекратив своего существования, приобрел новые черты: он стал начальным этапом биосферного перемещения вещества. Именно он поставляет живым организмам элементы питания и во многом определяет условия их существования.

Большой круговорот веществ в биосфере характеризуется двумя важными моментами:

1) осуществляется на протяжении всего геологического развития Земли;

2) представляет собой современный планетарный процесс, принимающий ведущее участие в дальнейшем развитии биосферы.

На современном этапе развития человечества в результате большого круговорота на большие расстояния переносятся также загрязняющие вещества, такие как оксиды серы и азота, пыль, радиоактивные примеси. Наибольшему загрязнению подверглась территория умеренных широт Северного полушария.

Перемещающее в геологическом круговороте неорганическое вещество является резервным фондом для биологической ветви биосферного круговорота. Этот резервный фонд сосредоточен в атмосфере в виде газов и газообразных веществ, в воде – растворенных химических элементов и их соединений, в литосфере – минеральных и органоминеральных веществ почвенного покрова. К атмосфере и гидросфере приурочен в основном транзитный цикл круговорота, к литосфере – осадочный.

Малый, или биологический, круговорот веществ развертывается на фоне большого, геологического, охватывающего биосферу в целом. Он происходит внутри экосистем, но не замкнут, что связано с поступлением вещества и энергии в экосистему извне и с выходом части их в биосферный круговорот. По этой причине иногда говорят не о биологическом круговороте, а об обмене энергии в экосистемах и отдельных организмах.

Растения, *животные и почвенный покров на суше* образуют сложную мировую систему, которая формирует биомассу, связывает и перераспределяет солнечную энергию, углерод атмосферы, влагу, кислород, водород, азот, фосфор, серу, кальций и другие элементы, участвующие в жизнедеятельности организмов.

Растения, *животные и микроорганизмы водной среды* образуют другую планетарную систему, выполняющую ту же функцию связывания солнечной энергии и биологического круговорота веществ.

Суть биологического круговорота заключается в протекании двух противоположных, но взаимосвязанных процессов – *созидания органического вещества и его разрушения*. Начальный этап возникновения органического вещества обусловлен ***фотосинтезом*** зеленых растений, т. е. образованием этого вещества из углекислого газа, воды и минеральных соединений с использованием лучистой энергии Солнца. *Растения извлекают из почвы* в растворенном виде серу, фосфор, кальций, калий, магний, марганец, кремний, алюминий, медь, цинк и другие элементы. *Растительноядные животные* поглощают уже соединения этих элементов в виде пищи растительного происхождения. *Хищники* питаются растительноядными животными, потребляют пищу более сложного состава, включая белки, жиры, аминокислоты и др. В процессе разрушения микроорганизмами органического вещества *отмерших растений* и *остатков животных* в почву и водную среду поступают простые минеральные соединения, доступные для усвоения растениями, и начинается следующий виток биологического круговорота.

В отличие от большого круговорота ***малый имеет разную продолжительность***: различают *сезонные*, *годовые*, *многолетние* и *вековые малые круговороты*. При изучении биологического круговорота веществ основное внимание уделяется *годовому ритму*, определяемому годичной динамикой развития растительного покрова.

Обмен веществом и энергией, осуществляющийся между различными структурными частями биосферы и определяющийся жизнедеятельностью микроорганизмов, называется ***биогеохимическим циклом***. Именно с введением В. И. Вернадским этого понятия перестало существовать представление о круговороте веществ как о замкнутой системе. Все биогеохимические циклы составляют современную динамическую основу существования жизни, взаимосвязаны друг с другом и каждый из них играет свойственную ему роль в эволюции биосферы. В такие циклы вовлечены практически все химические элементы и прежде всего те, которые участвуют в построении живой клетки. Так, тело человека состоит из кислорода (62,8 %), углерода (1,37 %), водорода (9,31 %), азота (5,14 %), кальция (1,38 %), фосфора (0,64 %) и еще примерно из 30 элементов.

Отдельные циклические процессы, слагающие общий круговорот веществ в биосфере, ***не являются полностью обратимыми***. Одна часть веществ в повторяющихся процессах превращения и миграции рассеивается или связывается в новых системах, другая возвращается в круговорот, но уже с новыми качественными и количественными признаками. Часть веществ может также извлекаться из круговорота, перемещаясь вследствие физико-геологических процессов в нижние горизонты литосферы или рассеиваясь в космическом пространстве.

Продолжительность циклов круговорота тех или иных веществ чрезвычайно различна. Время полного оборота *углекислого газа* атмосферы через фотосинтез составляет около 300 лет, *кислорода* атмосферы тоже через фотосинтез – 2–2,5 тыс. лет, *азота* атмосферы через биологическую фиксацию, окисление электрическими разрядами и фотохимическим путем – примерно 100 млн лет, *воды* через испарение – около 1 млн лет.

В большом и малом круговоротах участвует множество химических элементов и их соединений, но важнейшими из них являются те, которые определяют современный этап развития биосферы, связанный с хозяйственной деятельностью человека. К ним относятся ***круговороты воды***, ***кислорода***, ***углерода***, ***серы*** и ***азота*** (их оксиды – главнейшие загрязнители атмосферы), а также ***фосфора*** (фосфаты – главный загрязнитель вод суши). Большое значение имеют круговороты токсичных элементов – ***ртути*** (загрязнитель пищевых продуктов) и ***свинца*** (компонент бензина). Кроме того, из большого круговорота в биологический поступают многие вещества антропогенного происхождения (ДДТ, пестициды, радионуклиды и др.), которые причиняют вред биоте и здоровью человека.

5.2. Круговорот воды

Вода – не только источник кислорода и водорода, но и наиболее значительная составная часть тела живых существ: в теле человека она составляет 60 % по весу, а в растительном организме достигает 95 %.

Большой круговорот воды на поверхности земного шара хорошо известен: вызываемое солнечной энергией испарение с водных пространств создает атмосферную влагу, эта влага конденсируется в форме облаков, переносимых ветром; охлаждение облаков вызывает осадки в виде дождя и снега; осадки поглощаются почвой или стекают по ее поверхности; вода возвращается в моря и океаны (рис. 5.2, 5.3).

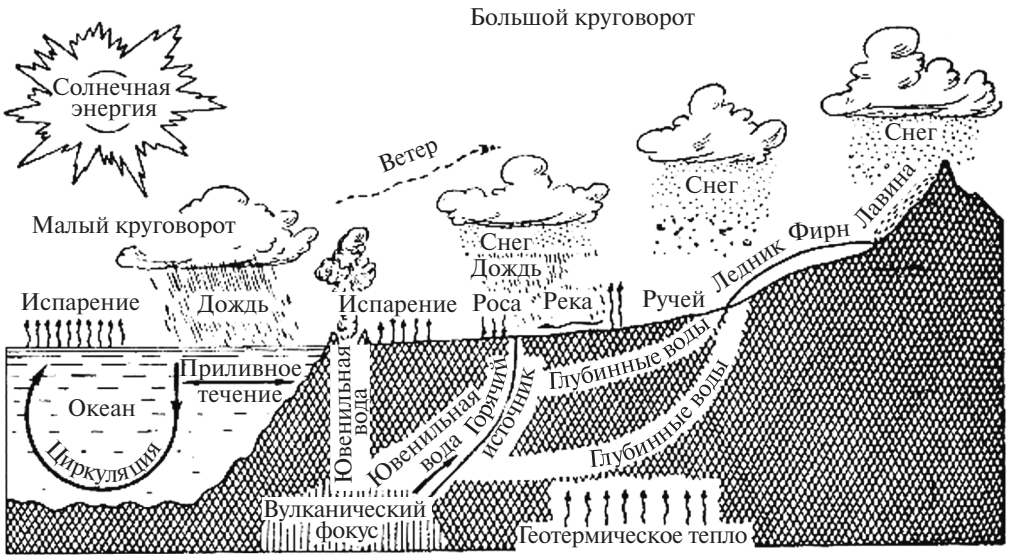


Рис. 5.2. Большой и малый круговороты воды на Земле

Для нас наиболее важны те фазы этого круговорота, которые происходят в пределах экосистем. Здесь можно выделить четыре процесса: *перехват*, *эвапотранспирация*, *инфильтрация* и *сток*.

Растительность выполняет важную экранизирующую функцию, перехватывая часть выпадающей в осадках воды до того, как она достигнет почвы, и испаряя ее в атмосферу. Этот *перехват*, который, естественно, бывает максимальным при слабых дождях, может в умеренных широтах достигать 25 % общей суммы осадков. Вода, которая проникает сквозь кроны и падает в форме капель с листьев или, стекая по стеблям и стволам, достигает почвы, просачивается в нее или присовокупляется к поверхностному стоку. Это порождает некоторую неравномерность в распределении воды в почве, что может оказаться немаловажным для мелких биоценозов, расположенных на ее поверхности.

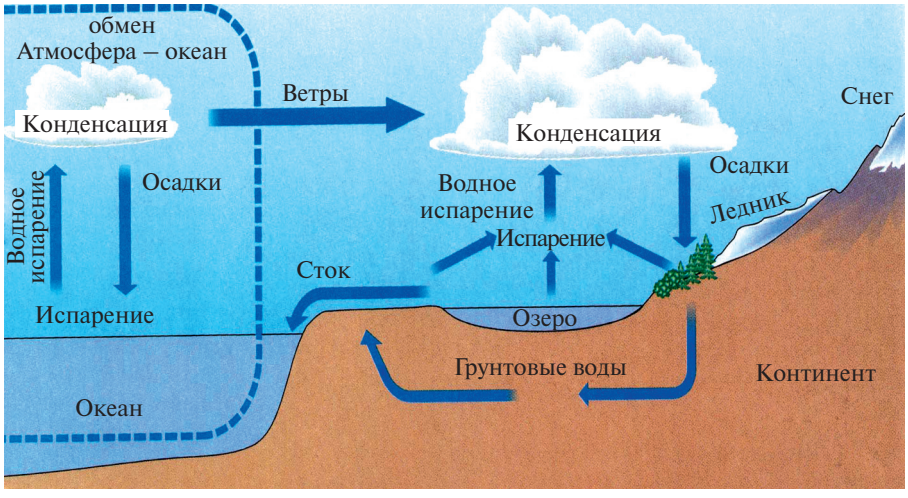


Рис. 5.3. Большой и малый круговороты воды на Земле

Часть инфильтрационной воды задерживается в почве, причем тем сильнее, чем значительнее почвенный коллоидальный комплекс (гумус и глина). Та часть воды, которая промывает почву на глубину 20–30 см, может вновь подняться на ее поверхность по капиллярам и испариться.

Корни растений способны всасывать почвенную воду со значительно большей глубины, чем 20–30 см, эта вода, доставленная листве, транспирируется в атмосферу.

Эвапотранспирацией называют отдачу экосистемной воды в атмосферу; она включает и физически испаряемую воду, и воду, транспирируемую биологически.

Количество воды, транспирируемой растениями, обычно велико; с улучшением водоснабжения растений транспирация усиливается.

Одна береза испаряет за день 75 л воды, бук – 100 л, липа – 200 л, а 1 га леса – от 20 до 50 тыс. л. Один гектар березняка, масса листвы которого составляет лишь 4940 кг, испаряет 47 тыс. л/день, тогда как 1 га ельника, масса хвои которого равна 31 тыс. кг, транспирирует лишь 43 тыс. л воды/день. Один гектар пшеницы использует за период развития 3750 т воды, что соответствует 375 мм осадков, а продуцирует 12,5 т (сухой вес) растительного вещества. Коэффициент транспирации – это количество воды, транспирируемой для создания 1 кг сухого вещества, за сезон. Этот коэффициент очень велик и колеблется от 300 до 1000 в зависимости от вида растений. Например, для продуцирования 1 т (сухого веса) зерна требуется от 250 до 550 т воды (= 25–55 мм осадков).

Различия главным образом зависят от климата: растения в аридных зонах для продуцирования одинаковых количеств сухого вещества потребляют в разы больше воды, чем во влажных областях. Согласно «правилу Вальтера» в семиаридных зонах, где величина годовых осадков ниже 30 см, продуктивность растительного покрова пропорциональна количеству осадков; там создается 1 т сухого вещества на каждые 10 см осадков.

Испарение – это, разумеется, функция климата, и оно хорошо изучено метеорологами; величина его под растительным покровом намного ниже, чем на открытом воздухе, что объясняется экранизирующей ролью растений; оно оценивается в средней Европе в 1 тыс. т на 1 га/год. Величину эвапотранспирации, которая представляет суммарное количество воды, транспирируемое растениями и испаряемое почвой, можно, следовательно, считать в средней Европе равной 3–7 тыс. т на 1 га/год.

Отличие циклов углерода и азота от круговорота воды состоит в том, что в экосистеме два названных элемента накапливаются и связываются, вода же проходит через нее почти без потерь: экосистема ежегодно использует на формирование биомассы лишь около 1 % воды, выпадающей в виде осадков.

5.3. Круговорот кислорода

Кислород – главная составляющая живой материи и круговорот его осложнен способностью кислорода вступать в различные химические реакции, главным образом окисления. В результате возникает множество локальных циклов, происходящих между атмо-, лито-, гидро- и биосферой. Кислород, содержащийся в атмосфере и в поверхностных минералах (осадочные кальциты, железные руды), имеет биогенное происхождение и должен рассматриваться как продукт фотосинтеза. Суть этого процесса заключается в том, что диоксид углерода поставляется в зеленые растения из воздуха; вода обычно извлекается из почвы; а солнечная энергия начинает сложную химическую реакцию, что приводит к выработке кислорода (в дневное время) и углерода (в темное время суток) (рис. 5.4).

Образование высшими растениями, водорослями и фотосинтезирующими бактериями сложных органических веществ, необходимых для жизнедеятельности как самих растений, так и всех других организмов, из простых соединений (углекислого газа

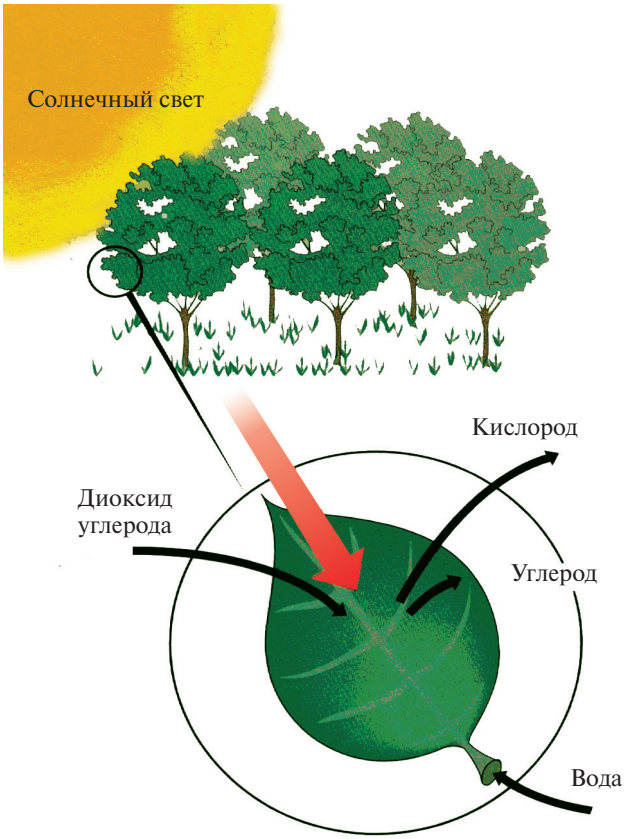


Рис. 5.4. Процесс фотосинтеза в зеленых растениях

и воды) за счет энергии света, поглощаемой хлорофиллом и другими фотосинтетическими пигментами – это один из важнейших биологических процессов, постоянно и в огромнейших масштабах совершающийся на нашей планете.

Этот процесс противоположен процессу потребления кислорода при дыхании, который сопровождается разрушением органических молекул, взаимодействия кислорода с водородом (отщепленным от субстрата) и образованием воды. В некотором отношении круговорот кислорода напоминает обратный круговорот углекислого газа. В основном он происходит между атмосферой и живыми организмами. Потребление атмосферного кислорода и его возмещение растениями в процессе фотосинтеза осуществляется довольно быстро. Для полного обновления всего атмосферного кислорода требуется около 2000 лет.

С другой стороны, чтобы все молекулы воды гидросферы были подвергнуты фотолизу (распад молекул под действием поглощенного света) и вновь синтезированы живыми организмами, необходимо 2 млн лет. Большая часть кислорода, вырабатываемого в течение геологических эпох, не оставалась в атмосфере, а фиксировалась литосферой в виде карбонатов, сульфатов, оксидов железа, и ее масса составляет $5{,}9 \cdot 10^{16}$ т. Масса кислорода, циркулирующего в биосфере в виде газа или сульфатов, растворенных в океанических и континентальных водах, в несколько раз меньше – $0{,}4 \cdot 10^{16}$ т. Следует отметить, что, начиная с определенной концентрации, кислород очень токсичен для клеток и тканей даже у живых аэробных организмов. А последние не могут

выдержать концентрацию кислорода, превышающую атмосферную на 1 %, что доказано Л. Пастером еще в XIX в.

В результате фотосинтеза растительность земного шара ежегодно образует более 100 млрд т органического вещества (около 50 % этого количества приходится на долю фотосинтеза растений морей и океанов), усваивая при этом около 200 млрд т CO_2 и выделяя в атмосферу около 145–200 млрд т свободного кислорода. Следует отметить, что количество энергии, ежегодно связываемой фотосинтезирующими организмами океана и суши (около $3 \cdot 10^{21}$ Дж), во много раз больше той энергии, которая используется человечеством (около $3 \cdot 10^{20}$ Дж).

Содержание кислорода в атмосфере контролируется круговоротом углерода, при этом общая масса кислорода оценивается в $1{,}2 \cdot 10^6$ млрд т (Будыко, 1974). Общепланетарный расход кислорода на сжигание органического топлива составляет около 15 млрд т/год. Он почти полностью используется при дыхании организмов и минерализации отмершей органической массы, а также частично консервируется в литосфере. Только незначительная часть его (0,04 %) пополняет содержание кислорода в атмосфере.

Расход кислорода на сжигание топлива в 100–200 раз повышает его поступление в атмосферу в результате фотосинтеза. На сжигание топлива используется кислород, уже накопленный атмосферой, и ежегодное уменьшение происходит примерно на одну десятитысячную часть его массы в атмосфере. Полное сжигание углеродного топлива уменьшит содержание кислорода в атмосфере только на долю процента. Значительные изменения массы кислорода могут быть только за очень длительные промежутки времени, измеряемые миллионами лет (Будыко, 1974).

5.4. Круговорот углерода

Это один из важнейших круговоротов веществ в биосфере. Изменения глобального масштаба в круговороте углерода, связанные с человеческой деятельностью, приводят к неблагоприятным для биосферы последствиям. По оценкам Международного научного комитета по проблемам окружающей среды (1974), ни одно из тех изменений, которые произошли на Земле в результате антропогенной деятельности, не имеет более существенного значения для интересов человечества, чем изменения всемирного масштаба, вызванные процессом циркуляции углерода. С углеродом непосредственно связаны содержание кислорода в атмосфере и его круговорот в биосфере.

Углерод участвует в большом и малом круговоротах вещества. Его соединения в биосфере постоянно возникают, испытывают превращения и разлагаются. Основной путь миграции углерода – от углекислого газа атмосферы в живое вещество и из живого вещества в углекислый газ атмосферы. При этом часть его выходит из круговорота, оставаясь в почве или откладываясь в осадочных породах.

В биологическом круговороте углерода (рис. 5.5) выделяются три стадии: 1) зеленые растения, поглощая углекислый газ из воздуха, создают органическое вещество; 2) животные, питаясь растениями, из содержащихся в них соединений углерода продуцируют другие соединения; 3) микроорганизмы разрушают вещество мертвых растений и животных и освобождают углерод, который снова попадает в атмосферу в составе углекислого газа. Источником углерода является также углекислый газ, поступающий в атмосферу при дыхании растений в темное время суток. Часть углерода накапливается в виде мертвых органических веществ там, где отсутствуют условия для их разложения, и переходит в ископаемое состояние (торф, каменный уголь, нефть и др.). Учитывая довольно интенсивное захоронение отмерших остатков растений и животных в болотах, лагунах, морских бассейнах и пресноводных водоемах, следует

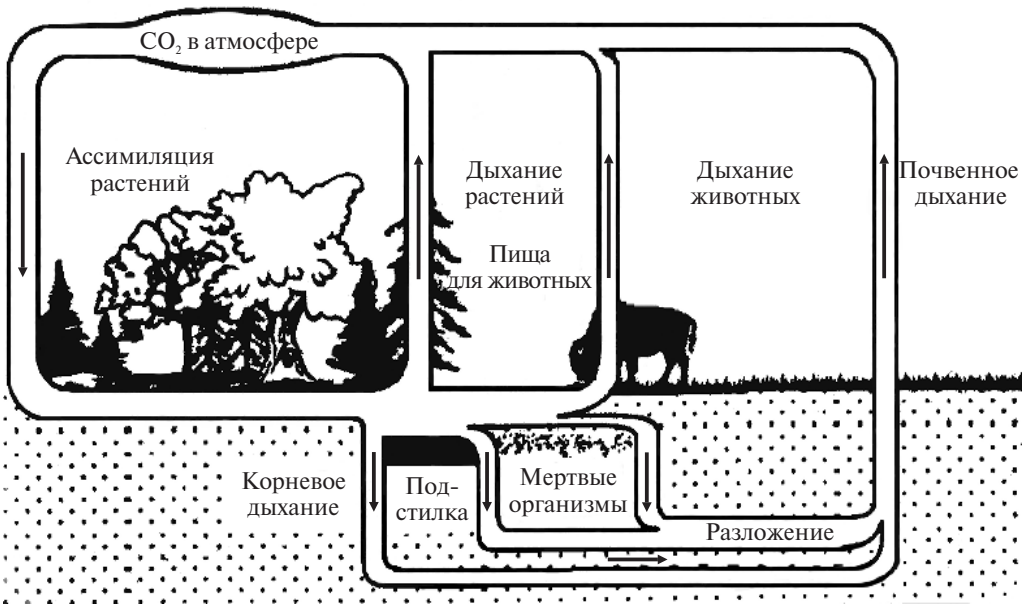


Рис. 5.5. Биологический круговорот углерода
(массе углерода соответствует размер изображаемых путей)

признать, что изъятие углерода из биологического круговорота этим путем в течение всей биологической эволюции биосферы шло довольно интенсивно.

В предшествующие геологические эпохи, когда атмосфера Земли была несравненно больше насыщена углекислым газом, условия для фотосинтеза были более благоприятны и огромное количество углерода в органических остатках оказалось захороненным в недрах, образовав ***залежи полезных ископаемых***. Общая масса углерода в них оценивается более чем в 10 000 трлн т. Содержание углерода в нефти составляет 82–87,0 %, в бурых углях – до 76 %, в каменном угле – до 90 % и более, в тканях живых организмов, в перерасчете на сухое вещество: у водных растений и животных – 34–40 %, у наземных растений и животных – 45–46,5 %, у бактерий – 54 %.

О масштабности современного биологического круговорота углерода можно судить по тому обстоятельству, что растительные организмы, включая водоросли, ежегодно продуцируют около 1,5 трлн т углерода органической массы. По расчетам М. И. Будыко, весь запас углекислого газа в атмосфере, если бы он не возобновлялся, был бы исчерпан растениями за восемь лет. Условия жизни на Земле определяются этими масштабами фотосинтеза.

В биологическом круговороте в экосистемах суши участвует небольшая доля всей массы углерода, а значительная часть законсервирована в «былых биосферах», входит в состав полезных ископаемых.

На суше особенно мощным естественным источником поступления углекислого газа в атмосферу выступают ***вулканы***.

Весьма существенное звено в большом круговороте углерода – ***водные массы гидросферы***. Углекислый газ представлен в ней в виде как разбавленных растворов угольной кислоты, так и, главным образом, гидрокарбонатов металлов. Повышение концентрации и парциального давления CO_2 в атмосфере, региональное или сезонное ***охлаждение вод сопровождаются немедленным увеличением концентрации углекислого газа в воде и растворов гидрокарбоната кальция***. Многие водные организмы, погло-

щая углекислый кальций, создают свои скелеты, из которых затем образуются донные известковые отложения вплоть до пластов известняков. Выпадая в осадок, карбонат кальция связывает часть углекислого газа в осадочных горных породах на дне Мирового океана и пресноводных водоемов, а часть углекислого газа при этом вновь возвращается в атмосферу:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2Co_3 \rightarrow H_2O \rightarrow CO_2.$$

Между углекислым газом атмосферы и водой океана существует подвижное равновесие. Уменьшение концентрации диоксида углерода в атмосфере неизбежно вызывает дегазацию вод океана и поступление углекислого газа в атмосферу. Фотосинтез в гидросфере также является постоянно действующим механизмом поглощения углекислого газа из атмосферы и газов, растворенных в водной среде, с соответствующим освобождением кислорода.

Таким образом, океан и атмосфера представляют собой единую систему, регулирующую распределение диоксида углерода между ними. Многие экологи считают, что в современную эпоху океан продолжает эффективно выполнять функцию захвата и связывания избыточного углекислого газа путем перевода его в известковые осадки, а также образования биомассы живого вещества и мертвой органики в толщах морской воды.

Круговорот углерода контролирует содержание кислорода в атмосфере, по этой причине наибольшую вероятную опасность для биосферы представляет именно нарушение круговорота углерода.

В антропогене масштабы фотосинтетической деятельности на Земле, по-видимому, стабилизировались. Зеленый покров суши и карбонатная система гидросферы в течение длительного времени поддерживали постоянный уровень содержания углекислого газа в атмосфере.

Тем не менее в современную эпоху (с 70-х гг. XX в. и по настоящее время) из-за нарастающего потепления климата распространено убеждение, что состояние природной среды сильно меняется: поток углерода в атмосферу увеличился преимущественно за счет антропогенного происхождения и настолько, что растительность Земли, вероятно, не способна полностью усваивать его. Следствием этого является снижение самоочищения атмосферы от оксида углерода (CO_2, угарный газ).

Самоочищение воздуха от оксида углерода происходит в результате миграции CO в верхние слои атмосферы, где в присутствии диоксида азота и озона он окисляется до CO_2, а также путем поглощения растениями и микроорганизмами, водной и земной поверхностью. Если бы прекратилось постоянное техногенное поступление оксида углерода в воздушный бассейн, то атмосфера Земли могла бы очиститься от него в течение одного месяца или, по крайней мере, нескольких лет.

По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, стационарные источники и транспорт на ее территории выбрасывают в воздух около 1,1 млн т оксида углерода, что эквивалентно 1,7 млн т углекислого газа.

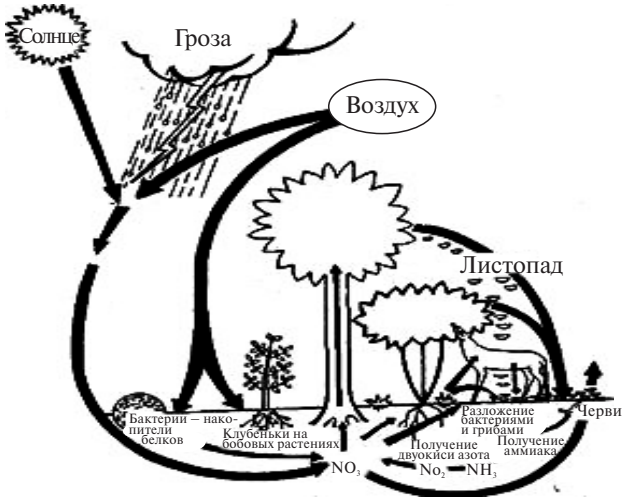
Естественный и культурный растительный покров Беларуси поглощает не менее 163 млн т CO_2. Диоксид углерода антропогенного происхождения на территории республики составляет около 1 % от массы этого газа, участвующего в фотосинтезе.

В процессе фотосинтеза на каждую поглощенную молекулу углерода (C) приходится одна освобождаемая молекула кислорода (O_2). Используя соотношение их молекулярных масс (12 : 32), можно рассчитать продуцирование кислорода на конкретных географических территориях. В частности, растительный покров Беларуси поставляет в атмосферу не менее 120 млн т кислорода. Поэтому увеличение площади, занимаемой древесным растительным ярусом, путем лесонасаждений светло-хвойных и кверцетальных термофильных пород совместно с уменьшением доли выбросов углекислого газа в атмосферу является реальной насущной и практической задачей современного этапа.

5.5. Круговорот азота

Азот, как углерод и большинство других химических элементов, участвует в большом и малом круговоротах веществ. Его круговорот – один из наиболее сложных в биосфере и одновременно идеальных (рис. 5.6).

Газообразный азот непрерывно поступает в атмосферу в результате реакции окисления аммиака, образующегося при извержении вулканов и разложении биологических отходов: $4NH_3 + 3O_2$ ($2N_2 + 6H_2O$). В атмосфере азота содержится около 80 %, но растения не обладают способностью усваивать азот непосредственно из воздушной среды.



(по П. Дювинью)

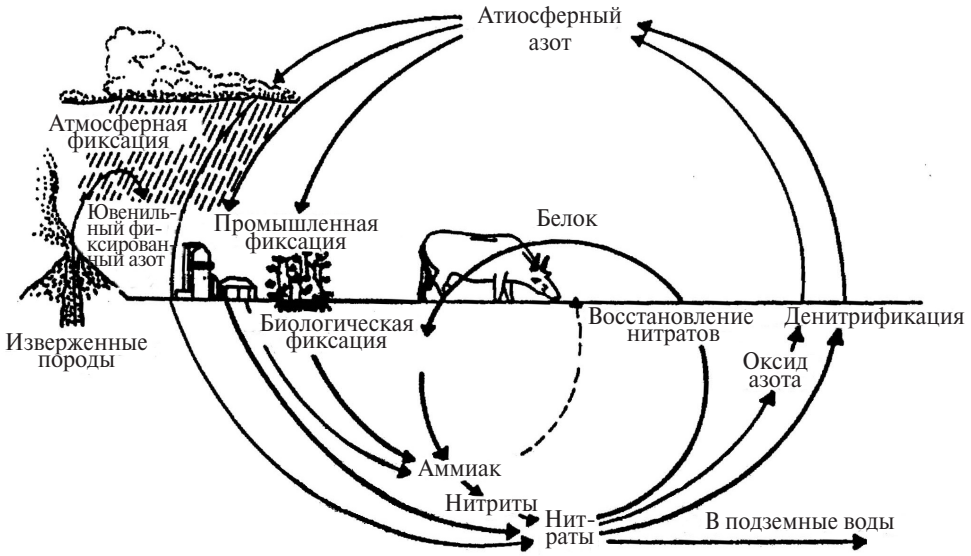


Рис. 5.6. Круговорот азота в ландшафтной сфере

Источник азота в биологическом круговороте – нитраты и нитриты, которые поглощаются растениями из почвы и воды. Животные, поедая растения, создают из аминокислот растительных белков протоплазму своих клеток. Гнилостные бактерии переводят соединения азота в отмерших остатках растений и животных в аммиак. Затем нитрифицирующие бактерии превращают аммиак в нитриты и нитраты. Неорганическим путем нитраты образуются и в атмосфере в результате электрических разрядов во время гроз.

Часть азота благодаря денитрифицирующим бактериям вновь поступает в атмосферу. Если бы не было постоянного дополнительного источника пополнения запасов азота в почве, в конечном итоге наступило бы азотное голодание растений и, как следствие, разрушение биосферы, поскольку образующийся в процессе денитрификации свободный азот выводится из биологического круговорота.

Существуют два пути вовлечения азота атмосферы в биологический круговорот: первый из них связан с атмосферными осадками, второй – с биологической фиксацией азота прокариотами.

В результате извержения вулканов, а также электрического (при грозовых разрядах и ионизации) и фотохимического окисления азота в атмосфере всегда присутствуют его оксиды, растворенные в дождевой воде и вместе с ней попадающие в почву. Кроме того, в 1 $м^3$ воздуха содержится от 0,02 до 0,04 мг аммиака, количество которого возрастает при грозовых разрядах и который также выпадает на землю с осадками. Суммарное ежегодное поступление азота в почву этим путем составляет 10–15 кг/га.

Биологическая фиксация азота связана с прокариотами. Они могут превращать биологически бесполезный газообразный азот в соединения, необходимые для корневого питания зеленых растений. Фиксация азота требует больших затрат энергии, так как много энергии идет на разрыв тройной связи в молекуле $N_2(N = N)$, чтобы с добавлением водорода из воды превратить ее в две молекулы аммиака (NH_3). Например, клубеньковые бактерии бобовых расходуют на биофиксацию 1 г азота около 10 г глюкозы (примерно 17 кДж), полученной растением в фотосинтезе, т. е. эффективность процесса составляет 10 %.

Азот фиксируется свободно живущими аэробными (*Asotobacter*) и анаэробными (*Clostridium*) бактериями, некоторыми синезелеными водорослями (*Anabaena*, *Nostos*), симбиотическими клубеньковыми бактериями бобовых растений (*Rhizobium*) и другими микроорганизмами. Особенно активны клубеньковые бактерии, образующие с бобовыми и другими высшими растениями взаимовыгодные (симбиотические) ассоциации. Растение предоставляет бактериям соответствующее место обитания (корневые клубеньки), защищает их от излишка кислорода и поставляет им необходимую энергию. В ответ растение получает легкоусвояемый фиксированный азот. Общее годовое количество азота, фиксированного клубеньковыми бактериями, может достигать 350 кг/га, что в 100 раз выше этого показателя у свободно живущих азотфиксирующих организмов.

Фиксированный азот почвы не только поглощается корневыми системами растений. Часть его соединений выносится в реки, а из них – в моря и внутриматериковые водоемы. Больше всего азота в форме солей аммония, нитратов и нитритов содержится близ устьев рек и у берегов, куда он поступает с суши, а также в глубинах гидросферы, где накапливается в процессе гниения органического вещества. В поверхностных слоях воды азот потребляется растительными микроорганизмами. Потеря азота восполняется новым поступлением его с суши, в результате вертикального перемешивания воды, выпадения аммиака из атмосферы и разложения остатков растений и животных в поверхностных слоях воды. При естественном ходе круговорота эти процессы не вызывают резких колебаний содержания азота в воде морей и океанов за исключением зон его приноса с суши (0,01–7 мг/л).

Антропогенные нарушения круговорота азота в биосфере связаны со сжиганием топлива в двигателях наземного и воздушного транспорта, на тепловых электростанциях, теплоэнергетических установках (в котельных, печах), а также с промышленной фиксацией азота – производствах азотных удобрений. В 70-е гг. XX в. поступление в атмосферу оксидов азота техногенного происхождения было в 15 раз меньше, чем от естественных источников, однако с развитием транспорта и теплоэнергетики оно непрерывно растет. При ***сжигании топлива*** в атмосферу поступает дополнительное количество оксидов азота, которые участвуют в фотохимических реакциях. Одна из таких реакций приводит к образованию ***фотохимического смога***, содержащего формальдегид и другие токсичные компоненты.

Загрязнение стратосферы оксидами азота в результате полетов ***воздушных кораблей***, а в недалеком прошлом и ***испытаний атомного оружия***, тоже нарушает естественный круговорот азота и, кроме того, может привести к ***разрушению озонового экрана***, поскольку оксиды азота вступают в фотохимические реакции с озоном. В тропосфере оксиды азота, контактируя с парами воды, всегда здесь присутствующими, образуют аэрозоли азотной кислоты, которая вместе с аэрозолями серной кислоты (продуктом загрязнения атмосферы оксидами серы), выпадает в виде кислотных дождей.

Существенные изменения в круговорот азота вносит производство и применение азотных удобрений. В почвенном покрове содержится около 150 млрд т азота, связанного в органические соединения, в растениях – 1,1 млрд т, в животных – 610 млн т. Нитратный азот не накапливается в почве, легко вымывается из нее водами, восстанавливается в газообразные формы и в больших количествах (20–40 %) расходуется на питание растений. Так как часть почвенного азота изымается при очередном сборе урожая, потребность культурных растений в азоте возрастает, а органические удобрения только частично удовлетворяют ее. В XX в. химический синтез азотных удобрений на основе связывания азота атмосферы стал главным источником питания культурных растений. В мире ежегодно вносится 35–40 млн т азота в виде минеральных удобрений. Кроме того, неучтенное пока количество азота поступает в почву и грунтовые воды от животноводческих комплексов и индивидуальных подворий.

В нарушенном круговороте одна из ветвей миграции нитратов заканчивается в грунтовых водах, так как растительность усваивает не весь азот, оказавшийся в почве. На равнинных территориях, интенсивно используемых в течение длительного времени в сельском хозяйстве, грунтовые воды, которые питают колодцы, практически повсеместно оказываются загрязненными.

По рекомендации Всемирной организации здравоохранения суточное поступление нитратов в организм человека не должно превышать 5 мг на 1 кг массы, т. е. для человека массой 70 кг допустимы 350 мг нитратов. Токсическое действие нитратов проявляется в том, что внутри организма они восстанавливаются до нитритов, которые преобразуются в нитрозоамины как промежуточное звено в образовании аминокислот и витаминов. Нитрозоамины являются сильнодействующими ядами, которые могут привести к изменениям функций внутренних органов и отравлению. Не преобразованные и не выведенные организмом, они оказываются в грудном молоке домашнего скота.

В результате потребления растительной пищи и воды увеличивается нитратная нагрузка на организм человека. Наиболее чувствительны к нитратам дети, особенно раннего возраста. Здоровые люди, находящиеся на безовощной диете, выделяют до 47 мг/л нитратов с жидкими экскретами. Содержание же в экскретах до 100 мг/л нитратов свидетельствует о высоком поступлении последних в организм. По данным НИИ радиационной медицины НАН Беларуси, у обследованных в разных районах ре-

спублики детей в возрасте 6–12 месяцев средняя концентрация нитратов в моче составила 87,4 мг/л. Превышение допустимых уровней зарегистрировано у 76,1 % детей, а сверхвысокие концентрации (свыше 200 мг/л) отмечены у каждого одиннадцатого ребенка. Некоторые дети в возрасте до 3 месяцев получают в 12 раз больше нитратов и нитритов, чем допустимо.

Проблема нарушения круговорота азота в биосфере и на конкретных территориях дискутируется долгие годы, однако интенсификация сельского хозяйства, развитие химической промышленности, теплоэнергетики и транспорта, а также появление новых экологических проблем делают ее все более трудноразрешимой.

5.6. Круговорот фосфора

Биологическое значение фосфора в жизни организмов исключительно велико: его соединения входят в состав нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), клеточных мембран, систем переноса энергии, мозга и костной ткани. Содержание фосфора в тканях растений составляет 250–350, морских животных – 400–1800, наземных животных – 1700–4400, бактерий – около 3000 мг/100 г сухого вещества. В организме человека особенно много фосфора в костной ткани – более 5000, в тканях мозга – около 4000 мг/100 г сухого вещества.

Как углерод и азот, фосфор участвует в биологическом и геологическом круговороте вещества (рис. 5.7). Резервуаром фосфора в биологическом круговороте служит не атмосфера, а литосфера (в земной коре содержание фосфора не превышает 1 %), точнее, фосфорсодержащие горные породы (изверженные или осадочные), прежде всего ***апатиты***. В процессе их выветривания неорганический фосфор попадает в почвы, в большом количестве выносится в моря, откладываясь в мелководных осадках и рассеиваясь на больших глубинах.

Из почвы фосфор извлекается в виде растворимых фосфатов. Растения с почвенным раствором поглощают ионы фосфата PO_{3-4}. Причем усвоение элемента растениями в значительной степени зависит от кислотности почвенного раствора. В щелочной среде фосфаты кальция и натрия практически нерастворимы, в нейтральной и близкой к ней – малорастворимы. По мере повышения кислотности они превращаются в хорошо растворимую фосфорную кислоту. С растительной пищей фосфор потребляют животные.

В результате бактериальных преобразований в почве органический фосфор растительного опада, отмерших животных и их выделений трансформируется в фосфаты. Фосфатразрушающие бактерии продолжают биологический круговорот фосфора, в итоге приводя к поступлению ионов фосфата в водную среду.

Круговорот фосфора не замкнут в биосфере, часть его теряется при геологических процессах. Несмотря на низкую растворимость большинства соединений фосфора, главное направление их большого круговорота – озера, устья рек, моря и шельф океанов. С речным стоком в океан поступает около 3–4 млн т фосфата, который выключается из круговорота на суше.

При беспрерывном осаждении органических веществ, прежде всего обогащенных фосфором останков животных и гуано, на дне глубоководных зон морей и океанов часть фосфатов изымается из биосферы и не принимает участия в круговороте. Фосфор концентрируется в виде морских фосфатных конкреций. Однако тектонические движения могут привести к медленному подъему на поверхность богатых фосфором глубоководных осадочных пород, и через десятки и сотни миллионов лет фосфор может быть вновь вовлечен в биологический круговорот.

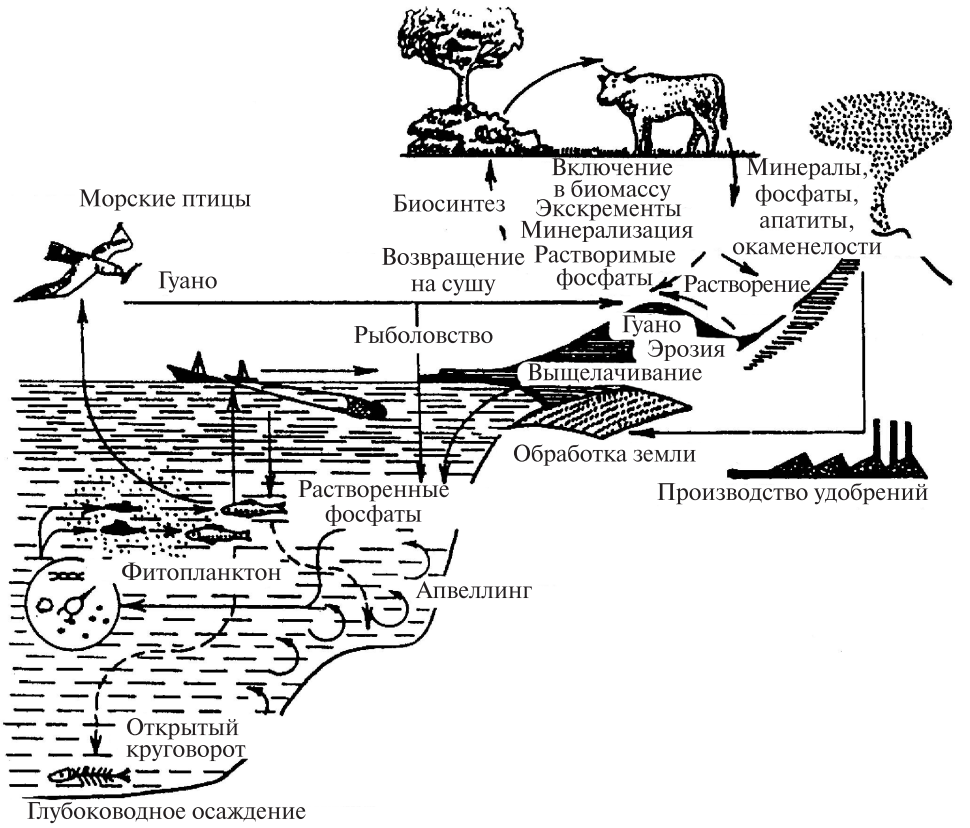


Рис. 5.7. Круговорот фосфора (по Рамаду, 1981)

В почве и природных водах фосфор всегда находится в дефиците, соотношение содержания фосфора и азота в природных водах составляет в среднем 1 : 23 (реках и ручьях – 1 : 28), в биомассе – 1 : 16. По этой причине постоянно ограничивается биологическая продуктивность Земли. К тому же возвращение части фосфора из океана на сушу птицами и с выловленной рыбой явно уступает выносу его в гидросферу. Фосфор – наиболее слабое звено в жизненной цепи, которая обеспечивает существование человека, и в этом плане положение может стать весьма угрожающим.

В XX в. круговорот фосфора в биосфере оказался резко нарушен. Причины этого: производство фосфорных удобрений и их широкое применение в сельском хозяйстве; получение в промышленных масштабах многочисленных фосфорсодержащих препаратов, используемых в быту, земледелии и т. д.; производство огромных ресурсов продовольствия и кормов, развитие рыбного промысла, добыча морских моллюсков и водорослей. В результате произошли перераспределение содержания фосфатов на суше и в гидросфере, неравномерная фосфатизация суши. В зонах концентрации населения, сельского хозяйства наблюдается аномально высокая, малообратимая аккумуляция органических соединений фосфора в почве, в то время как большая часть углерода и азота в газообразном виде рассеивается в атмосфере. Эрозия почв, смыв удобрений, органических отбросов и экскрементов, сбросы канализационных вод приводят к сильнейшему фосфорному загрязнению рек (воды дельт и эстуариев) и озер. Многие водоемы Европы и Америки уже отравлены избыточными концентрациями азота и фосфора.

5.7. Круговорот серы

Сера имеет важное биологическое значение, поскольку в составе широко распространенных в живой природе аминокислот, белков и других сложных органических соединений она содержится во всех организмах. Ее массовая доля в пересчете на сухое вещество в наземных растениях равна 0,3 %, у наземных животных – 0,5, в морских растениях – 1,2, у морских животных – до 2 %.

В большом, геологическом круговороте сера переносится с океана на материки с атмосферными осадками и возвращается в океан со стоком. Одновременно запасы в атмосфере пополняются за счет вулканической деятельности и других источников (рис. 5.8).

Вулканы выбрасывают серу в виде триоксида (серного ангидрида) SO_3, диоксида (сернистого ангидрида, сернистого газа) SO_2, сероводорода H_2S и элементарной серы. В литосфере имеются в большом количестве различные сульфиды металлов: цинка, железа, свинца и др. В биосфере сульфидная сера с участием многочисленных микроорганизмов окисляется до сульфатной серы SO_{2-4} почв и водоемов. В малом круговороте сульфаты поглощаются растениями и входят в состав аминокислот, белков и эфирных масел. Поедая растения, серу получают животные. Очень сложными превращениями серы сопровождается разрушение остатков организмов, растительного опада в почвах и илах водоемов суши, морей и океанов. При разрушении белков с участием микроорганизмов образуется сероводород, который в дальнейшем окисляется или до элементарной серы (формируются **месторождения серы биогенного происхождения**), или до сульфатов (накапливаются **залежи гипса**). Гипс может подвергаться разрушению, и сера в таком случае возобновляет свой круговорот. На дне Черного

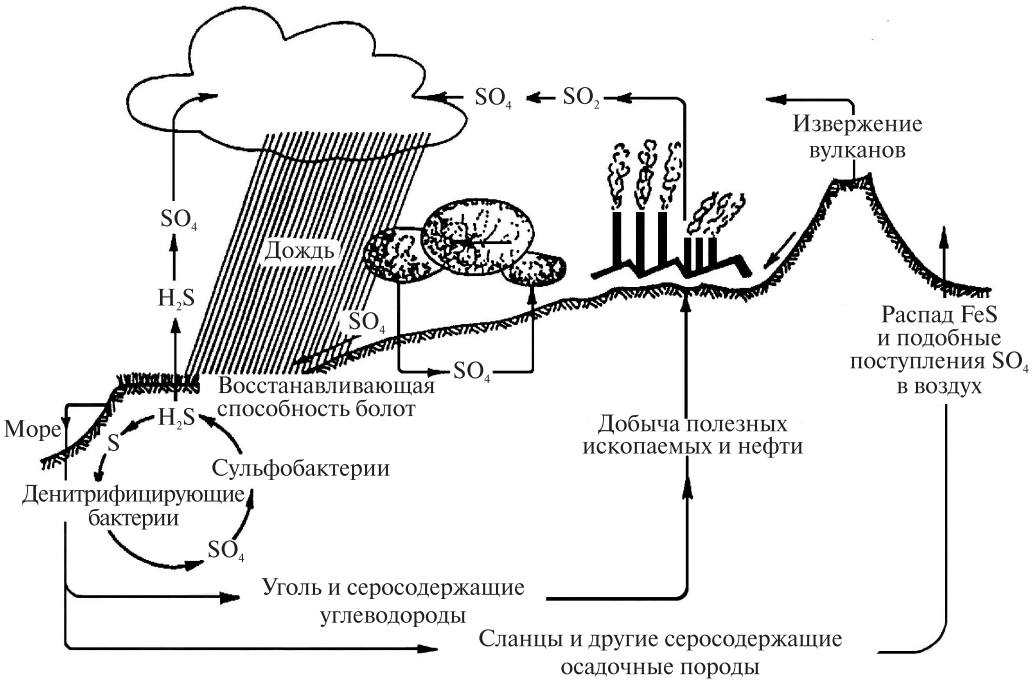


Рис. 5.8. Круговорот серы

и некоторых других морей, а также в различных пресноводных водоемах, загрязненных промышленными отходами, в результате жизнедеятельности сероразлагающих бактерий в анаэробных условиях образуется **сероводород**. На заключительном этапе геологического круговорота сера выпадает в осадок в анаэробных условиях в присутствии железа и медленно накапливается в глубоко лежащих осадочных породах.

Круговороты серы, как и углерода, азота, фосфора, все больше подвергаются нарушению в результате промышленного загрязнения атмосферы. Основной дополнительный поставщик серы в большой круговорот – теплоэнергетические установки (ТЭЦ, котельные), которые при сжигании топлива выбрасывают сернистый газ. В середине 70-х гг. XX в. этим путем в атмосферу Земли ежегодно поступало 100–150 млн т SO_2. Объем серосодержащих выбросов в Западной Европе в начале 80-х гг. достиг 20 млн т, или 10 % от суммарного техногенного поступления этого поллютанта во всем мире (200 млн т).

Атмосфера Земли способна самоочищаться от сернистого ангидрида в результате выпадения осадков, поглощения серы из SO_2 другими газами и растительностью, осаждения сульфатных аэрозолей и т. д. Например, при тумане и дожде SO_2 присутствует в воздухе около 1 ч, взаимодействуя с естественной примесью в воздухе – аммиаком, переходит в сульфат аммония. Следует отметить, что окисление сернистого ангидрида в воздушной среде происходит очень быстро. Вне промышленных областей концентрация SO_2 в атмосферном воздухе резко падает до фоновых значений (не более 5–10 мкг/м^3 на суше и 1–3 мкг/м^3 над океаном). **На высоте 3–4 км различия в концентрации SO_2 над различными территориями Европы исчезают.** Среднегодовая фоновая концентрация диоксида серы для территории Беларуси, по наблюдениям Станции фонового мониторинга Березинского биосферного заповедника, составляет 2–3 мкг/м^3 и имеет тенденцию к снижению.

Экологическая опасность сернистого ангидрида заключается в том, что при его фотохимическом окислении в присутствии диоксида азота и углеводородов, даже если концентрация их в воздухе незначительна, вначале образуется серный ангидрид SO_3, который, соединяясь затем с водяными парами в атмосфере, превращается в аэрозоли серной кислоты H_2SO_4. Продолжительность всего цикла – от момента естественных или техногенных выбросов SO_2 до удаления из атмосферы паров серной кислоты составляет 5–14 суток. С воздушными потоками аэрозоли серной кислоты мигрируют на значительные расстояния, иногда на сотни километров от источника выброса, и выпадают в виде «кислых дождей» с pH 4,0–5,0 и менее. В водоемах Швеции, юго-востока Канады, северо-востока США, подверженных загрязнению серными и азотистыми соединениями, исчезают рыба и растительность. За последние 25 лет резко **увеличилась площадь отмирающих лесов** в Центральной Европе, причем около 1 млн га лесов именно по причине кислотных осадков, поступление которых в лесные экосистемы превысило здесь естественный уровень в 100 раз. **Снижение прироста древесной массы хвойных лесов** отмечено и в промышленно развитых районах России и других государств СНГ. Кроме того, «кислые дожди» подкисляют почвы умеренных широт, способствуя выносу из них питательных веществ и изменяя скорость круговорота большинства биофильных элементов.

Выбросы в воздух сернистого газа объектами теплоэнергетики, промышленности и транспорта на территории Беларуси в настоящее время не превышают 320 тыс. т/год, или в пересчете «на серу» около 160 тыс. т. Суммарное выпадение серы на территории республики составляет около 290 тыс. т/год (по данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Беларуси), или 9 % накапливаемой серы (около 2,7 млн т) в ежегодной продукции растительного покрова (около 90 млн т).

Приняв среднее годовое поступление серы с осадками на поверхность океана 0,5 тыс. т/км^2 за показатель для незагрязненных территорий, можно оценить ежегодное выпадение серы на территорию Беларуси с чистыми осадками в 100 тыс. т. Загрязнение природной среды трансграничным переносом и местными источниками при таком подсчете составляет около 190 тыс. т/год.

Доля трансграничного переноса в выпадении серы для Беларуси составляет до 60 % (Равинский и др., 1988), или около 110 тыс. т. При относительной достоверности этих расчетов, они все же позволяют оценить приблизительный вклад местных источников на территории Беларуси в загрязнение серой, который достигает около 70–80 тыс. т/год. Некоторая часть серы воздушными потоками выносится за пределы региона. Содержание сульфат-иона SO_{2-4} в снежном покрове (рис. 5.9) показывает, что наибольшему загрязнению подвержены территории, сопредельные с крупными промышленными центрами республики (Бусько, 1995).

Вместе с оксидами серы и азота в воздушный бассейн от источников загрязнения поступают в значительном количестве и другие вещества, в том числе **щелочные элементы кальций и магний**. Вступая в химические реакции с аэрозолями серной, азотной и других кислот, они в **значительной мере нейтрализуют «кислые дожди»**.

Незагрязненным атмосферным осадкам соответствуют pH 5,6. В большинстве городов республики, кроме Гомеля, средние значения pH осадков находились в интервале 5,7–7,0 (рис. 5.10), что позволяет их оценить как слабозагрязненные слабокислые и нейтральные по кислотности. «Кислые дожди» наиболее вероятны в Гомеле (pH 4,8).

Во всех рассмотренных круговоротах элементов – углерода, азота, фосфора и серы – обнаруживаются явные глобальные изменения в атмосфере и биосфере вследствие деятельности человека. Однако их региональное проявление неоднородно. Так, на территории Беларуси ситуация может быть вполне благополучной, в других же – катастрофической. Таким образом, **антропогенная деятельность на современном этапе представляет собой огромную разрушительную для биосферы силу**.

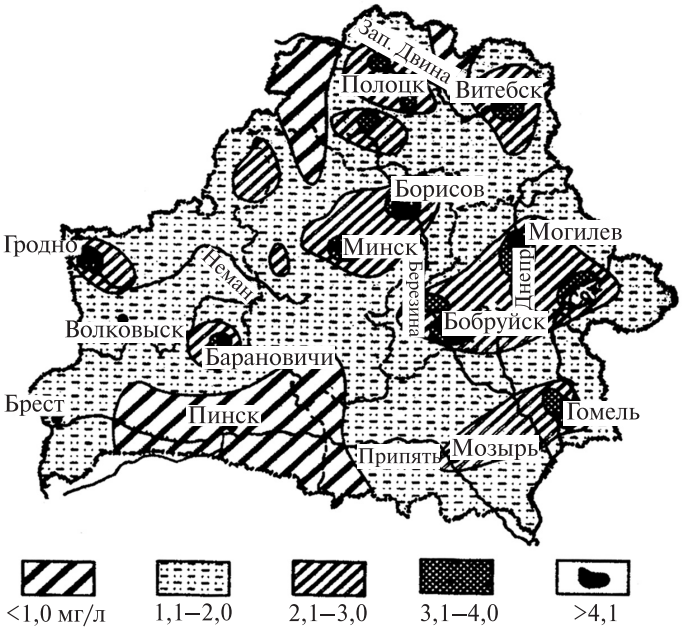


Рис. 5.9. Содержание сульфат-ионов в снежном покрове на территории Беларуси



Рис. 5.10. Средний показатель pH атмосферных осадков в городах Беларуси

Пока еще нет всеобъемлющей научной концепции, которая позволяла бы оценить масштабы этого разрушения. Трудность заключена в том, что невозможно определить показатели природных условий «чистой» биосферы и допустимого уровня их загрязнения, а все составляющие ее компоненты чрезвычайно мобильны и изменчивы.

5.8. Круговорот ртути

Ртуть принадлежит к весьма редким элементам. Она рассеяна в земной коре и только в немногих минералах, таких как киноварь, содержится в концентрированном виде. Ртуть участвует в круговороте вещества в биосфере, мигрируя в газообразном состоянии и в водных растворах. Ртуть и ее соединения токсичны.

В атмосферу она поступает из гидросферы при испарении, при выделении из киновари, с вулканическими газами и газами из термальных источников. Часть газообразной ртути в атмосфере переходит в твердую фазу и удаляется из воздушной среды. Выпавшая ртуть ***поглощается почвами***, особенно глинистыми, водой и горными породами. В горючих полезных ископаемых – нефти и каменном угле – ртути содержится до 1 мг/кг. В водной массе океанов ее количество составляет около 1,6 млрд т, в донных осадках – 500 млрд т, в планктоне – 2 млн т. Речными водами ежегодно с суши выносится около 40 тыс. т, что в 10 раз меньше, чем поступает в атмосферу при испарении (400 тыс. т). На поверхность суши ежегодно выпадает около 100 тыс. т.

Ртуть из естественного компонента природной среды, участвующего в большом и малом круговоротах, превратилась в один из наиболее опасных для здоровья человека техногенных выбросов в биосферу. Она широко применяется в металлургии, в химической, электротехнической, электронной, целлюлозно-бумажной и фармацевтической промышленности и используется для производства взрывчатых веществ, лаков и красок, а также в медицине. Промышленные стоки и атмосферные выбросы,

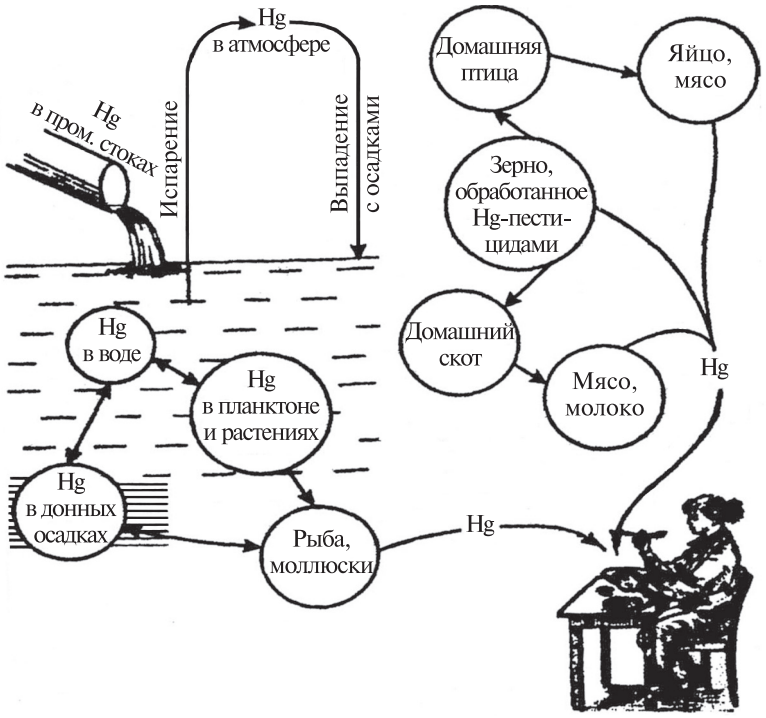


Рис. 5.11. Попадание ртути в организм человека
в результате применения ртутьорганических пестицидов
в сельском хозяйстве (*а*) и загрязнения водной среды (*б*)

наряду с ртутными рудниками, заводами по производству ртути и теплоэнергетическими предприятиями (ТЭЦ и котельные), использующими уголь, нефть и нефтепродукты, являются основными источниками загрязнения биосферы этим токсичным компонентом. Кроме того, **ртуть входит в состав ртутьорганических пестицидов, используемых в сельском хозяйстве для протравливания семян и защиты культур от вредителей. В организм человека попадает с продуктами питания** (рис. 5.11).

Как и в случае с нитратами, ртуть представляет большую опасность для здоровья детей, степень которой можно оценить по соотношению содержания **ртути в моче с допустимой концентрацией – 0,035 мг/л**. В частности, у большинства обследованных детей г. Минска этот показатель не превышен, однако у некоторых отмечено содержание ртути в моче **до 0,169 мг/л**, причем наиболее высокая концентрация наблюдается **осенью**.

5.9. Круговорот свинца

Свинец присутствует практически во всех компонентах природной среды. В земной коре его содержится 0,0016 %. Важнейшим звеном круговорота свинца является его *атмосферно-гидросферный перенос.* Естественный уровень этого металла в атмосфере равен 0,0005 мг/м^3. Большая часть его осаждается с пылью, доля выпадений с атмосферными осадками составляет менее 40 %. Растения получают свинец из почвы, воды и атмосферных выпадений, а животные – потребляя растения и воду. В организм человека металл попадает вместе с пищей, водой и пылью.

Основным источником загрязнения биосферы свинцом являются бензиновые двигатели, выхлопные газы которых содержат тетраэтилсвинец, теплоэнергетические предприятия, сжигающие каменный уголь, горнодобывающая, металлургическая и химическая промышленность. Значительное количество свинца вносится в почву вместе со сточными водами, используемыми в качестве удобрения. Для тушения горящего реактора Чернобыльской АЭС также использовался свинец, который через воздушный бассейн рассеялся на обширных территориях. Содержание свинца в загрязненном воздухе промышленных районов в десять тысяч раз больше, чем его естественный уровень в атмосфере. Только в поверхностные воды вместе с загрязнениями поступает до 900 тыс. т свинца в год.

У жителей промышленно развитых стран содержание свинца в организме в несколько раз выше, чем у жителей аграрных стран, у горожан выше, чем у сельских жителей. При увеличении загрязнения окружающей среды свинцом **возрастает его отложение в костях, волосах и печени**. Выводится свинец из организма в основном через кишечник и почки. Выделение его с мочой до 0,05 мг/л считается не угрожающим для здоровья.

В XIX в., когда доля свинца в природной среде достигла максимальных величин и в предельной мере угрожала загрязнению сфер Земли, мировые страны договорились и одновременно резко снизили его содержание в бензине, показав практический пример своей борьбы за сохранение жизни на планете.

5.10. Распространение радиоактивных элементов, излучения, газов

Достаточно большой проблемой представляются выбросы, распространение и перенос радиоактивных элементов в связи с авариями на суше (рис. 5.12) и разгерметизацией захороненных контейнеров в глубоководных желобах Мирового океана, а также радона, метана и других газов. Но главная опасность не столько в техногенных

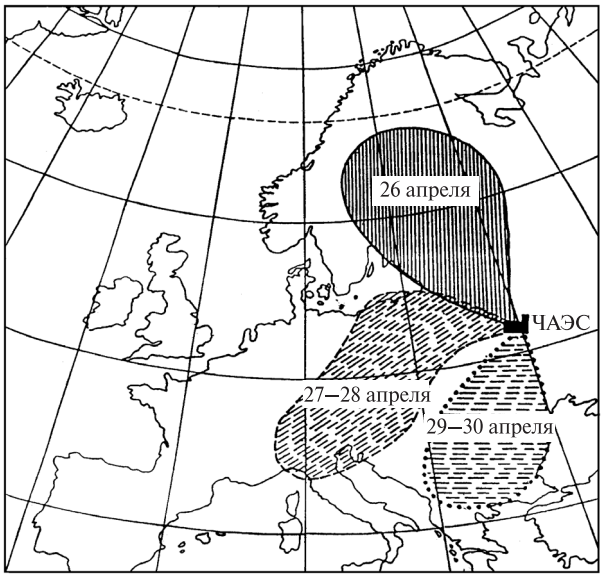


Рис. 5.12. Направления перемещения радиоактивного облака после аварии на ЧАЭС в 1986 г.

факторах радиационной опасности (доля воздействия продуктов от вредных испытаний составляет всего 0,7 %, от работы АЭС – 0,3 %), сколько от «вклада» не менее опасных для организма человека облучений от медицинских обследований (рентген, радиотерапия, лазеролечение – всего 34 % всей годовой дозы) при сравнении с естественным фоном излучения от геологических и планетарных факторов всего в 22 %.

Основная доля радиации приходится на воздействие атмосферных продуктов распада радиоактивного газа ***радона*** – 43 %, хотя в малых дозах он лечебен (в особенности, радоновая вода; (Богдасаров, 2008)). Образуется он в радиоактивных рудах и минералах (уран, торий, радий) и постепенно поступает на поверхность Земли в почву, гидросферу и атмосферу (содержание его $7 \cdot 10^{-17}$ по весу). В Беларуси радон отмечен в местах геологических разломов, в Микашевичском гранитном массиве, в Шкловском, Минском, Барановичском и Дятловском районах, в минерализованных водах Гродненской и Брестской областей, в некоторых артезианских скважинах. Радон начинает интенсивно выделяться из горных пород, когда они подвергаются попеременному сжатию и растяжению при активном возмущении магнитного поля Земли. А магнитные бури вызываются мощными взрывами на Солнце и негативно влияют на самочувствие людей одновременно с выделяющимся радоном из недр Земли, облучение которым повышает вероятность заболевания раком дыхательных путей. Радоновая угроза исходит также от домов и квартир: он содержится в больших количествах в некоторых строительных материалах (красном кирпиче, щебне, глине, песке, цементе и др.). Будучи в 7,5 раз тяжелее воздуха, радон постоянно накапливается в непроветриваемых жилых помещениях (ванне, туалете, подсобках, кладовках и т. д.), подвалах. Проблема вредности радона имеет место и при выборе места жилого и промышленного строительства над гранитоидными массивами или в зоне тектонических разломов.

Метан – болотный или рудничный газ, основной компонент природных (77–99 % по объему), попутных нефтяных (31–90 %) и рудничного газов (34–40 %). Встречается в вулканических газах, непрерывно образуется при гниении органических веществ под действием метанобразующих бактерий в условиях ограниченного доступа воздуха (болотный газ, газы полей орошения), а также при термической переработке нефти и нефтепродуктов (10–57 %), коксовании и гидрировании каменного угля (24–34 %). С воздухом метан образует взрывоопасные смеси, но особую опасность он представляет при подземной разработке месторождений полезных ископаемых в горные выработки, на угольных обогатительных и брикетных фабриках, на сортировочных установках. Увеличение концентрации метана в воздухе приводит к удушью. Этот наиболее термически устойчивый насыщенный углеводород используется как бытовое и промышленное топливо, сырье для промышленности при производстве формальдегида, сажи, сероуглерода, ацетилена, синильной кислоты, аммиака, водяного газа). На современном этапе выброс метана в атмосферу приводит к разрушению озонового слоя Земли, а рост глобального потепления климата может привести к растаиванию вечной мерзлоты в северных районах Евразии и выделению из нее метана в результате расконсервации и последующего гниения органических веществ.

Таким образом, круговороты химических элементов, имеющих большое значение для жизни на Земле, и элементов, являющихся опасными для здоровья человека, не изолированы друг от друга, а взаимозависимы в едином биосферном круговороте веществ. Принятая в отраслях промышленности и сельского хозяйства единица учета величины ПДК (предел допустимой концентрации) загрязняющего вещества в природной среде и до настоящего времени не везде отражает реальную ситуацию, искусственно завышается, напрочь не меняя сознания у руководства объектами хозяйствования в крайней необходимости защиты сфер Земли от выбросов в атмосферу путем строительства защитных сооружений.

Хозяйственная деятельность человека и быстрый технический прогресс вызвали существенное изменение состава атмосферы. В результате сжигания большого количества угля, нефти, газа в атмосферу ежегодно добавляется 10–20 млрд т CO_2, т. е. примерно в 3000–6000 раз больше, чем выдыхает все человечество. За 50 лет (30–70-е гг. XX в.) концентрация двуокиси углерода повысилась на 12–15 %, наряду с одновременным сокращением содержания кислорода (Давтая, 1975). При сохранении такой тенденции еще через 50 лет (с 80-х гг. XX в. по 2030 г. XXI в.) может быть безвозвратно израсходовано 0,8 % свободного кислорода, а через 100 лет – около 67 %.

В результате техногенных процессов в атмосфере значительно увеличилось содержание **пыли**, **вредных веществ**. Ежегодно в атмосферу выбрасывалось 200–250 млн т золы, до 60 млн т **сернистого газа** (Никитин, Новиков, 1980). Общее аэрозольное загрязнение атмосферы за последние десятилетия увеличилось примерно в 20 раз (Будыко, Давтая, 1976). Особенно загрязнены приземные слои воздуха в крупных городах и промышленных центрах, где величина солнечной радиации снижена вдвое.

Повышение концентрации CO_2 в атмосфере, увеличение массы атмосферного аэрозоля и производства энергии в недалеком будущем могут вызвать существенные изменения **климата** планеты, все последствия которого еще трудно оценить. При бурном росте традиционных видов энергии количество выделяемого тепла в XXI в. может оказаться сравнимым с солнечной энергией (Давтая, 1975; Будыко, 1974). Это существенно нагреет Землю и может вызвать нежелательные для человека последствия (таяние льдов Антарктиды и Гренландии, повышение уровня Мирового океана, затопление обширных участков суши, загрязнение воздуха и др.).

Приведенное свидетельствует о том, что человек оказывает влияние на сложившиеся круговороты веществ, изменяя их скорость и направление, снижая степень замкнутости в ходе эксплуатации природных систем, которые могут стать неспособными сохранять свойства самоподдержания.

ГЛАВА 6

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Геологические процессы непрерывны, и чтобы реально представлять масштабы времени, требующиеся для изменения лика Земли, необходимо знать ее историю с момента возникновения планеты, т. е. примерно за пять миллиардов лет. Выделение различных этапов и периодов эволюции Земли основано на хронологической последовательности накопления осадочных горных пород. Если их залегание не нарушено, то каждый верхний слой моложе нижнего. Вся история развития Земли разделена на 5 эр, их название отражает относительное время: архейская эра (древнейшая), протерозойская (ранняя), палеозойская (древняя), мезозойская (средняя) и кайнозойская (новая).

Климат, как неотъемлемая и важная часть природной среды Земли, формируется под воздействием многих факторов:

- географическое положение территории;
- солнечная радиация;
- движение воздушных масс (циркуляция атмосферы);
- подстилающая поверхность;
- рельеф (направление горных хребтов, абсолютная высота);
- близость морей и океанов, океанические течения;
- деятельность человека.

Климат определяет соотношение тепла и влаги на территории, а следовательно, и условия формирования почв, растительного и животного мира, гидрологического режима рек. Благодаря геологическим и палеонтологическим исследованиям стали возможны реконструкция палеоклиматов и выявление тенденций в формировании и функционировании. В эволюционной географии появилось новое научное направление – ***палеоклиматология*** – это наука о климатах прошлого и климатической истории Земли. Древние климаты реконструируются по косвенным признакам – вещественному составу и текстурным особенностям осадочных горных пород, по ископаемым остаткам организмов и др. Восстанавливая климаты прошлого, палеоклиматология является важной частью палеогеографии; она тесно связана с палеонтологией и стратиграфией, геоморфологией и учением о полезных ископаемых. Анализ и обобщение сведений, полученных по геологическим данным, проводятся на основе теоретических положений климатологии, метеорологии, физической географии, геофизики и астрономии.

Первые попытки палеоклиматического толкования ископаемых органических остатков принадлежат английскому ученому Р. Гуку, установившему в 1686 г., что когда-то на Земле климат был более теплым, и объяснившему этот факт изменением положения земной оси. Толчком к развитию палеоклиматологии послужило открытие и исследование в Европе следов четвертичного оледенения, которые стали главными объектами изучения палеоклиматологии. Однако научная палеоклиматология ведет начало лишь с 80-х гг. XIX в., когда в качестве показателей древних климатов нача-

ли использовать наряду с палеонтологическими и литологические данные, которые в значительной степени зависят от климатических факторов и служат весьма ценными климатическими индикаторами: соль указывает на аридный климат, бокситы и бобовая руда – на чередование влажного и сухого теплого климата, торф и каменный уголь, каолин – на влажный климат, известняк – на теплый климат, морены – на холодный ледниковый климат.

В середине XX в. широкое распространение получили различные геохимические и геофизические методы. Оценка температуры вод древних морских бассейнов осуществляется с помощью количественных соотношений изотопов кислорода O^{18} и O^{16} в кальците раковин ископаемых беспозвоночных (белемнитов, пелеципод), а также соотношений Ca : Mg и Ca : Sr в карбонатных осадках и скелетах ископаемых организмов. Существенное значение также приобрел палеомагнитный метод, позволивший вычислить положение древних широт с использованием остаточной намагниченности некоторых вулканических и осадочных пород, содержащих ферромагнитные минералы (магнетит, гематит, титаномагнетит), приобретенной под влиянием магнитного поля Земли, существовавшего во время формирования этих пород.

Среди геологических индикаторов древнего климата выделяются три основные группы: литологические, палеоботанические и палеозоологические.

Литологические показатели распространены почти повсеместно, они отражают климатические условия прошлого через характер и интенсивность процессов выветривания, степень осадочной дифференциации и масштабы аутигенного минералообразования. В условиях жарких и влажных климатов выветривание исходных пород протекало интенсивно, круглогодично и выражалось преимущественно в химических изменениях их минерального вещества. Для этих климатов характерны литогенетические (климатические) формации осадков, крайне пестрые по составу, обладающие предельно выраженной осадочной дифференциацией, содержащие много минеральных новообразований (чистые кварцевые пески, каолиновые глины, кремнистые породы, известняки, железо-марганценосные осадки и др.). В умеренном климате, где процессы выветривания были ослаблены и протекали сезонно, формировались осадки, сложенные в основном кварцево-полевошпатовыми и граувакковыми песчаниками при малом участии гидрослюдистых и монтмориллонитовых глин; они отличаются наименьшей зрелостью выветривания и минимальной степенью осадочной дифференциации его продуктов. Карбонатные осадки здесь полностью отсутствуют, масштабы аутигенного минералообразования незначительны. Для территории с аридным климатом, в прошлом целиком располагавшейся в тропическом поясе, характерны следующие формации: карбонатных красноцветов (в континентальных бассейнах седиментации), карбонатно-сульфатная (зоны морского мелководья и лагун) и экстракарбонатная (в условиях открытого моря). Показателями аридного климата являются обильная карбонатоносность и соленосность осадков и широкое распространение в них малогидратированных и совершенно безводных соединений (гематит, ангидрит, бемит).

Палеоботанические показатели – ископаемые остатки растений, отражающие влияние климата, времени и места своего произрастания в родовом и видовом составе, особенностях условий обитания, в жизненных формах и их морфологии, а также в дифференциации древней растительности на зональные и провинциальные типы. Так, жарко-влажный климат реконструируется по формации тропических лесов, жарко-сухой климат – по распространению формации саванн и ксерофильного редколесья, индикатором умеренного климата служит формация листопадных лесов. Палеоботаническими индикаторами являются также отпечатки годичных колец древесных растений, изучением которых занимается дендроклиматология.

Палеозоологические показатели – ископаемые остатки древних организмов, которые отражают климат времени своего существования в составе сообществ и в ареалах их обитания. Морская фауна начиная с каменноугольного периода была дифференцирована на биогеографические пояса: тропический и бореальный с широкой переходной зоной между ними; в этих поясах нашел отражение слабо дифференцированный температурный режим прошлого. Периодические изменения структуры и положение границ биогеографических поясов свидетельствуют об исторических изменениях климата. Наземные позвоночные появились в девоне; последовавшие затем обновления родового состава экологических типов по времени совпадали со сменами аридных и гумидных климатов Земли. У позвоночных палеозоя и мезозоя уровень приспособлений к окружающей среде был ниже, а отсюда и их меньшее экологическое разнообразие. Млекопитающие кайнозоя обладали широким диапазоном климатической выносливости и соответственно большим разнообразием условий обитания; среди них устанавливаются фаунистические комплексы тропических лесов и саванн, листопадных лесов и степей умеренного климата.

Наиболее надежные результаты дают реконструкции, основанные на комплексном использовании всех групп индикаторов древнего климата – комплексном методе. Последний сопровождается составлением карт природной зональности соответствующего времени и позволяет реконструировать не только качественные характеристики климатов прошлого (жаркий и влажный, жаркий и сухой и т. д.), но и количественные оценки его основных элементов (температуры, атмосферных осадков) по отдельным природным зонам (рис. 6.1). Заключения о характере климатов прошлого основываются на сравнении климатических типов выветривания и осадконакопления, экологических и термических типов флоры и фауны с их современными аналогами, климатические условия существования которых хорошо известны.

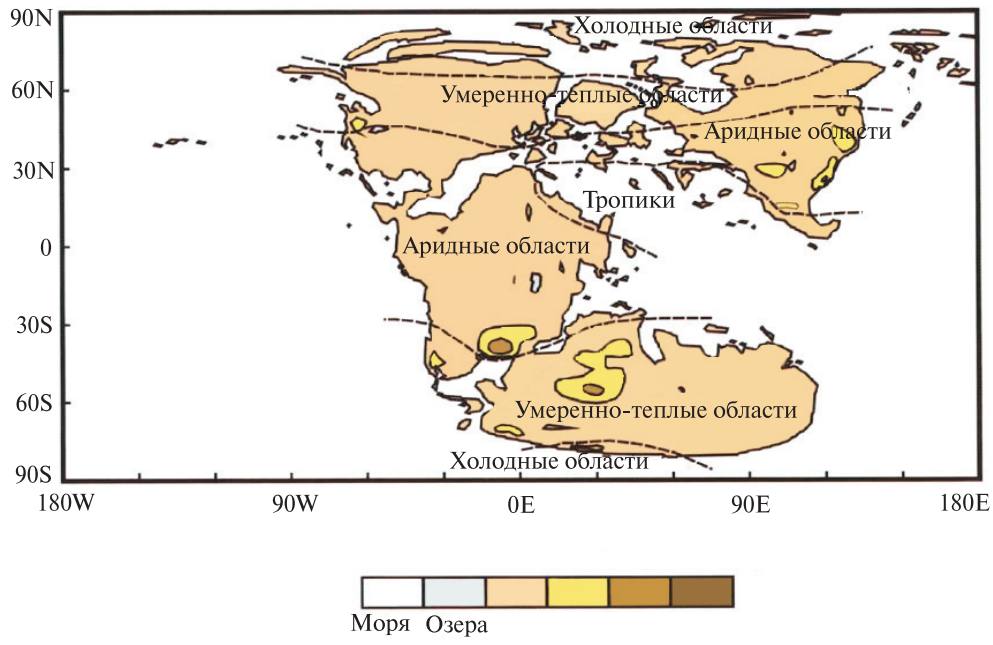


Рис. 6.1. Палеоклиматическая и палеоорографическая карта поздней юры (оксфорд – титон) (по Paleomap Project-2000) (по Benton, Harper, 2009)

Древние климаты известны лишь в общих чертах и только начиная с палеозоя, однако имеются косвенные данные и для более древних эпох. Относительно климата архея четких представлений пока нет, поскольку проявлялись они в условиях более плотной атмосферы, содержавшей много паров воды, CO_2, H_3, CH_4, лишенной кислорода, и при почти полном отсутствии суши. Климат раннего и среднего палеозоя был изотермичным. Широтная зональность с тропическими и бореальными (южными и северными) областями наметилась лишь во второй половине каменноугольного периода. В позднем палеозое, мезозое и палеогене климат оставался слабодифференцированным; разница зимних температур высоких и низких широт не превышала 12–14 °С. Изменения климата вплоть до конца палеогена были связаны главным образом с колебаниями влажности и проявлялись в чередовании глобальных аридных (ранний кембрий, поздний ордовик, конец силура – первая половина девона, поздняя пермь и большая часть триаса, поздняя юра – ранний мел, конец мела – первая половина палеогена, средний миоцен) и гумидных (раннесилурийская, раннекаменноугольная, раннеюрская и позднеолигоценовая) фаз.

Атмосфера Земли с каждой геологической эпохой изменяла свой состав – уменьшалось содержание паров воды и CO_2, повышалась относительная роль кислорода. В связи с этим соответственно уменьшался ее «тепличный эффект», усиливались термические контрасты между полюсами и экватором, что способствовало развитию межширотной циркуляции атмосферы.

Со второй половины олигоцена наступило значительное похолодание, охватившее высокие широты обоих полушарий и сильнее всего проявившееся в приполярных областях, где складывались вначале умеренный, а затем и арктический типы климатов. С течением времени усилились континентальность и сезонность климата, сократилось общее количество атмосферных осадков и все более пестрым стало их распространение. В антропогене похолодание усилилось и неоднократные колебания температуры и влажности привели к чередованию ледниковых и межледниковых эпох в высоких широтах, а плювиальных и ксеротермических климатов в низких широтах.

Причины изменений древних климатов Земли обусловлены множеством самых разнообразных факторов. Группа астрономических гипотез связывает изменения климата с колебаниями количества и состава солнечной радиации, с изменениями элементов земной орбиты. Группа геолого-географических гипотез признает в качестве основных следующие причины: непостоянный состав атмосферы (облачности, содержания углекислоты, наличия вулканического пепла), различный характер поверхности Земли (распределение суши и моря; высота суши над уровнем моря; наличие горных систем) и солености океана, а также перемещение полюсов и континентальный дрейф. Современные геологические данные показывают, что ни одна из многочисленных гипотез не может до конца выяснить причины изменения климатов прошлого.

Значение палеоклиматологии состоит в том, что, изучая историю климатического развития Земли, она расширяет наши представления о протекавших в прошлом процессах выветривания и осадконакопления и об образовании связанных с ними месторождений полезных ископаемых, отражает условия существования растительности и животного мира в минувшие геологические эпохи, и в сравнении с нынешним состоянием природной среды позволяет прогнозировать изменения климата в будущем.

На рис. 6.2 показаны основные климатические события в истории Земли, которую можно представить в виде природных циклов «потепление – похолодание». Однако продолжительность этих циклов и их характеристики обусловливаются целым рядом различных природных факторов.

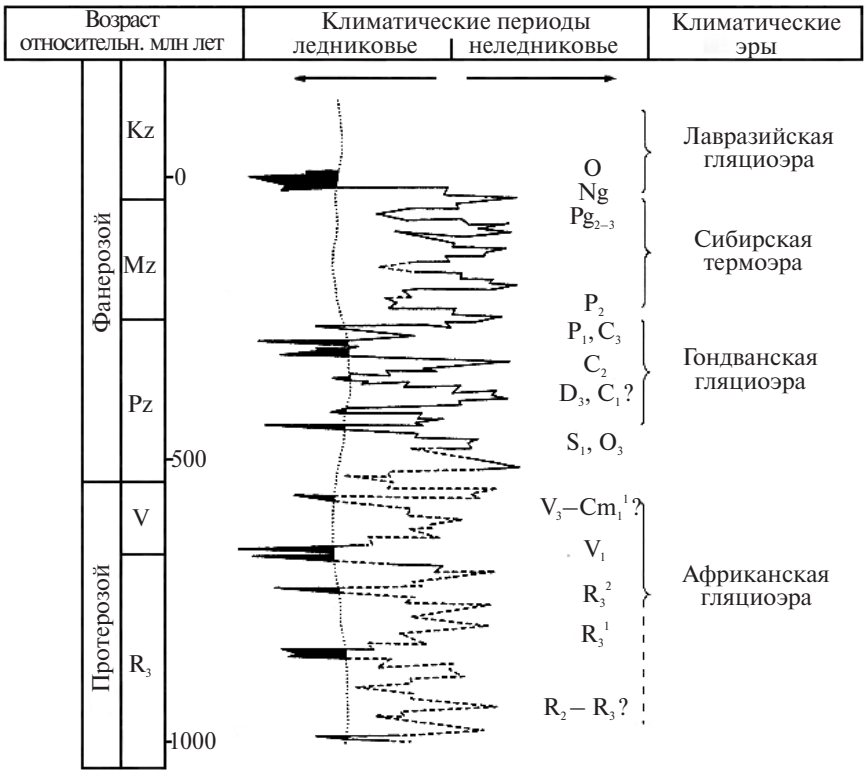


Рис. 6.2. Основные климатические события на Земле за последний 1 млрд лет с выделением гляциоэр и термоэр, объединяющих ледниковые и неледниковые периоды

Так, палеоклиматологи выделяют и изменения, происходящие за период от 20 до 500 тыс. лет – цикл Миланковича, который состоит из более мелких циклов: в 21 и 43 тыс. лет. Впервые 21 000-летний цикл был установлен Гилбертом в 1895 г. в меловых отложениях Колорадо и связан с изменением положения земной оси. Во время этого события изменялось количество солнечной радиации, что было установлено Миланковичем в 1941 г. и позднее Бергером (Berger) в 1980 г. Цикл в 43 тыс. лет связан с изменениями орбиты Земли (по Миланковичу и Бергеру). Изменения в орбите приводили к изменениям уровня океана и, как следствие, к изменениям в осадконакоплении.

Цикл в 100 тыс. лет был установлен при изучении юрских отложений Германии («шварцзахерские слои»). Он определяет изменение орбитального эксцентриситета Земли. У специалистов этот цикл получил название «гляциального цикла», который ярко проявился в прокембрии, кембрии и плейстоцене. Цикл в 500 тыс. лет связан с орбитальной пертурбацией (в астрономии – это возмущение небесных тел, отклонение в движении по орбите небесного тела, вызванное гравитационным притяжением других космических тел). Изучен на пермо-карбоновых отложениях в Марокко палеоклиматологом Моннингером (Monninger) в 1979 г.

В 1999 г. под эгидой проекта Paleomap создана серия палеокарт на различные периоды геологической истории Земли, а в 2000 г. в рамках Paleomap Project построена серия палеоклиматических карт, учитывающих литологические, зоологические и ботанические данные. Итогом работы стало построение глобальной температурной кривой, отражающей основные климатические вехи в истории Земли (рис. 6.3; табл. 6.1).

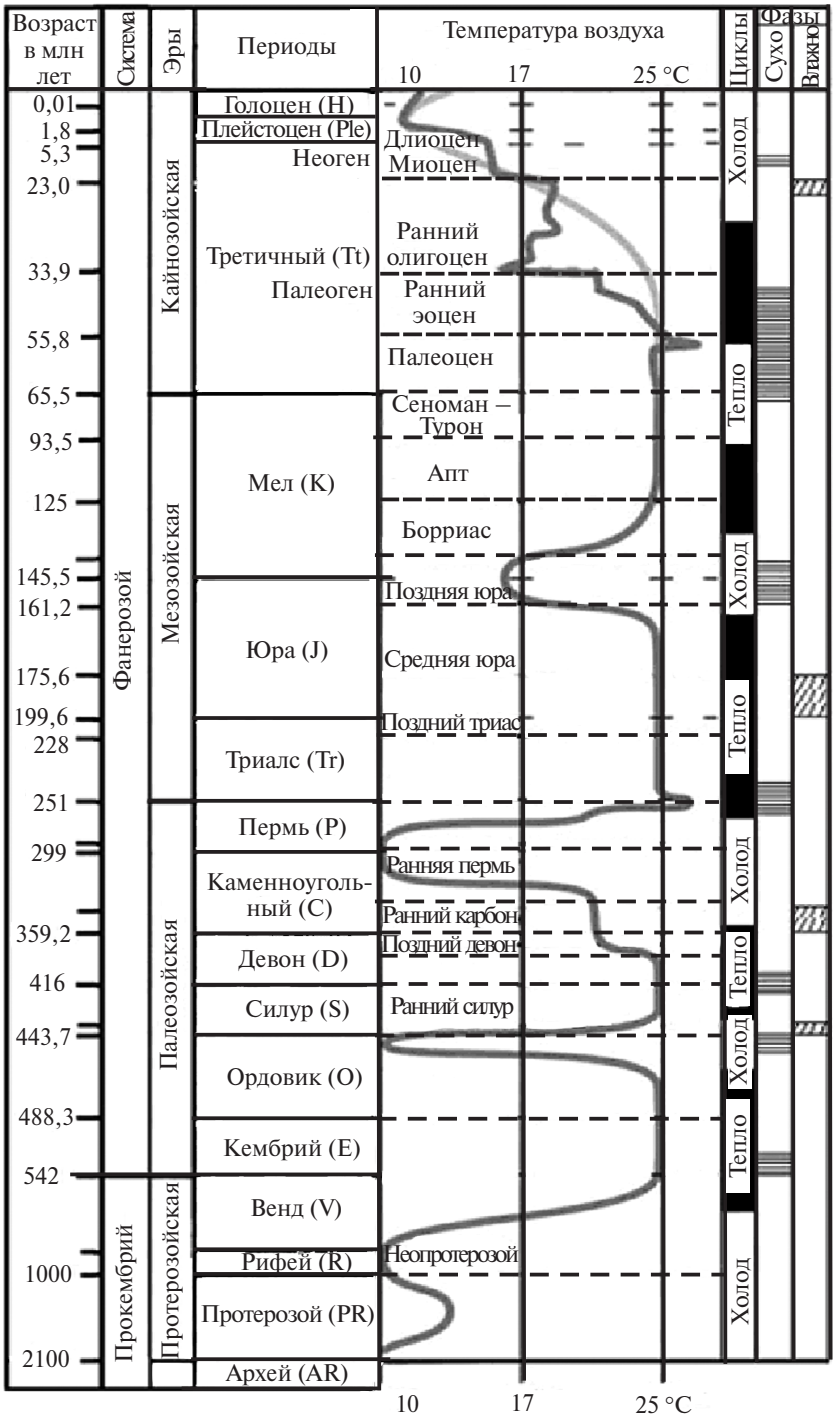


Рис. 6.3. Глобальная температурная шкала Земли
(Benton, Harper, 2009, с дополнениями В. В. Махнача и Я. К. Еловичевой)

Таблица 6.1

Геохронологическая шкала Земли (Benton, Harper, 2009)

Эры	Периоды	Важнейшие события в истории Земли	Характерные полезные ископаемые
Кайнозойская (KZ) 65,5* млн лет	Четвертичный (Q) 2,588 млн лет	Общее поднятие суши. Неоднократные покровные оледенения, особенно в Северном полушарии. Появление человека	Торф, россыпные месторождения золота, алмазов, драгоценных камней
	Неогеновый (N) 20,442 млн лет	Возникновение молодых гор в областях альпийской складчатости. Омоложение гор в областях древних складчатостей. Господство цветковых	Бурые угли, нефть, янтарь
	Палеогеновый (P) 42,47 млн лет	Разрушение гор мезозойской складчатости. Широкое развитие цветковых растений птиц и млекопитающих	Фосфориты, бурые угли, бокситы
Мезозойская (MZ) 185,5 млн лет	Меловой (K) 80 млн лет	Возникновение молодых гор в областях мезозойской складчатости. Вымирание гигантских пресмыкающихся (динозавров). Развитие птиц и млекопитающих	Нефть, горючие сланцы, мел, уголь, фосфориты
	Юрский (J) 54,1 млн лет	Образование современных океанов. Жаркий и влажный климат на большей части суши. Расцвет динозавров. Господство голосеменных растений	Каменные угли, нефть, фосфориты
	Триасовый (T) 51,4 млн лет	Наибольшее за всю историю Земли отступание моря и поднятие суши. Разрушение гор каледонской и герцинской складчатостей. Обширные пустыни. Появление первых млекопитающих	Каменные соли
Палеозойская (PZ) 291 млн лет	Пермский (P) 48 млн лет	Возникновение молодых складчатых гор в области герцинской складчатости. Сухой климат на большей части суши. Появление голосеменных растений	Каменные и калийные соли, гипсы

Окончание табл. 6.1

Эры	Периоды	Важнейшие события в истории Земли	Характерные полезные ископаемые
	Каменноугольный (C) 60,2 млн лет	Жаркий и влажный климат на большей части суши. Широкое распространение болотистых низменностей в прибрежных районах. Леса из древовидных папоротников. Первые пресмыкающиеся, расцвет земноводных	Каменный уголь, нефть
	Девонский (D) 56,8 млн лет	Жаркий климат на большей части суши. Первые пустыни. Появление земноводных. Господство рыб в морях и океанах	Соли, нефть
	Силурийский (S) 72,3 млн лет	Возникновение молодых складчатых гор в областях каледонской складчатости. Первые наземные растения – плауны и папоротники	
	Ордовикский (O) 44,6 млн лет	Уменьшение площади морских бассейнов. Появление первых наземных позвоночных	
	Кембрийский (Є) 53,7 млн лет	Возникновение молодых гор в областях байкальской складчатости. Затопление обширных пространств морями. Расцвет морских беспозвоночных животных	Каменная соль, гипс, фосфориты
Протерозойская (PR) 1958 млн лет		Начало байкальской складчатости. Мощный вулканизм. Развитие бактерий и синезеленых водорослей	Железные руды, слюды, графит
Архейская (AR) 2100 млн лет		Формирование материковой коры. Напряженный вулканизм. Примитивные одноклеточные бактерии	Руды

*Цифры указывают продолжительность эр и периодов.

Если до появления человека основными климатообразующими факторами были природные (см. рис. 4.2), то в настоящее время огромную роль приобретает «человеческий фактор». Под его влиянием в середине 70-х гг. XX в. наметилось заметное повышение глобальной приповерхностной температуры и произошла значительная перестройка планетарного поля атмосферного давления. В начале XXI в. отмечены признаки постепенного возврата системы к ситуации, предшествующей последней четверти XX столетия. Долгосрочные атмосферные процессы неизбежно глобальны – естественным синоптическим районом для них может служить только планета в целом. Эти процессы соответствуют масштабу общей циркуляции атмосферы Земли.

Свидетельством глобальности климатических процессов служат наблюдаемые квазисинхронные изменения термодинамических характеристик подсистемы «океан – атмосфера» в Тихоокеанском и Атлантическом, Индоокеанском регионах; в высоких, средних и низких широтах; в западном и восточном полушариях. Особенности в изменившейся структуре поля атмосферного давления над данными регионами сопровождались соответствующими изменениями общей циркуляции атмосферы. Наиболее значительным следствием перестройки барического поля явилось резкое усиление зональности воздушных потоков в поясе средних широт обоих полушарий. В большинстве районов здесь происходило наложение аномальной западной составляющей ветра на климатический западный ветер, в результате чего реальный ветер усиливался. При этом над океанами соответственно усиливались испарение и вертикальный обмен, в результате которых приповерхностная температура должна была понижаться. Такое понижение температуры действительно наблюдалось на севере Атлантики и Тихого океана, а также в средних широтах Южного полушария.

В океанических районах с аномальной составляющей ветра, противоположной его климатической норме, реальный ветер должен ослабевать и, соответственно, приповерхностная температура должна несколько повышаться. Такая ситуация складывалась, например, в океане к югу и востоку от Южной Африки, а также на востоке приэкваториальной зоны Тихого океана.

Усиление зонального переноса с океана на сушу зимой, по определению, должно приводить к возникновению на материке положительных аномалий температуры, а летом – к увеличению влажности воздуха и некоторому понижению температуры. Фактически же в средних широтах Евразии и Северной Америки ныне повсеместно наблюдаются положительные аномалии температуры. Это означает, что вклад зимних процессов в формирование средних характеристик здесь преобладает. Кроме того, на эти характеристики сильное влияние должны оказывать также меридиональные переносы воздушных масс в атмосфере, формирующиеся под воздействием вышеупомянутых региональных минимумов и максимумов давления. Наиболее ярко это проявляется в средних широтах на севере и юге Тихого океана. Ветры северных направлений на западной периферии циклонического образования с центром в районе Алеутских островов, перенося холодный воздух к югу, интенсифицируют теплообмен океана с атмосферой, усиливая таким образом южные ветры на восточной периферии вышеуказанного циклонического образования. Эти северные ветры и могут быть причиной формирования положительных аномалий температуры в Аляскинском заливе и на северо-западе Северной Америки. Аналогичным образом в западной части юга Тихого океана под влиянием воздушных потоков с южной составляющей формируются области преимущественно отрицательных аномалий температуры. А на юго-востоке океана при ветрах противоположных направлений образуются области положительных аномалий температуры, включающие юг Южной Америки и Антарктический полуостров.

Образованию значительной положительной аномалии температуры в Центральной Сибири могли способствовать южные ветры на восточной периферии циклонического образования с центром южнее п-ова Ямал, а также усиление меридионального переноса теплых воздушных масс из центральных районов Азиатского континента, куда они поступают со стороны Индийского океана. Обращает на себя внимание то, что к западу от ямальского циклона, несмотря на северные ветры, температурная аномалия оказывается положительной, хотя и не такой сильной, как к востоку от него. Это происходит, по-видимому, потому что в ямальскую циклоническую циркуляцию вовлекается часть теплой воздушной массы, выносимой к северу на восточной периферии циклона.

Отрицательная аномалия приповерхностной температуры, наблюдаемая в районах восточного Средиземноморья и Черного моря, приурочена к восточной периферии аномалии повышенного давления, где происходит вынос к югу холодных воздушных масс.

Анализ временной изменчивости пространственной структуры полей атмосферного давления и температуры за 1950–2007 гг. показал наличие противоположно направленных процессов перераспределения тепла в приповерхностном слое воздуха над океанами и материками. В то время как в последней четверти XX столетия на большей части суши, по сравнению с периодом 1950–1974 гг., прослеживался рост средней приземной температуры, на значительной части океанских и некоторых морских акваторий явно обозначилось выхолаживание верхнего деятельного слоя. Поскольку с отрицательными аномалиями температуры поверхности океана непременно связаны процессы вертикальной конвекции, вовлекающие в его теплообмен с атмосферой как минимум весь деятельный слой (~100 м), а иногда и более значительную толщу воды (до 1000–1200 м), то теплоотдача океана, эквивалентная наблюдаемому потеплению на материках, представляется вполне реальной. В результате имеется основание полагать, что «глобальное потепление» может быть в значительной степени связано с естественным перераспределением тепла между океанами и материками за счет внутренней динамики климатической системы. Более того, обнаруженная тенденция к возврату климатической системы в состояние, предшествующее последней четверти XX столетия, свидетельствует о том, что, по-видимому, в недалеком будущем следует ожидать завершения наблюдаемого потепления на континентах вследствие вероятного перехода климатической системы к фазе накопления тепла океанами (Бышев [и др.], 2009). Таким образом, возможно дальнейшее потепление климата, отраженное ходом глобальной температурной кривой (см. рис. 6.3).

По отношению к территории Беларуси вариации глобальной температурной кривой в прежние геологические эпохи подтверждаются палеозоологическими данными. Так, при переходе от келловея (средняя юра) к оксфорду (поздняя юра) наблюдается смена фаун от более тепловодной к холодноводной (аммониты Kepplerites → Perispinctes → Kosmoceras → Quenstedtoceras → Cardioceras → Amoe-boceras).

Однако в опубликованной в феврале 2008 г. в США статье «Мы сейчас живем в Антропоцене?» коллектив авторов высказался в пользу того, что человеческая деятельность на современном этапе превосходит все природные процессы. Антропоцен не вымышленное название и имеет под собой ряд оснований не только существовать как абстрактное понятие, но и претендует на включение его в геохронологическую шкалу Земли по ряду характеристик, которыми, по их мнению, являются:

1) влияние человека на атмосферу обусловило ряд изменений в глобальном климате (повышение температуры, антропогенное опустынивание, кислотные дожди и др.);

2) изменение в осадконакоплении (усиление эрозионных процессов, создание искусственных прудов и водохранилищ, с характерным седиментогенезом; запруживание крупных рек, изменение в залегании пород при строительных работах и др.);

3) изменения в цикле углерода (помимо природных его поставщиков, человек стал привносить еще большее количество углерода);

4) биологическое событие (появление гоминид, расцвет человека, увеличение популяции людей);

5) изменения в гидросфере (повышение уровня Мирового океана).

Авторами была предложена дата для «золотого гвоздя» (или нижней границы антропоцена, точки фиксации, своеобразного репера) – 1800 г. н. э.

Таким образом, говорить о потеплении климата и выяснять, кто виноват – природа или человек, пока преждевременно. Можно лишь высказать предположение о тенденции к изменению климата в сторону его потепления (рис. 6.4).

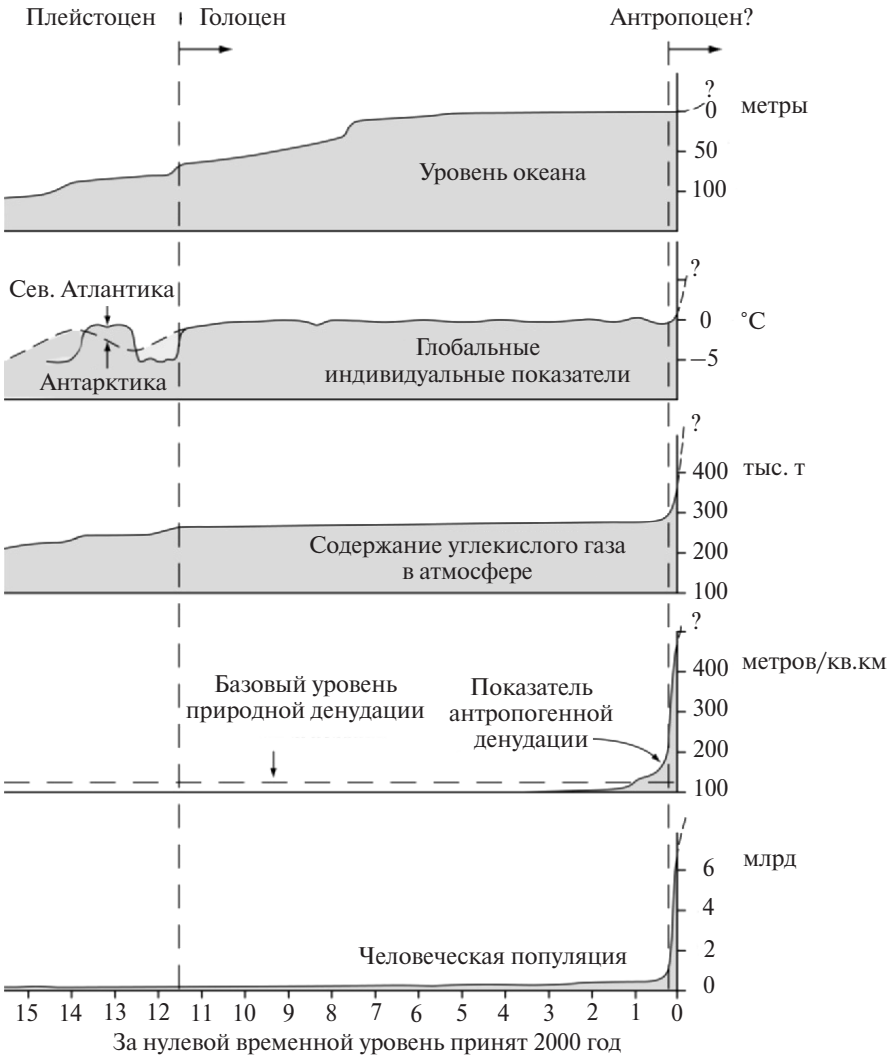


Рис. 6.4. Изменения по шести показателям, характеризующим антропогенную деятельность за последние 15 тыс. лет (Zalasiewicz, 2008)

Действительно, на современном этапе человечество наблюдает уникальный феномен в истории развития Земли – потепление климата, которое относят к рангу глобальных. Оценить его возможно лишь с позиции комплекса знаний о климате геологического прошлого нашей планеты, а это доступно лишь специалистам, работающим в направлении «эволюционная география» – палеонтологам, палеоклиматологам, отчасти геологам.

Сценарии развития климата и под его влиянием природной среды в целом различных регионов Земли велись нами на уровне предположения о дальнейшем продолжении развития ритмичности «оледенение – межледниковье», что свойственно гляциоплейстоцену – временному интервалу последних 800–900 тыс. лет с развитием 8 оледенений и 8 межледниковий в объеме 19 ярусов изотопно-кислородной шкалы Северного полушария. Доказательство нахождения человечества в конце молодого голоценового межледниковья (последние 10 тыс. лет; пока одноптимального, но возможно в будущем и проявление второго и третьего оптимумов) соответственно предполагало, что оно в последующем сменится новейшим оледенением.

Вместе с тем вполне может иметь место и точка зрения о том, что гляциоплейстоцен как всего лишь последняя треть позднего кайнозоя мог и завершится. По С. А. Яковлеву, на это указывает тот факт, что максимум распространения позднекайнозойского оледенения уже закончился днепровским ледниковым периодом (около 180 тыс. лет назад) и в последующем ученые фиксировали лишь поступательное сокращение площадей двух последних оледенений (сожского и поозерского – 6 и 8 ярусы изотопно-кислородной шкалы соответственно) и увеличение теплообеспеченности трех разделявших их межледниковий (шкловского, муравинского и голоценового – 7, 5 и 1 ярусы соответственно) (см. рис. 4.2).

Как свидетельствуют материалы по истории развития Земли, в геологическом прошлом также отмечены периоды древнейших оледенений (в рифее, ордовике, перми) по нахождению в кернах глубоких скважин специфических образований – тиллитов, адекватных ледниковым моренам.

Новейшие данные по изменению температуры воздуха Земли (нынешняя средняя ее величина составляет 12–13 °С), полученные при выполнении проекта Paleomap-2008 учеными США, выявили наличие четырех весьма длительных отрезков времени с максимумами температуры до 25–27 °С (кембрий – первая половина ордовика, средний и поздний силур – ранний и средний девон, поздняя пермь – триас – средняя юра, средний и поздний мел – ранний палеоген или палеоцен; т. е. превышение температуры составляло 7–10° на фоне плейстоценовых межледниковых эпох всего в 1,5–4°) и показали существования четырех временных интервалов существенно низких температур (до 10 °С) в ранге оледенений – в рифее, в конце ордовика, в конце карбона – начале перми, наконец, в антропогене (собственно – гляциоплейстоцене, ледниковом периоде). При этом следует отметить, что гляциоплейстоцен знаменовался не самыми низкими температурными показателями воздуха (не ниже 11–12 °С). И вполне возможно также, что в поздней юре – начале мела, а также в середине кайнозоя (на границах эоценолигоцена, олигоценмиоцена или палеогеннеогена) отмечалось еще два похолодания климата с понижением температуры воздуха Земли до 16–17 °С.

Сравнение имеющихся данных свидетельствует о том, что наиболее подробно и обосновано исследованная нами неоднократная ритмичность «оледенение – межледниковье» на протяжении позднекайнозойского оледенения, скорее всего, имеет тенденцию к своему завершению и мы на себе испытываем наступление нового природного феномена – начало очередного потепления климата Земли глобального масшта-

ба. Предлагаемые сценарии его, основанные только на изменении одного показателя климата – температуры – могут быть сравнимы с природными ситуациями основных геологических периодов Земли (кембрий – первая половина ордовика, средний и поздний силур – ранний и средний девон, поздняя пермь – триас – средняя юра, средний и поздний мел – ранний палеоген или палеоцен), имевших показатели температуры значительно более высокие (от 4 °С и выше) по сравнению с межледниковьями плейстоцена нашего региона. Сценарии изменения природы Земли ныне представлены в нескольких вариантах.

Так, повышение температуры на 2° существенно повлияет на динамику системы течений (ветви Гольфстрима уже несколько раз меняли свое направление). К 2050 г. в Гренландии могут образоваться пустоши, уровень воды в Атлантике повысится и существенно опреснятся ее поверхностные воды. Поскольку океанические течения представляют собой ленточные конвейеры (поверхностный и глубинный), то растаявшие ледниковые пресные воды будут находиться на поверхности океана, они не смогут погружаться на глубину и будут мешать водообмену полушарий.

При повышении температуры на 3° растительности на планете станет еще меньше, повысится доля CO_2, к тому же температура сама ускоряет себя и в результате ее величина повысится еще на 1°, что уже сравнимо с катастрофой. Увеличится сила энергии и длительность ураганов (Катрина в 2005 г. принесла максимальные разрушения), суперштормов (через 10 лет могут повториться ураганы 5–6 категории), еще более разрушительным станет явление Эль-Ниньо у западных берегов Южной Америки.

Повышение температуры на 4° приведет к снижению самого процесса образования ледниковых щитов и расстаиванию льдов Антарктиды, которая даст повышение уровня океана на 40–70 м, а Гренландия – на 46 м, что положит начало затоплению территорий прибрежных государств, частичного пересыхания рек в результате снижения их уровня (в Амазонии при низком уровне реки уже возникала серьезная проблема с питьевой водой), что характерно не только для равнинных, но и горных водотоков.

При повышении температуры на 5° территории с умеренными температурами станут практически необитаемыми: водоносные горизонты высохнут, повысится число беженцев, человеческая цивилизация не выдержит подобной катастрофы, а бедное население пострадает в первую очередь. В этих условиях предпринимаемые меры должны быть направлены на предотвращение катастрофических последствий.

Повышение температуры на 6° способствует распространению материковых саванн, на континентах расширятся площади пустынь, стихия станет привычным делом, городские затопления и жаркие климатические условия приведут к гибели всего живого уже в течение ближайших 100 лет.

При увеличении температуры более чем на 6–8° образуемые облака усилят ураганы, выпадение осадков и разрушение почвенного покрова; а при последующем увеличении температуры существенно снизится влажность за счет испарения воды; природа планеты крайне изменится, как и сама планета (за счет поворота земной оси, сдвига полюсов), и теория апокалипсиса станет более чем вероятной.

Наши исследования, проводимые на основе палинологического анализа неогеновых (1,8–23 млн лет назад), плейстоценовых (10,3 тыс. – 1,8 млн лет назад) и голоценовых (последние 10,3 тыс. лет) отложений, отражают более реальную картину динамики компонентов природной среды, учитывают изменения двух основных показателей климатических условий – как температуры, так и влажности (Еловичева, 2001). При этом следует отметить, что плейстоцен в ледниковые эпохи знаменуется ритмикой следующих климатических характеристик: холодно-сухо и холодно-влажно, в межледниковые – тепло-сухо и тепло-влажно. Эта ритмика осложняется сменой за-

сушливых и влажных фаз, которая даже на протяжении молодого голоценового межледниковья проявилась следующим образом:

• фазы осушения в голоцене – 9,2–9,3; 6,9–7,1; 5,1–5,7; 4–4,5; 3,4–3,7; 2,6–2,8; 2,3; 1,7–2,1 тыс. лет назад;

• фазы влажности в голоцене в связи с повышением уровня воды в торфяниках – 10,5–10,85; 8,8–9,2; 8–8,4; 7,3–7,5; 4,7–5,1; 2–2,1; 1,1–1,4 тыс. лет назад.

Сравнения максимумов потеплений за постоптимальное время голоцена (суббореальный период – 5–2,5 лет назад и субатлантический период – современность – 2,5 тыс. лет назад) выявлен тысячелетний ритм потепления климата, который по времени совпадает и с нынешним глобальным. Длительность таких интервалов потепления составляет около 400 лет.

На протяжении двух предыдущих столетий (рис. 6.5) проявилось по два 20-летних похолодания климата со снижением температуры на –0,5° (1800–1820, 1860–1870, 1900–1920, 1960–1970 гг.) и по два 30-летних потепления с повышением температуры до +1° (1830–1850, 1880–1890, 1930–1950, 1980–2000 гг.). Это привело к тому, что в потепление 1930–1950-х гг. изменение климата за тридцать лет затронуло лишь отдельные компоненты гидросферы (речной сток, ледовитость Арктического бассейна) и атмосферы (уменьшение замутнения, рост солнечной постоянной), а на естественном растительном покрове столь короткое потепление отразилось весьма слабо и сдвига зон не произошло.

К 2000 г. на Земле температура в среднем повысилась на +1° (в Гренландии – на +3°, в Антарктиде – на +2°). Это уже ощутил и человек: началось таяние льдов в Северном полушарии на островах и водах Северного Ледовитого океана, в горных системах материков (со скоростью 34 м/день движутся сегодня льды Америки; в Гренландии скорость таяния льдов увеличилась более чем в 2 раза; предполагается, что полное таяние ее льдов поднимет уровень моря на 4–7 м), а в Южном полушарии, где 90 % льда находится в Антарктиде, идет ускорение движения льдов по материку и сброс их в Южный океан в виде айсбергов (например, всего 2 месяца ушло на растаивание ледника Ларсена), и таяние льдов Антарктиды (при увеличении температуры примерно на +4°) приведет к увеличению уровня океана на 47 м. Толщина ледовых щитов Земли составляет не более 3 км. Если учесть, что 20 % ледников уже плавает в Мировом океане и объем воды в нем даже при их растаивании не изменится (айсберг над поверхностью виден на 1/3 свою часть в виде лишнего объема), то через тысячу лет после растаивания всех льдов Земли суммарное поднятие уровня Мирового океана составит около 70 м и изменит облик материков. Таяние льдов в океане приводит к трансгрессиям, которые уже неоднократно происходили на Земле, изменяя рельеф суши (250 млн км^2 суши исчезало за каждое межледниковье), разрушая плодородные прибрежные почвы. Несомненно, что и при потеплении климата уже в ближайшие 50 лет соотношение воды и суши на планете изменится.

Но современные данные показывают, что за последние 100 лет уровень воды в океане повысился всего на 17–18 см, т. е. со скоростью 3 см/год, тогда к концу столетия (т. е. к 3000 г.) он может увеличиться всего на 2–3 м. Вместе с тем исследователь Антарктиды Л. Турышев (БТ от 17 июля 2009 г.) с уверенностью утверждает, что здесь лед нарастает, мощность его увеличивается, хотя и повышается скорость течения льда от центра к краям, в Южный океан. Об увеличении в 2008 г. площади ледового покрова в Арктике по сравнению с 2007 г. в среднем на 315 тыс. км^2 сообщал руководитель арктической экспедиции В. Соколов (см. гл. 7).

Кроме того, с повышением температуры усилились штормовые процессы, в атмосфере повысилось содержание углекислого газа, метана и прочих загрязнителей, дискуссируется явление «парникового эффекта» и разрушения озонового слоя Земли.

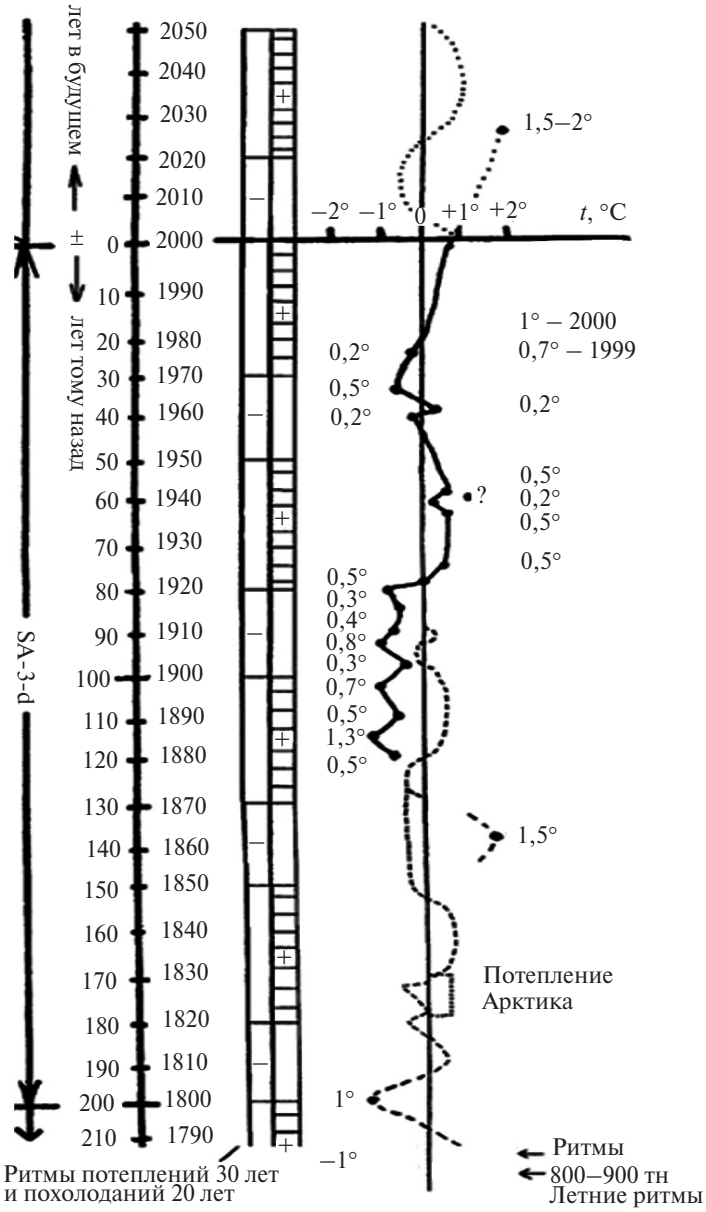


Рис. 6.5. Вариации климатических показателей за последние 200 лет и прогноз их изменения в будущем (Еловичева, 2001)

На территории Беларуси отмечено повышение температуры на +1,1° (на 2001 г.). Внесено изменение в агроклиматическое районирование территории региона: выделена еще одна, юго-западная зона. Прогнозируется, что при таком потеплении климата в центре региона будет возможно возделывание южных сельскохозяйственных культур (рапса, подсолнечника), а также сбор на юге Беларуси и по 2 урожая за сезон, а картофель как типичный ныне продукт, возможно, будет и не самой подходящей овощной культурой для юга региона в этих условиям.

Вместе с тем в средствах массовой информации уже имеются данные о постоянном повышении температуры воздуха; в связи с чем указывается на необходимость к 2015 г. снижения объемов выброса парниковых газов (добыча, потребление энергии); затрат электричества в жилищах; выбросов CO_2; на 20 % – выхлопов от транспортных средств. Тем не менее уровень температуры климатического оптимума голоценового межледниковья (атлантический период – превышение на 1,5–2°) еще не достигнут. И динамики природных зон тоже не отмечено, хотя по отдельным высказываниям повышение температуры на 1° приводит к смещению природной зоны на 150 км, более 1° – до 200 км, более 2° – уже к распространению в центре Восточно-Европейской равнины зоны субтропиков, а более 6° – приведет к развитию природных условий, схожих с районом современной Одессы.

Ныне в Европе для сохранения альпийских курортов уже десятки пушек засыпают снегом горы и равнины; процесс расстаивания горных ледников проявился в Гималаях, где ранее отмечался крупный запас пресной питьевой воды – за сезон снега выпадает всего 0,5 м, священный Ганг все мелеет, вода все более грязная. Эти изменения подтверждают и спутники: бывшие густые березовые рощи в предгорьях Гималаев теперь уже почти исчезли; ледники отступают со скоростью около 30 м/год. В ближайшие 100 лет ожидается сельскохозяйственный урон, засуха, голод; к 2035 г. Гималайский ледник изчезнет, т. е. это уже проявление экстремальных явлений, когда и уровень Мирового океана поднимется на 1 м, что приведет к затоплению Нью-Йорка, Манхэттена, находящихся в пределах низинного рельефа; это ставит под угрозу функционирования все находящиеся под землей коммуникации (в том числе и метро); суперштормa приведут к крупномасштабным разрушениям (катастрофам!); при таком масштабе затопления и разрушения предполагается накопление на этой территории 8-метрового слоя осадков. По имеющимся расчетам, при нынешнем потеплении за 100 лет уровень воды океана у Лондона также поднимется на 1 м, но здесь он регулируется работающей гигантской защитной плотиной. Трудно судить о положении в этом случае бедных стран.

Важны для понимания происходящих сегодня изменений на Земле новые данные о Мировом океане, и в частности – об исследовании общей циркуляции поверхностных вод в Северной Атлантике на основании полученных материалов из гидрологических разрезов российских экспедиций 1993–2002 гг. (Лаппо [и др.], 2003). Сравнение новой карты течений в северной части Атлантического океана (рис. 6.6) с ранее имевшейся (Атлас, 2001; рис. 6.7) показало, что таяние льдов в Северном Ледовитом океане привело к усилению оттока его вод в Атлантический океан в виде двух холодных течений – Восточно-Гренландского (огибает Гренландию с востока, юго-востока и юга, но уже отталкивая теплую ветвь течения Ирмингера от острова) и Лабрадорского (омывает Гренландию с запада и юго-запада, сливаясь с водами течения Ирмингера, оно мощным потоком в Атлантическом океане смещает на юго-восток течение Гольфстрим в районе Ньюфаундлендских островов и ветвь Северо-Атлантического течения, усиливая тем самым охлаждающее значение явления «холодной стены» у восточных берегов Северной Америки). В северной части Атлантики в будущем явно может образоваться самостоятельный круговорот океанической атлантической воды в направлении против часовой стрелки. В свою очередь Северо-Атлантическое течение, являющееся продолжением Гольфстрима, пересекает субмеридионально Атлантический океан в виде уже маломощных ветвей, достигающих Скандинавии и Исландии. При этом значительная часть вод собственно Гольфстрима и отчасти Северо-Атлантического течения осуществляет поворот на восток и юго-восток к берегам Европы, затем на юг и юго-запад (в виде холодного Канарского течения), сливаясь с северо-пассатным течением от Африки к Северной Америке, веерообразно усиливая общее движение теплых вод по часовой

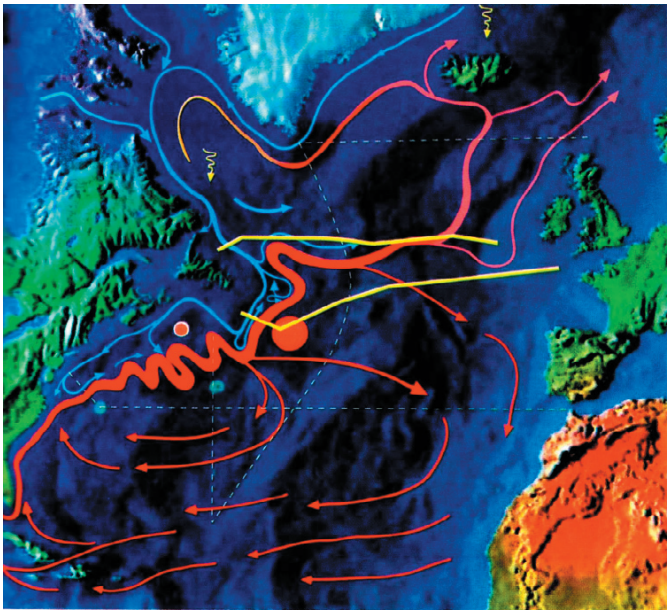


Рис. 6.6. Схема циркуляции поверхностных вод в Северной Атлантике по результатам исследований российских ученых в 1993–2002 гг. (Лаппо [и др.], 2003)

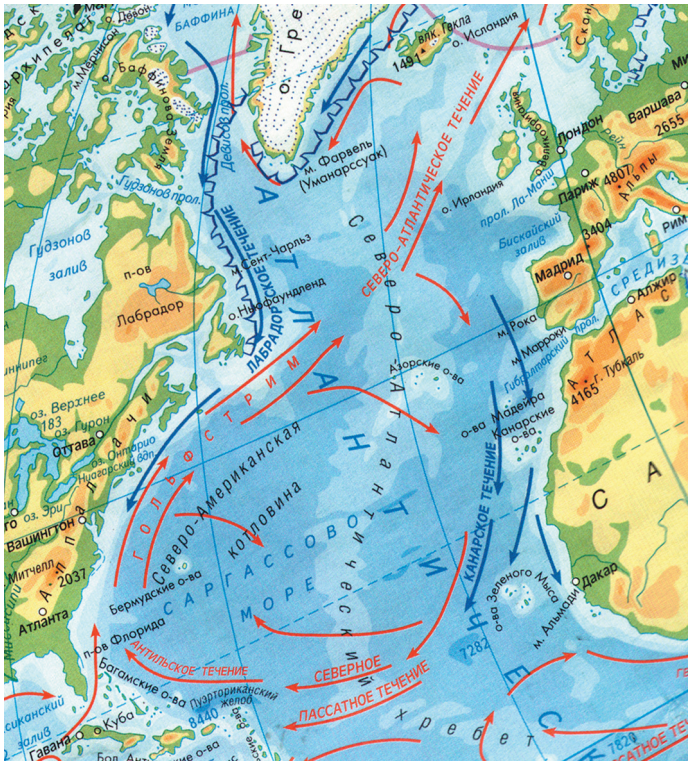


Рис. 6.7. Циркуляция поверхностных вод в Северной Атлантике на 2001 г. (Атлас, 2001)

стрелке в этой части Атлантики. Такие изменения в динамике океанической воды способны привести к значительному ослаблению (или даже прекращению) влияния теплых вод Северо-Атлантического течения на Скандинавию и Северный Ледовитый океан, привести к снижению температуры его вод, последующему охлаждению, замерзанию и образованию поверхностного льда, а в дальнейшем – и формированию материковых льдов, повторяя влияние на движение североатлантических вод предыдущего поозерского (валдайского, вюрмского) оледенения (10–80 тыс. лет назад; рис. 6.8) – Палеогольфстрим Северной Атлантики в то время практически не имел поверхностной связи с Северным Ледовитым океаном.

Оказывая свое непосредственное влияние на климат Европы, Северная Атлантика (как «ведьмин котел»), порождает и усиливает изменения в циркуляции водных океанических и западных воздушных масс, нарушает стабильность атмосферных (возрастание ураганов, закручивание направления ветров при их нагреве, развитие Средиземноморских циклонов) и гидросферных (наводнения, увеличение скорости речного стока, уменьшение уровня рек и озер, уменьшение в размерах горных ледников: ныне их площади в 3 раза меньше, чем 100 лет назад) процессов, что проявляется и на территории нашего региона.

Сила, готовая укротить сегодня разбушевавшиеся стихии Европы – это новое оледенение как продолжение естественно-природного цикла. Естественно, что прогнозируемый следующий ледниковый период человек не в силах предотвратить и его спасение возможно при создании особых условий существования, как и при потеплении климата (мегаполис будущего – под стеклом, под землей или на другой планете?), а вокруг будет белая, обдуваемая ветрами (ледяная или песчаная?) пустыня.

Существенное потепление длительностью в 3 тыс. лет в атлантический оптимум голоценового межледниковья (5–8 тыс. лет назад) привело к повсеместному развитию на территории Беларуси многоярусных широколиственных лесов – вначале с доминированием вяза и липы, участием дуба, позднее – с преобладанием дуба, появлением бука; в их составе был широко развит также подлесок из орешника, обильны ольшаники, нередки еловые группировки, пихта; флора региона формировалась в условиях

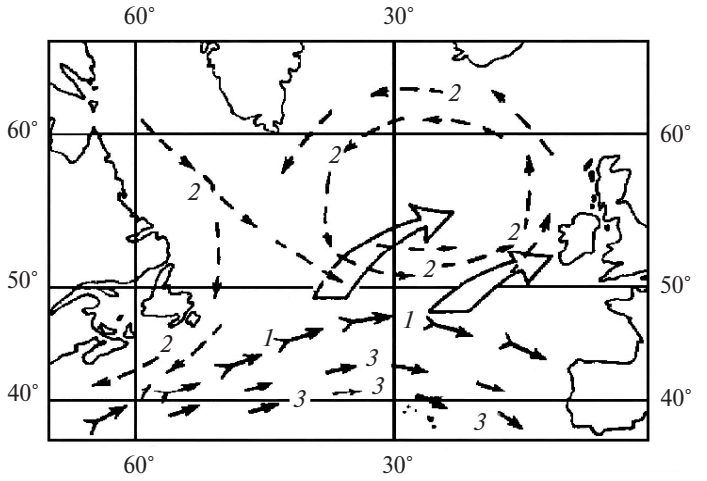


Рис. 6.8. Схема циркуляции поверхностных вод в Северной Атлантике в поозерское (валдайское, вюрмское) оледенение (Бараш [и др.], 1974):

1 – Палеогольфстрим; *2* – субарктические воды; *3* – субтропические воды; широкие стрелки – пути циклонов

умеренно континентального, теплого и влажного климата с умеренно мягкой зимой и длительностью безморозного периода до 180–200 дней в году. Район ее распространения характеризовался средней январской температурой от –3 до –6 °С (больше нынешней на 1–2 °С), июльской – от +18 до + 21 °С (превышение на 1–2 °С), годовой – от +6,5 до +9,5 °С (выше на 1,5 °С), средним годовым количеством осадков до 600–700 мм (больше на 50 мм) (Еловичева, 2001). Это было связано с увеличением суммарной солнечной радиации и преобладанием более интенсивного, чем в настоящее время, западного переноса воздушных масс из Атлантики, что сказалось уже не только на характере отдельных компонентов атмосферы, гидро-, криосферы (исчезновение ледниковых покровов в Евразии и Северной Америке, снижение ледовитости Арктики и гор юга России) и рельефе (исчезли ледниковые покровы, уменьшились абсолютные высоты, исчезла ледовая нагрузка и началось гляциоизостатическое поднятие районов, покрытых ранее ледовыми щитами), но и вызвало трансгрессию Мирового океана, уровень которого повысился по разным данным на несколько или даже на 100 м), что способствовало формированию Северо-Атлантического течения, проникновению в Полярный бассейн теплых атлантических вод и отеплению европейского и части азиатского секторов Арктики, затоплению части шельфа на севере Сибири, образованию Берингова пролива, разобщив Евразию с Северной Америкой. Этого времени хватило и для изменений в растительном покрове – произошел сдвиг природных зон (сократилась площадь вечной мерзлоты на севере Евразии, арктическая пустыня полностью исчезала с Евроазиатского материка, тундра сохранялась лишь узкой полосой вдоль побережий, расширилась площадь хвойных и широколиственных лесов, проявилась сукцессия Ulmus → Tilia → Quercus в составе зоны широколиственных лесов), и для сдвига природных зон к северу (смещение границ между лесной и тундровой зонами достигало 400–600 км (Авенариус, Муратова, Спасская, 1978). Широкое распространение получили лесные ландшафты (хвойно-широколиственные и широколиственные леса), достигшие наибольшего разнообразия флоры, однако без участия в ее составе экзотических растений.

В межледниковые эпохи плейстоцена (последние 800–900 тыс. лет объединяют 19 ярусов изотопно-кислородной шкалы) во время термических максимумов температура июля превышала нынешнюю на 2–3°, а уровень Мирового океана поднимался на 130 м.

Наиболее теплым и влажным климатом среди межледниковий плейстоцена было ***муравинское межледниковье*** (5 ярусов, 70–110 тыс. лет назад, длительность около 30–40 тыс. лет – включает два климатических оптимума и промежуточное похолодание между ними). В целом муравинская межледниковая флора развивалась в условиях умеренно континентального, теплого и влажного климата с продолжительным безморозным периодом. Климат раннего чериковского оптимума отличался большей теплообеспеченностью за счет высоких среднегодовых температур и увлажненности, а в целом он был более теплым и менее континентальным по сравнению с современным этапом. Району распространения флоры этого времени была свойственна средняя температура января от –1 до –2 °С (больше на 3–6 °С), июля – от +16 до +20 °С (превышение на 2–3 °С), среднегодовое количество осадков – от 550 до 1000 мм (равно современному или выше на 350 мм).

Климатические условия борховского промежуточного похолодания между двумя оптимумами муравинского межледниковья были прохладнее и континентальнее, с теплым летом и прохладной зимой, что способствовало распространению в регионе светлохвойных лесных формаций. Район развития флоры этого времени характеризовался средней январской температурой около –11 °С (ниже на 3–7 °С), июльской +17 °С (равно или меньше на 2 °С), среднегодовым количеством осадков от 400 до 600 мм (меньше на 50–150 мм).

Климат комотовского климатического оптимума был также значительно теплее нынешнего. Район распространения флоры этого времени отличался средней температурой января от –1 до –2 °С (превышение на 3–6 °С), июля – от +19 до +20 °С (больше на 1–2 °С), среднегодовым количеством осадков до 550–800 мм (равно или выше на 50 мм).

В целом же муравинская межледниковая эпоха отличалась повсеместным развитием на территории Беларуси широколиственных лесов (в составе спектров участие термофильных элементов достигало 60–80 %), состав которых охарактеризован сукцессией Quercus + Ulmus → Corylus + Alnus → Tilia → Carpinus и присутствием таких специфических экзотов флоры, как Osmunda cinnamomea, Brasenia, Tilia platyphyllos, Larix, Picea obovata, Ephedra, которые не встречались уже позднее в оптимуме голоцена.

Результатом глобального по масштабу и длительного потепления климата на протяжении муравинской межледниковой эпохи были значительно крупные изменения в природной среде: в составе растительности мезофильные и термофильные древесные породы имели преобладающее значение, широколиственные леса были распространены на огромной площади Восточно-Европейской равнины (территория Беларуси была полностью занята ими, а северная их граница доходила до Санкт-Петербурга) и в Западной Сибири; границы природных зон продвигались еще дальше к северу; исчезли арктическая и тундровая зоны, на севере Европы на их месте располагалась зона тайги; уровень Мирового океана поднимался до отметок +10 м.

Как свидетельствуют новейшие материалы исследований (Котляков, 2009), извлеченный с глубины 3,5–4 км антарктический ледовый керн в районе станции «Восток» позволил представить историю климата за последние 400 тыс. лет (это примерно 11 полных ярусов изотопно-кислородной шкалы). Установив здесь самую длительную цикличность в 100 тыс. лет (это период обращения Земли вокруг Солнца), ученые убедились в развитии четырех периодов похолодания (в нашем понимании – это яхнинское = 10 изотопных ярусов (и. я.), днепровское = 8 и. я., сожское = 6 и. я. и позерское = 3– 4 и. я. оледенения) длительностью примерно 90 тыс. лет каждый, которые чередовались потеплениями (александрийское = 11 и. я., смоленское = 9 и. я., шкловское = 7 и. я., муравинское = 5 и. я., голоценовое = 1 и. я. межледниковья) по 5–10 тыс. лет. Эти изменения климата зависели не от количества выброшенного газа, а от орбиты Земли, которая периодически становится то более округлой, то более эллипсоидной в зависи-мости от влияния Солнца. Изучив состав газа в мерзлом льду, было сделано заключение, что углекислый газ и метан являются не причинами нынешнего потепления, а его следствием, вызываемые ростом температуры. Как отмечается, в прошлом цикле, 100 тыс. лет назад (в нашем понимании – это время муравинского межледниковья), при отсутствии еще промышленности, температура была даже выше современной на 1,5°. Следовательно, потепление планеты как ранее, так и ныне является природным фактором и к апокалипсису не ведет.

Таким образом, представленные в плейстоцене потепления различного ранга существенно отличались по облику природной среды, главным образом, за счет фактора длительности. Ритмические изменения растительности и климата за счет весьма длительного времени (не менее 15–20 тыс. лет в одноптимальную межледниковую эпоху, около 40 тыс. лет – в двухоптимальную и до 60 тыс. лет – в трехоптимальную) приводили к изменениям типов природных ландшафтов. В пределах территории Беларуси, как и всей Восточно-Европейской равнины, сукцессии растительности от финальных фаз одного оледенения, на протяжении всего межледниковья и до начала последующего оледенения представляли последовательную динамику зон: арктическая → тундровая → лесотундровая → таежная → смешанных лесов → широколиственных лесов → смешанных лесов → таежная → лесотундровая → тундровая → арктическая. При этом

в многооптимальные межледниковые эпохи миграции природных зон происходили неоднократно и смещение их границ составляло около 2,5 тыс. км к югу и северу. Наши материалы опровергают бытовавшее мнение о коренной перестройке природных зон при повышении температуры: они всего лишь смещались, сохраняя свою последовательность, характерную для современных на Восточно-Европейской равнине; в пределах территории Беларуси никогда в плейстоцене не развивались зоны лесостепи, степи, полупустынь или тем более пустынь. Характерно, что первая половина оптимумов, как правило, отличалась термоксеротической фазой развития растительности, а вторая – термогидротической. На протяжении межледникового многооптимального ритма ранние оптимумы, как правило, были более теплыми, чем последующие.

Для сравнения природных условий еще более древних интервалов (Еловичева, 2001) отметим, что термофильная листопадная флора субтропического облика, которая появилась в палеогеновый период, на протяжении неогена и плейстоцена постепенно сменялась все более умеренной флорой вплоть до современной бореальной под влиянием изменения климата, вызванного неоднократными материковыми оледенениями. Неогеновая флора, содержащая наибольшее количество экзотических растений по сравнению с плейстоценовой, формировалась в условиях жаркого и влажного субтропического климата. Ей были свойственны области с безморозным, но хорошо выраженным зимним периодом, где средняя январская температура составляла от –3 до +18 °С (превышение от 1 до 10 °С), июльская от +24 до +32 °С (больше современной на 7 –13 °С), годовое количество осадков варьировало в пределах 500–2000 мм (выше на 50–1300 мм).

Обобщение имеющихся данных позволило нам сделать вывод о том, что если толщи льда в Гренландии и Антарктиде сохранили в себе до сих пор геологическую летопись природных событий примерно за последний миллион лет, то это означает, что за весь этот временной интервал даже в оптимумы плейстоценовых межледниковий льды полностью не растаивали, захоронив и зафиксировав последовательно в толще льда пузырьки воздуха с содержанием газовых смесей и хронологию динамики климата в комплексном сочетании величин солнечной радиации, температуры, осадков.

Итак, при всем фактическом материале мы имеем четыре наиболее вероятных варианта изменения климата в будущем:

1) ныне (конец голоценового межледниковья) → похолодание → новое оледенение;

2) ныне (конец голоценового межледниковья) → потепление климата в ранге тысячелетнего ритма → похолодание → оледенение;

3) ныне (голоценовое межледниковье) → потепление климата в ранге второго-третьего климатического оптимума голоцена → похолодание → оледенение;

4) ныне (конец голоценового межледниковья) → завершение гляциоплейстоцена → нарастание температуры, увеличение сухости → глобальное потепление Земли, схожее с климатом мелового, юрского, триасового, девонского, силурийского, ордовикского и кембрийского периодов фанерозоя.

Тем не менее сказать, что антропогенная деятельность никак не сказалась на изменении климата в сторону потепления, будет не совсем верно. Первые проявления заселения человеком территории Беларуси уже известны с бореального периода голоцена (примерно с 9 тыс. лет тому назад), наиболее активно – с субатлантического периода (около 2,5 тыс. лет назад). Уже в XX в. хозяйственная деятельность человека оказывала возрастающее влияние на ритмику естественного развития природной среды, привела к заметной трансформации (иссушение) климата и в определенной мере облика растительности (миграция в регион ксерофитов, вытеснение холодостойких и умеренно влаголюбивых видов, снижение лесистости и увеличение площадей с наземной травянистой растительностью, в том числе синантропической) в пределах одной и той же природной зоны. Увеличение в атмосфере концентрации CO_2 и аэрозолей, вызванных как естественными, так и антропогенными факторами, способствовало глобальному потеплению кли-

мата. Основываясь на скорости увеличения минимальной температуры в зимний период на 2–2,5 °С уже за последние 30 лет, уменьшении континентальности климата за счет совокупности естественных и антропогенных факторов, прогнозируется потепление климата к 2025 г. с превышением среднеглобальной температуры и на 1,5–2 °С, что сравнимо с условиями природной обстановки в оптимум голоцена для территории Беларуси (рис. 6.9). В этой ситуации наибольшее потепление ожидается преимущественно в высоких широтах наряду с увеличением количества осадков (Величко, 1991). При этом северная граница лесной зоны в Евразии сместится на 300–400 км к северу, исчезнет зона тундры, а широколиственные леса, занимая всю территорию Беларуси, также будут иметь тенденцию к смещению на север (Вронский, Войткевич, 1997). С другой позиции (Вронский, Войткевич, 1997), прогнозируемое глобальное потепление к 2025–2030 гг. на 2,2–2,5 °С сравнимо с климатическими условиями муравинского межледниковья, когда северная граница лесной зоны в Евразии сместится на 500–600 км к северу, а зона широколиственных лесов достигнет максимального распространения. Современные модели общей циркуляции атмосферы указывают и на возможное увеличение температуры земного шара на 2,1–4,8 °С к концу первого столетия третьего тысячелетия (Логинов, 2000). Моделируемые величины температур весьма спорны, поскольку при прогрессивном потеплении климата повышение температуры воздуха приводит к геометрическому ее нарастанию на большой площади, в то же время это способствует увеличению в отдельных районах влажности, а в других – сухости климата.



Рис. 6.9. Геологическая история прошлого и прогноз будущего климата (естественный ход будущего климата показан пунктиром)

Если по прогнозам уже через 250 лет шансы человека на выживание ничтожны, то что можно говорить о более длительном периоде? Влажность уменьшится, сухость повысится, поверхность океанических вод нагреется, выживание человечества станет возможным лишь в специфических условиях. Не пришло ли время принять меры по предотвращению повышения температуры?

Наша планета еще в меловой период мезозойской эры (65–144 млн лет назад, в эпоху динозавров) предприняла меры для снижения температуры (рис. 6.10): вулканическая деятельность возросла и в 6 раз выделилось больше энергии, но при взаимодействии атмосферы и гидросферы природа сама вычистила CO_2 из атмосферы; в Мировой океан углекислый газ поступил в виде ископаемого каменного угля, нефти, увеличился рост коралловых сооружений, сформировавшихся в результате жизнедеятельности колониальных коралловых полипов и сопутствующих им организмов, способных извлекать известь из морской воды; а в недрах Земли на фоне глобального потепления также произошло накопление ископаемого топлива (каменного угля и нефти).

Ныне при активном развитии человечеством хозяйственных отраслей и прямом потребительском отношении к природе сжигание этого топлива уже опасно, поскольку оно ускоряет начавшееся потепление климата и увеличение температуры и CO_2 происходит на наших глазах очень быстро, человек испытывает определенный дискомфорт, а животные и растения не успевают к нему полностью адаптироваться. Однако у человечества есть практический опыт целенаправленного снижения выброса свинца в середине XX в. в целях сохранения своего здоровья и природы, что дает основание поступить также и с современным накоплением CO_2 в атмосфере. Главное в этом

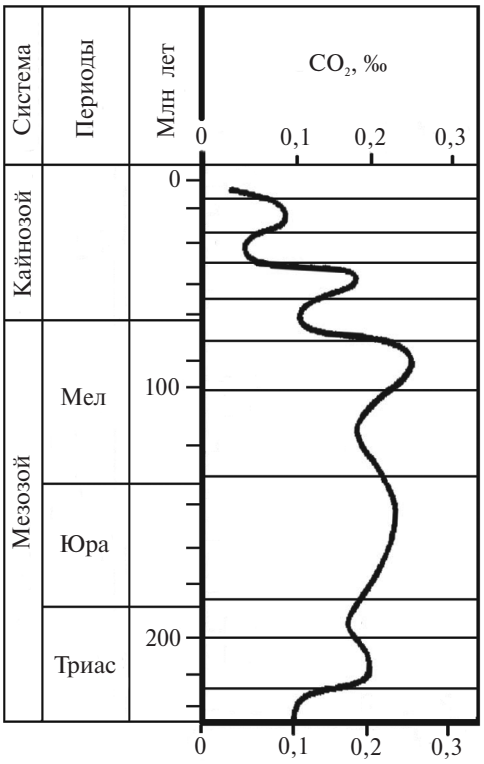


Рис. 6.10. Эволюция газового состава атмосферы Земли (Будыко, 1974)

вопросе – не перейти ту переломную точку, когда результаты данного опыта уже станут бесполезными. Между тем, экспериментально установлено, что на Земле всего 0,006 % энергии выделяется человеком, а мощный вулкан выбрасывает энергию, равную энергии 200 000 бомб.

Ныне много внимания уделяется одновременному росту температуры и углекислого газа в составе атмосферы, и приводятся при этом нередко различные данные.

Атмосфера Земли как источник сырья (фосфора, газов и др.) пополняется метаном, углекислым газом, оксидом азота, фрионами, оксидом серы, аэрозолями антропогенного происхождения (загрязнители-политанты – почвенные, промышленные, транспортные, литья, химические, сельскохозяйственные, бытовые и др.). Кроме того, в ней присутствуют взвешенные частицы природного происхождения (морские, вулканические) К большому загрязнению атмосферы углекислым газом приводят пожары (искусственные для расчистки территории и природные). Аэрозоли антропогенного происхождения оказывают вредное воздействие на природу планеты. Основные источники их определяют и виды загрязнения атмосферы: локальное – один или несколько источников выбросов, «техногенное» и «аварийное»; региональное – площадь в несколько километров, преимущественно от крупных производственных комплексов; глобальное – на тысячи километров от источника загрязнения.

Тем не менее CO_2 не столько антропогенный, сколько природный газ и его объем на планете регулируется системой «атмосфера – океан». В год выделяется CO_2 около 750 млрд т, в том числе человеком – 3 млрд т, животными – 3 млрд т, только 14 % от общей величины CO_2 выделяется болотами (из них 7 % с осушенных за счет торфяных аэрозолей в воздухе – законсервированного углекислого газа).

За последние 100 лет (почти за весь XX в.) величина CO_2 в атмосфере увеличилась в 2 раза, повысилась ее температура, что влияет на климат, и человек – действительный соучастник этого процесса, поскольку постоянно увеличивает объем производства, что ведет в итоге к климатической катастрофе, и планета может стать необитаемой. Можно ли на современном уровне развития науки и техники использовать нынешнее потепление климата для снижения уровня CO_2 в атмосфере? Начало реализации этого процесса уже положено – человечество начало свой вклад в создание альтернативного топлива и разработок проектов по усилению процесса фотосинтеза.

Фотосинтез проявляется через поглощение растениями суши и океана углерода при активном участии солнечной радиации и выделение кислорода в атмосферу. При этом растительность прибрежной зоны Мирового океана (шельфа) в связи с большой его площадью за счет изрезанности материков производит максимальное на Земле количество кислорода. Всем известная Амазония в Южной Америке, поглощая 25 % углекислого газа, отдает атмосфере всего лишь 20–30 % кислорода (здесь идет постоянное возобновление кислородных, лесных, почвенных ресурсов), еще столько же и вся остальная лесная растительность Земли. Усиление процесса фотосинтеза на планете приведет к увеличению O_2 в ее атмосфере.

На поверхности материков этот процесс уже сегодня реально может быть решен путем увеличения площади преимущественно лесной растительности (фотосинтез увеличивают многоярусность леса, закрытая площадь их, сохранение у хвойных иголок и зимой, большая площадь пластинки листа) наряду с травянистой.

Страны Западной Европы, а также Украина и Беларусь восстанавливают свои леса. В пустыне Гоби в Китае возобновляют рост кустарников и уже 8 тыс. км^2 отвоевано у пустыни; хуже восстанавливаются леса в Африке и весьма мал объем работ в этом направлении в Турции, на Гаити. Неумеренное использование лесных ресурсов ведет к деградации земель (эрозия почв, увеличение делювия, суффозия, карст, обвалы, оползни) вплоть до кремневого песка, что вызывает развитие процессов опусты-

нивания (движение песков, их наступание на поселения и города, развитие пыльных бурь, ураганов, смерчей).

В Мировом океане, помимо водной растительности, в том числе и **фитопланктон** поглощает углерод. Следовательно, чем больше фитопланктона в океане, тем более усиливается фотосинтез: поглощается больше CO_2 (что соответственно ведет к замедлению потепления климата планеты) и выделяется больше O_2 в атмосферу. **Через искусственный апвеллинг** этот процесс возможно претворить в действие человечеству уже сегодня, подобно экстренному искусственному выпадению осадков.

В водных «океанических» пустынях Мирового океана (с малой вертикальной циркуляцией воды) усиление фотосинтеза возможно за счет поднятия через насосы с помощью движения волн с глубины около 300 м на поверхность холодных вод, насыщенных кислородом. Искусственное стимулирование роста объема фитопланктона будет вестись за счет питательных веществ из глубинных кислородных вод. Это приведет к обильному «цветению воды», миллиарды тонн углекислого газа в год будут поглощаться этим планктоном, а при отмирании последнего – CO_2 будет накапливаться на дне океана в виде осадков. В искусственные апвеллинги с массой питательного вещества будет привлечено большое количество рыбы, что превратит районы «океанических пустынь» в продуктивные для развития рыболовства и дополнительно расширит возможности Мирового океана.

Опыты у западного побережья США в Тихом океане показали перспективность этого опыта с диатомовым планктоном, в особенности сильно разрастающихся, тяжелых пинатовых водорослей. За две недели перекачки глубинной воды на поверхность и за счет искусственного роста планктона в данном районе появились птицы, рыбы, китовые акулы. Площади таких насосных установок можно увеличивать во всем Мировом океане. И в наших глубоководных озерах и водохранилищах данный опыт искусственного увеличения объема развития фитопланктона можно применять не только для поглощения углекислого газа из атмосферы (соответственно и снижения ее температуры) и дополнительной выработки кислорода, но и для омоложения самих водоемов. Приведет ли это к более сильному их зарастанию, цветению воды или доказательству, что макрофиты станут производить бóльшее количество кислорода, покажут результаты широкого практического применения этой идеи. Главное при этом – защита океанического и морского шельфа с растительностью от загрязнения

Еще одна важная проблема человечества, связанная с потеплением климата Земли, – это снижение ее биоразнообразия (антропогенное или естественное?). Каждый час сегодня вымирает 17 видов растений.

Если стать на позицию нахождения человечества в конце голоценового межледниковья, в преддверии относительно скорого формирования и дальнейшего распространения нового ледника с севера-запада на юго-восток Восточно-Европейской равнины, как и в прошлые эпохи гляциоплейстоцена, то в результате похолодания будет осуществляться миграция природных зон в направлении движения покровных льдов. За счет нее вполне логичным станет и снижение видового разнообразия фауны и флоры (от величины их состава в зоне широколиственных лесов до количества в зонах лесотундры и тундры, почти вплоть до полного исчезновения в приледниковой и ледниковой зонах (типичный пример – территория Беларуси). И эта миграция будет только естественной. Более южные зоны (лесостепь, степь) претерпят лишь небольшие изменения своих границ, а зоны полупустынь и пустынь практически сохранят свою устойчивость на фоне проникновения отдельных представителей флоры (ксерофитов, галофитов) и фауны в мигрирующие с севера природные зоны, сильно сузившиеся по ширине.

После максимума развития будущего покровного оледенения в процессе расстаивания его льдов при прогрессивном потеплении климата с наступлением межледниковья осуществится возвратная миграция природных зон с юго-востока на северо-запад, вслед за отступающим ледником. В этом случае равнинные территории будут постепенно сменяться и обогащаться видовым составом органического мира: от его распространения в зоне тундры и лесотундры до зоны широколиственных лесов; зоны лесостепи, степи, полупустынь и пустынь при увеличении тепла и влаги практически не изменят своих прежних границ при сохранении того же состава органического мира. Если в оптимум будущего межледниковья величины температуры и влажности будут адекватны современному этапу (SA-3), то расположение природных зон на Восточно-Европейской равнине будет соответствовать нынешнему в связи с законом географической зональности. Но эта ситуация может быть изменена, если произойдет существенное увеличение теплообеспеченности в оптимум новой межледниковой эпохи (температура выше на 2–3°, осадков больше на 50–1350 мм) – зона тайги сместится севернее и займет прибрежную территорию Европы, а современные зоны тундры и лесотундры могут не получить своего развития в связи с исчезновением вечной мерзлоты; зоны тайги, смешанных и широколиственных лесов увеличат свои площади также за счет более северного положения своих границ.

Достоверно, что результатом активного воздействия человека на природные зоны ныне практически изменены все компоненты среды его обитания, в том числе заметно снижение видового разнообразия. Уже третье издание «Красной книги» только пополняет список исчезнувших, исчезающих, редко встречаемых животных и растений той или иной территории. Хотя проблемы с восстановлением их нет – такое направление в биологии, как интродукция, по-зволяет успешно начать и устойчиво продолжать работу по восстановлению численности и разнообразия видов до полного ее завершения.

В случае же правильности версии о завершении гляциоплейстоцена прогрессивное нарастание температуры также повлияет на снижение биоразнообразия планеты, как это происходило в древние геологические эпохи, известные как проявления глобального катаклизма.

Так, 250 млн лет назад в пермском периоде отмечено потепление климата, когда температура у Северного и Южного полюсов была равной с территорией Калифорнии, 38° было у экватора, а в среднем – температура оказалась выше на 15°. Произошло снижение O_2 и увеличение CO_2. В конце перми – начале триаса это сказалось на массовом (почти на 95 %) вымирании фауны в результате активного накопления на большой территории пиритовой безкислородной породы, выделения сероводорода и нехватки кислорода. Пережили это время немногие животные.

По имеющимся расчетам, увеличение температуры Мирового океана до 35 °С снижает содержание кислорода в нем до предела, который не способствует дыханию животных. Сегодня температура составляет +20 °С, что примерно адекватно температуре пермотриаса до вымирания. Вполне возможно, что и мы сейчас находимся в процессе массового вымирания.

Другой причиной гибели фауны (массовое вымирание трилобитов) на планете стало воздействие на них гамма-излучения при вспышке сверхновой звезды в конце ордовикского периода (440 млн лет назад). Излучение оказало большое влияние на атмосферу, воздух, при этом диоксид азота влиял на газовый состав атмосферы (разрушал озоновый слой) и способствовал снижению солнечного света, что привело к постепенному снижению температуры Земли, а в итоге – к ледниковому периоду. В завершении оледенений тающие льды снижают давление над земной корой, начинается процесс изостазии и земная кора несколько приподнимается, что вызывает развитие вулканизма, магма изменяет свое течение, поднимается к поверхности, начи-

нается ее извержение (Исландия), постоянны землетрясения, в океане развиваются цунами, движение тектонических плит возобновляется.

Излучение от самого Солнца в пять раз больше излучения сверхновой звезды, и от его воздействия нарушается структура ДНК, что оказывает влияние на органический мир даже вблизи поверхности океана (гибло до 70 % морских животных), на большой глубине они могли и выжить, поскольку защищены от гамма-излучения.

Снижение биоразнообразия и вымирание органического мира на Земле происходило во многие периоды геологической ее истории и по причине развития мощного вулканизма (например, 252 млн лет назад при излиянии лавы и формировании сибирских базальтовых траппов). Проявление его, как правило, в виде очередного планетарного катаклизма наступало каждые 62 млн лет и сопровождалось мощным излиянием лавы и выбросом в атмосферу диоксида серы, углекислого газа, что способствовало сильной жаре на суше и повышению температуры Мирового океана, испарению воды в морских и континентальных бассейнах и снижению их уровня. Отсутствие приемлимых для органической жизни условий приводило к вымиранию 95 % форм растений и животных, размножению специфических бактерий – термофилов).

Такое же воздействие на органическую жизнь Земли оказывалось при столкновении планеты с астероидом. Мощный взрыв выбрасывал в атмосферу большое количество земного вещества и газа, которые вызывали ее замутненность и снижали на долгое время поступление солнечной энергии на Землю. В результате происходило резкое снижение температуры вплоть до формирования ледникового покрова Земли. Сегодня вроде бы нет близкой к Земле звезды, но если даже и произойдет столкновение с ней малого космического тела, то даже небольшой удар в несколько секунд по нашей планете, ожоги тела, приводящие к раку кожи, разрушение ДНК нанесут большой урон всему живому. Ведь динозавры 65 млн лет назад вымерли в таких условиях. Через десяток лет все вернется в норму, но как и где выжить человеку, ведь при этой катастрофе сохранится всего 5–10 % человечества?

Тем не менее жизнь на Земле не прекращалась, а продолжалась вновь и вновь. Тектонические процессы, приводящие в движение тектонические плиты Земли на протяжении всей истории ее развития (сталкивание плит, подплывание одной плиты под другую, расхождение плит) формировали в определенные этапы суперконтиненты (Радимия, Гондвана, Лавруссия, Ангарида, Пангея, Лавразия) с поднятым куполом в центре – будущим местом прорыва магмы из недр планеты, излияния ее и формирование базальтов. И в будущем это повторится, поскольку геологическая жизнь Земли продолжает быть активной. На памяти нашего поколения уже наметились разрывы тектонических плит в новых местах планеты (Красное море, юго-восток Африки, Байкал, Калифорния) и соединение их (через 250 млн лет Европы с Африкой) в единый суперконтинент сформирует новый протоконтинент далекого будущего.

Нам представляется, что в ближайшее время тенденция повышения на Земле температуры сохранится, площадь сухих районов увеличится, а влажные территории еще более насытятся влагой, возрастут пожары, стихии, наводнения, это уже дорого обходится человечеству, растут материальные потери стран, т. е. наступило время действовать, а не создавать многочисленные теории по изменению климата.

Мировым научным сообществом в составе 108 государств с 1992 г. ведется работа по организации борьбы с глобальным потеплением климата Земли. Пока разработано несколько важных документов: в 1992 г. принята конвенция «Борьба с изменением климата», в 1997 г. – Киотский протокол, в 2009 г. документ «Об изменении климата», положившие начало принятию некоторыми государствами законов по ограничению выбросов углекислого газа в атмосферу. Но некоторые страны отказываются принести в жертву свой экономический рост (например, Китай).

Глобальное потепление имеет свои плюсы и минусы. Угроза его (до 30 % видов животных и растений могут исчезнуть, если глобальная температура повысится на 2,5 °С; к концу нынешнего века средний уровень моря может подняться на 43 см; во второй половине нынешнего века все арктические льды могут растаять в течение летнего периода; одна шестая часть стран может столкнуться с ежегодным недостатком продовольствия из-за сильной засухи; к 2075 г. от 3 до 7 млрд человек могут столкнуться с хронической нехваткой воды) достаточно существенна для жителей планеты.

К концу нынешнего столетия глобальная температура на земном шаре может повыситься в среднем еще на 6,4 °С. Неутешительные прогнозы ученых затрагивают и территорию нашей страны. Как изменился климат Беларуси за ушедшее столетие и чего еще можно ожидать белорусам в предстоящие десятилетия, как наука будет бороться с глобальным изменением климата – тема ежегодного доклада «Народонаселения мира», организованного фондом ООН.

В нашей стране мониторинг изменения климата ведется еще с 1881 г. Специалисты констатируют: в Северном полушарии, в том числе и в Беларуси, изменение температуры воздуха проявляется больше, чем в среднем по земному шару. Так, в республике за последнюю сотню лет температура воздуха превысила климатическую норму на 1,1 °С, по Северному полушарию – 0,74 °С.

По данным ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» Департамента по гидрометеорологии, последняя по-настоящему холодная зима на Беларуси зафиксирована в 1989 и, вероятнее всего, в 2009 гг. Уже с 1990 г. отмечается устойчивое потепление зимних месяцев на 1,5–2°; снег на Новый год – не закономерность, а скорее редкость, сокращается продолжительность периода со снежным покровом, уменьшается глубина промерзания земли, весна наступает на 10–15 дней раньше.

Такие обстоятельства довольно благоприятны для ведения сельского хозяйства. Хоть и немного меньше, но жарче стали и летние месяцы. Сокращение осадков в августе только способствует уборке урожая. Более того, на юго-западе республики появилась новая более теплая агроклиматическая зона. В связи с ростом температуры сокращается отопительный период, что помогает экономить средства. В целом для Беларуси такие капризы природы благоприятны.

Исследования ученых подтверждают, что тенденция роста температуры воздуха будет продолжаться, оказывая негативное влияние на экологические и социально-экономические системы. В Беларуси, например, температура воздуха в ближайшие 20 лет может вырасти еще на 2–4°, провоцируя пожары в лесах, на торфяных болотах, увеличение вредителей леса, понижение уровня подземных вод. Кроме того, некоторые сельскохозяйственные культуры, такие как лен и картофель, попадут в неблагоприятные для себя условия. А топливная отрасль потеряет на росте расходования электроэнергии: кондиционеры станут включать чаще. Более того, жара отрицательно сказывается на здоровье населения. Потепление спровоцирует рост инфекционных заболеваний, увеличение армии паразитов. Как видно, адаптационные меры по изменению климата необходимы. Вопрос сегодня стоит остро и довольно слабо изучен. О нем много говорится, но как грамотно и организованно принять меры от негативных влияний – еще большая проблема, которая стоит перед учеными, политиками и обществом. Этой проблеме была посвящена Всемирная климатическая конференция, прошедшая в Женеве в августе 2009 г., в которой приняли участие и белорусские исследователи. Между тем в Беларуси разработана и утверждена правительством национальная программа мер по смягчению последствий изменения климата на 2008–2012 гг.

Евросоюз преследует цель снизить температуру воздуха на 2° к 2050 г. прежде всего за счет сокращения выбросов парниковых газов.

Присоединившись к Киотскому протоколу, Беларусь приняла на себя обязательство к 2012 г. не превысить выбросов парниковых газов более чем на 92 % к уровню 1990 г. (129 млн т в эквиваленте CO_2). Чтобы достигнуть таких показателей, следует развивать соответствующее производство, контролируя количество выбросов, применяя новые технические решения. Необходимость создания и соответствующей нормативной базы потребовало у Минприроды Республики Беларусь изучения опыта специалистов Европы, США, Японии.

Хочется верить, что творческая сила природы все же превысит разрушительные инстинкты человека. И в будущем Землю ожидает создание экономик с низким использованием углеводородов на фоне роста промышленности и населения. Однако при всей своей нерасторопности и бездействии по отношению к охране природы Земли мы можем так и не оценить до конца те благоприятные климатические условия, которые были созданы природой в ходе ее эволюции и в том числе для человека (если только человечество не появилось именно в этих условиях), а своей бесконтрольной потребительской деятельностью ускорили естественный процесс перехода к новым условиям, вряд ли способных даже при современном уровне технологии обеспечить существование и самого человечества.

ГЛАВА 7

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ЛАНДШАФТ И ПРОБЛЕМА ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

7.1. Современные взгляды на географический ландшафт

Понятие «ландшафт» – один из наиболее распространенных терминов в географической литературе. Термин этот (нем. – Landschaft) обозначает: страна, край, местность, территория, урочище; был введен в географическую литературу в 1805 г. А. Гоммейером (Мильков, 1959; 1967), который под ландшафтом подразумевал сумму всех местностей (нем. – Gegend), обозреваемых из одной высокой опорной точки, или совокупность местностей, заключенных между ближайшими горами, лесами и другими заметными частями Земли.

Разработкой учения о ландшафте занимались В. В. Докучаев, А. Н. Краснов, Г. Н. Высоцкий, Л. С. Берг, В. Н. Сукачев, А. А. Григорьев, Б. Б. Полынов, С. В. Калесник, Н. А. Солнцев, А. Г. Исаченко, Н. А. Гвоздецкий и другие ученые.

В. В. Докучаев, основываясь на законе цельности и неразрывности географической среды, пришел к выводу о существовании в природе *естественно-исторических зон*, представляемых как географические (ландшафтные) комплексы, все компоненты которых находятся в тесной взаимообусловленности. Его ученик А. Н. Краснов первым в отечественной литературе определил географию как науку о географических комплексах (сочетаниях). К числу последних он относил пустыни, степи, области вечных снегов и льдов и т. д.

Л. С. Берг первым из русских ученых дал четкое определение ландшафта и описал природу равнинной части СССР по географическим (ландшафтным) зонам. В его понимании географический ландшафт «есть такая совокупность, или группировка, предметов и явлений, в которой особенности рельефа, климата, вод, почвенного и растительного покрова и животного мира, а также до известной степени, деятельности человека сливаются в единое гармоническое целое, типически повторяющееся на протяжении данной зоны Земли». Признание за ландшафтом «единого гармонического целого» может привести к отрицанию идеи развития ландшафтов, поскольку гармония предполагает отсутствие противоречий между компонентами ландшафта, а без противоречий, как учит диалектика, нет развития.

Этот недостаток определения ландшафта Л. С. Берга в 1940 г. был устранен С. В. Калесником (1940), по определению которого географический ландшафт – это диалектическое целостное сочетание рельефа, геологического строения, климата, почвы, вод, органического мира и деятельности человека, типически повторяющееся на значительном пространстве географической оболочки Земли.

Б. Б. Полынову, который занимался разработкой учения о геохимии ландшафта (рис. 7.1), вместе с И. М. Крашенинниковым принадлежит заслуга выделения «элементарных ландшафтов» (Мильков, 1967).

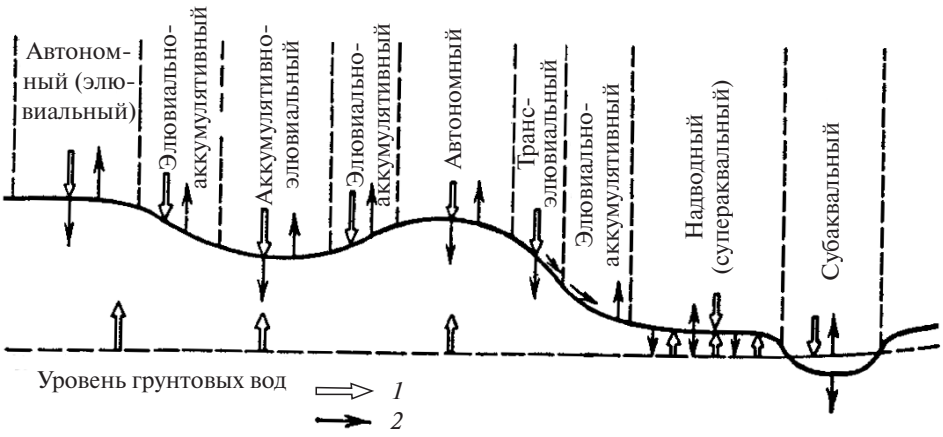


Рис. 7.1. Основные типы элементарных ландшафтов (по Б. Б. Полынову с дополнениями М. А. Глазовской; Юренков, 1982):

1 – поступление веществ в ландшафт (из атмосферы, грунтовых вод);
2 – удаление веществ из ландшафта в атмосферу, грунтовые и поверхностные воды

А. А. Григорьев обратил внимание на необходимость изучения физико-географических процессов, протекающих в ландшафте, дал ландшафтную характеристику большей части географических поясов и зон Земли.

В. Н. Сукачевым создана новая наука – *биогеоценология*, стоящая на грани ландшафтоведения и биогеографии. Биогеоценология помогает глубже понять сложные взаимодействия, происходящие в ландшафте между его «живыми» и «мертвыми» компонентами.

Н. А. Солнцев указал на неоднородность ландшафта, выявил его составные «морфологические» части, за которыми он признает только низшие ландшафтные комплексы – урочища, слагаемые в свою очередь еще более мелкими единицами – фациями. Провинции, зоны и страны, по Н. А. Солнцеву, являются предметом изучения не ландшафтоведения, а «региональной природной географии». Поэтому данная точка зрения на ландшафт ограничивает задачи исследований, в отличие от вкладывания в понимание ландшафта более широкого содержания, признавая объектами его изучения ландшафтные комплексы любого таксономического ранга, в том числе и такие комплексы, как провинция, зона и страна (Мильков, 1967).

И до сих пор многие вопросы ландшафтоведения еще далеки от решения. Остается дискуссионным вопрос о самом понятии ландшафта, его содержании. В настоящее время существуют три основные точки зрения на объем и содержание понятия «географический ландшафт».

I. *Ландшафт – территориально ограниченный участок земной поверхности, связанный с конкретным пространством.* Сторонники этой точки зрения видят в ландшафте одну из низших единиц комплексного районирования, основной объект изучения ландшафтной географии. Изложенное определение берет начало от Л. С. Берга, считавшего ландшафт «основной единицей нашей науки, непосредственным объектом ее изучения, географическим индивидом или особью». Такое понимание ландшафта поддерживали А. А. Григорьев, С. В. Калесник, Н. А. Солнцев, К. И. Геренчук, А. Г. Исаченко и другие географы.

А. А. Григорьев и В. М. Четыркин считали ландшафт синонимом географического района, что поддерживал и А. Г. Исаченко. В таком случае лучше придерживаться термина «географический район». Позднее А. Г. Исаченко ландшафтоведение в широком понимании стал делить на следующие три основных отдела (раздела): 1) общие зако-

номерности территориальной физико-географической дифференциации; 2) собственно учение о ландшафте (или ландшафтоведение в узком смысле слова, по Н. А. Солнцеву); 3) физико-географическое районирование.

Сторонники региональной трактовки ландшафта в таксономическом отношении (Н. И. Михайлов и Ю. П. Пармузин) этот природный комплекс помещают между районом и урочищем. Ученым МГУ (Анненская и др., 1962; Мильков, 1967) принадлежит определение ландшафта в понимании географического индивида: «Ландшафт – это генетически однородный природный территориальный комплекс, имеющий одинаковый геологический фундамент, один тип рельефа, одинаковый климат и состоящий из свойственного только данному ландшафту набора динамически сопряженных и закономерно повторяющихся в пространстве основных и второстепенных урочищ».

II. *Ландшафт – обобщенное, типологическое понятие физико-географических комплексов.* Данная типологическая трактовка ландшафта была развита Б. Б. Полыновым, И. М. Крашенинниковым, Н. А. Гвоздецким и в соответствии с ней на террасах Дона выделены следующие ландшафты (или типы ландшафта):

а) слабоволнистая степная равнина с отдельными озерами;
б) волнисто-холмистая лесостепная равнина (дубовые рощи);
в) лугово-лесная равнина с озерами и болотами;
г) бугристо-песчаная равнина;
д) мелкобугристо-песчаная равнина с протоками и редкими озерами;
е) лугово-лесная равнина с озерами и лугами (дубовые рощи);
ж) прибрежная плоская песчаная равнина (пляжи и косы).

Исследование Б. Б. Полыновым, И. М. Крашенинниковым ландшафтов северной Монголии позволило выделять элементарные ландшафты, повторяющиеся от места к месту на однотипных элементах рельефа.

Н. А. Гвоздецкий (1961) различает *элементарные ландшафты* (микроландшафты) и *собственно ландшафты* (макроландшафты). Элементарные ландшафты соответствуют типам урочищ и отчасти типам фаций. Под собственно ландшафтами он понимает «...виды, группы (роды), подтипы и типы местностей, представляющих собой закономерные группировки элементарных ландшафтов».

III. *Ландшафт – общее понятие, синоним географического комплекса различного таксономического ранга.* Родоначальник подобной трактовки ландшафта – С. С. Неуструев, последователь Л. С. Берга в вопросах ландшафтоведения. Но он не ограничивал ландшафт территориальными рамками, а рассматривал его как «...сложное сочетание воздействующих друг на друга факторов: климата, геологического строения, устройства поверхности, водных условий, растительности, почв, животного мира и человека».

Более определенно взгляд на географический ландшафт как общее понятие был развит позднее Ф. Н. Мильковым, с точки зрения которого ландшафт – такое же общее понятие, как климат, почва, рельеф. Вне зависимости от территории в понятие климата, почвы, рельефа вкладывается всегда одно и то же физико-географическое содержание. Точно так же можно сказать и о ландшафте Восточно-Европейской равнины в целом, и о ландшафте Окско-Донской низменности или Подмосковья. Для всех этих территориальных подразделений общим является наличие ландшафтных взаимосвязей между элементами природы; различия же между ними заключаются в масштабах и в структуре ландшафтных взаимосвязей. *Ландшафт представляет совокупность взаимообусловленных и взаимосвязанных предметов и явлений природы, предстающих перед нами в образе тех или иных исторически сложившихся, непрерывно развивающихся географических комплексов различного таксономического ранга.* Будучи общим понятием, термин «ландшафт» в равной степени применим и к региональным, и к типологическим географическим комплексам, начиная от самого крупного, какой является ландшафтная сфера Земли, и кончая наиболее мелкими – районами и урочищами (рис. 7.2).

Точки зрения на ландшафт как общее понятие придерживались Д. Л. Арманд (Арманд и др., 1969), Ю. К. Ефремов, П. С. Кузнецов, В. И. Прокаев, А. И. Спиридонов, Е. Н. Лукашова и некоторые другие исследователи. В зарубежной географической литературе термин «ландшафт» употребляется преимущественно как общее понятие. Исключение составляют немецкие географы, которые понятию ландшафта придают таксономическое значение (Мильков, 1967).

7.2. Проблема физико-географического районирования

Несмотря на имеющиеся различия сторонников трех точек зрения на географический ландшафт, имеется общее в главном – все они подразумевают под ландшафтом природный географический комплекс. Различия сводятся к тому, на комплексы какого типа и таксономического ранга следует распространять понятие ландшафта. Большинство географов рассматривает ландшафтную сферу Земли как сложное природное единство, состоящее из большого числа крупных и мелких географических комплексов, имеющих свое определенное «лицо», свой ландшафт, отличающийся от смежных комплексов. Выделение, разграничение и классификация последних – одна из самых сложных и наиболее важных проблем ландшафтоведения, которую именуют обычно физико-географическим или ландшафтным районированием.

Современное физико-географическое (ландшафтное) районирование как научная проблема сформировалось в сравнительно недавнее время, ему предшествовал длинный ряд трудов и имен, занимавшихся природно-хозяйственным и географическим районированием.

Практическое значение проблемы районирования территории было осознано давно и находило определенное решение уже в трудах античных географов. Страбон почти 2 тыс. лет назад рекомендовал при разделении территории рассекать ее не по случайным местам, а «суставам», т. е. естественным рубежам, какими являются горные хребты, реки и моря.

В русской литературе первые опыты географического районирования относятся ко второй половине XVIII в., когда наряду с попытками природного подразделения ограниченных территорий (например, Соловецких островов – И. И. Лепехиным; Новороссийской губернии – В. Ф. Зуевым) появляются схемы природно-хозяйственного районирования России в целом на полосы и группы губерний (северную, среднюю и южную), а их описание давалось с точки зрения условий для жизни человека, характеризовались дикорастущая и культурная растительность, дикие и домашние животные, отчасти полезные ископаемые и климат.

В первой половине XIX в. развитие продолжающейся природно-хозяйственной направленности в географическом районировании России уже шло по двум направлениям: 1) группировке сходных по природе и хозяйству губерний в «пространства» (районы); 2) выделению природно-хозяйственных полос широтного протяжения.

Представителем первого направления был К. И. Арсеньев, который разделил Россию на 10 географических пространств, верно охватывавших природно-хозяйственные различия основных районов страны (многие из них сохранились в географической литературе до наших дней).

В 80-е гг. XIX в. П. П. Семенов, в развитие географических пространств К. И. Арсеньева, разработал свою группировку губерний Европейской России, которая получила у географов самое широкое признание. Было выделено 12 областей (или групп губерний): 1) Крайняя северная; 2) Приозерная; 3) Прибалтийская; 4) Московская промыш-

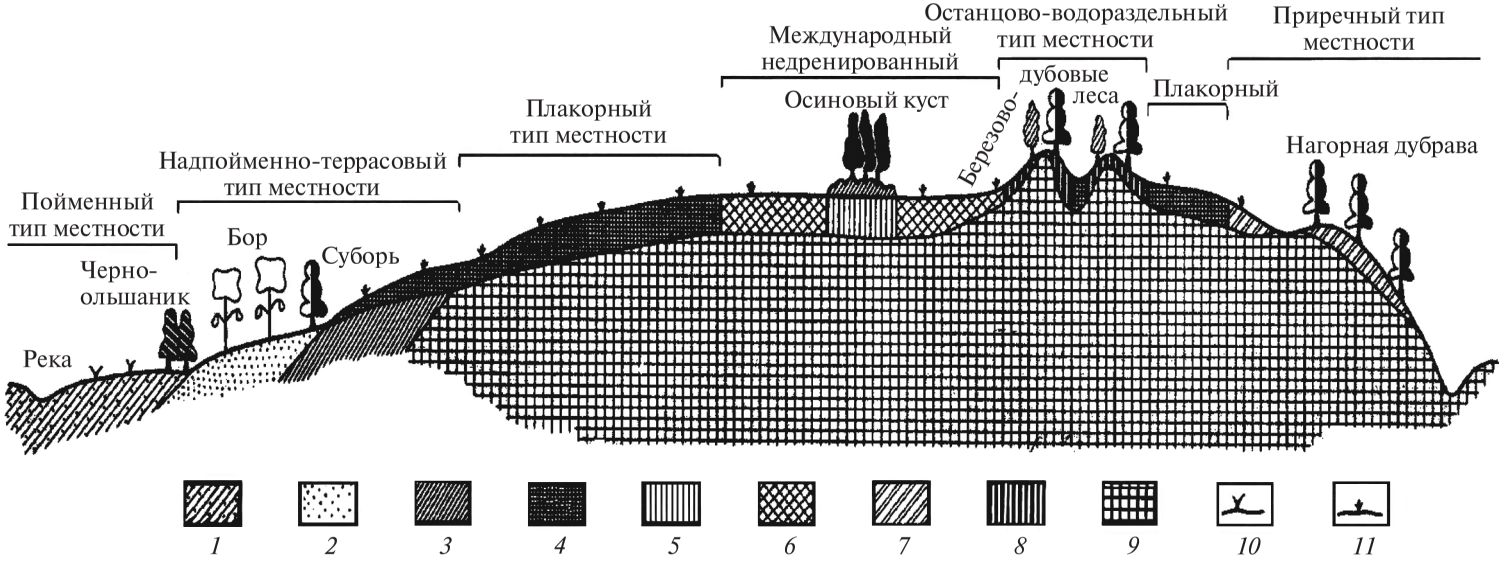


Рис. 7.2. Схема распределения основных типов местности по элементам рельефа лесостепной зоны Восточно-Европейской равнины (Мильков, 1967):

1 – аллювий пойменной террасы; *2* – песчаный аллювий I н. т.; *3* – супесчаный лессовидный аллювий верхних надпойменных террас; *4* – типичные черноземы на делювиальных и лессовидных суглинках; *5* – солодь; *6* – черноземно-луговые почвы на лессовидных суглинках и глинистой морене; *7* – оподзоленные черноземы и темно-серые лесные почвы; *8* – смытые черноземы и серые лесные почвы крутых склонов; *9* – коренные породы; *10* – луговая растительность; *11* – культурная растительность

ленная; 5) Центральная земледельческая; 6) Приуральская; 7) Нижневолжская; 8) Малороссийская; 9) Новороссийская; 10) Юго-Западная; 11) Белорусская; 12) Литовская.

Другое направление, связанное с разработкой природно-хозяйственных зон, в первой половине XIX в. развивалось многими исследователями. Так, Е. Ф. Зябловский делил Россию по климатическому признаку на 4 полосы: самую холодную, холодную, умеренную и теплую (или южную), включавшие на западе и востоке совершенно разнородные ландшафты и поэтому не представлявшие научного интереса.

По мере накопления фактического материала границы полос теряли свой прямолинейный, условный характер, а их очертания постепенно приближались к известным нам сейчас географическим зонам. Э. А. Эверсманн в первой части «Естественной истории Оренбургского края» впервые в литературе строго научно освещает вопросы географического подразделения степей и полупустынь.

В середине XIX в. в связи с дифференциацией наук и развитием географических представлений о территории России, природно-хозяйственные схемы районирования исчезли, произошло обособление экономико-географического и физико-географического районирования. Первым опытом чисто физико-географического районирования можно считать растительно-географические округа Европейской России Р. Траутфеттера (Мильков, 1967).

Весьма плодотворной для проблемы районирования оказалась идея географического комплекса, разработанная в трудах В. В. Докучаева и А. Н. Краснова на рубеже XIX и XX столетий. Они применяли ее только по отношению к географическим зонам, а последующие исследователи стали видеть географический комплекс в каждой единице физико-географического районирования. В советский период физико-географическое районирование всегда было одной из центральных проблем географической науки. Особенно большое значение районированию придавали В. П. Семенов-Тян-Шанский и Л. С. Берг, согласно которым география – наука о естественных границах, а районирование составляет одну из ближайших задач географии, «проведение естественных границ есть начало и конец каждой географической работы».

Как бы ни велико было значение проблемы районирования, сводить к ней всю географическую науку никак нельзя. Районирование составляет ядро, центральную проблему лишь одного (регионального) раздела частных физико-географических наук: региональной климатологии, региональной геоморфологии, регионального ландшафтоведения и т. д. Физико-географическим районированием занимается *региональное ландшафтоведение*.

Исключительно большое значение проблема физико-географического районирования приобрела в странах СНГ в последние годы, когда всестороннее и рациональное использование природных ресурсов стало одним из условий создания материально-технической базы государств.

Таким образом, географический ландшафт составляет одно из основных понятий физической географии. В географической литературе ландшафт рассматривают в качестве регионального или общего понятия, реже в него вкладывают типологическое содержание. Во всех случаях ландшафт трактуется как синоним природного комплекса. Различия сводятся к тому, на природные комплексы какого типа и ранга распространяется понятие ландшафта. Сторонники региональной трактовки видят в нем региональный комплекс определенного таксономического ранга. Сторонники трактовки ландшафта как общего понятия распространяют его на региональные и типологические комплексы любого таксономического ранга. Наконец, при типологическом понимании ландшафта его считают синонимом типологических комплексов.

7.3. Основные принципы и методы физико-географического районирования

Как уже отмечалось, советские географы под физико-географическим районированием подразумевают выявление, разграничение и классификацию ландшафтных комплексов, которые объективно существуют в природе, имеют свои границы на местности. Выработаны твердые принципы и методы физико-географического районирования, которые успешно разрабатываются учеными-географами и сводят до минимума субъективный элемент при выделении географических комплексов.

Принцип территориальной общности. Важную особенность региональных единиц физико-географического районирования составляет их территориальная общность (неразрывность). Одна и та же физико-географическая единица (область, район) не может быть представлена в форме разрозненных, удаленных друг от друга участков. Точного повторения региональных единиц в пространстве нет. При всем сходстве удаленных друг от друга региональных комплексов речь может идти лишь о существовании между ними аналогии, но не о территориально разобщенных частях одного и того же региона.

Генетический принцип. Генетическое единство (однородность) территории является важнейшим принципом комплексного физико-географического районирования территории. По А. А. Григорьеву, «общность характера развития территории должна быть положена в основу районирования на всех ступенях районной лестницы». А. Г. Исаченко и Н. А. Солнцев генетическую однородность или обособленность считают важнейшим и диагностическим признаком ландшафта.

Однако нет единого мнения, что следует понимать под генетическим единством территории, что дало повод Д. Л. Арманду и П. С. Макееву ставить под сомнение целесообразность применения генетического принципа в физико-географическом районировании. Тем не менее во второй половине XIX в. основоположник генетического принципа Ф. Рупрехт еще в 1866 г., основываясь на относительной древности флор, дал свою схему флористических областей России. Генетический принцип был использован М. Н. Богдановым при выделении зоологических областей России и Ф. П. Кеппеном при разделении Европейской России на древесно-растительные области. Позднее под генетическим принципом многие исследователи (В. П. Семенов-Тян-Шанский, П. А. Тутковский, Б. Л. Личков, Н. А. Солнцев) стали понимать выделение таких территориальных единиц, которые характеризуются общностью геолого-геоморфологического развития.

Однако если такой подход в какой-то мере оправдан по отношению к физико-географическим районам и провинциям, то он совершенно теряет свой смысл при переходе к физико-географическим зонам, поскольку каждая из них представляет такое же генетическое единство, как и провинция или район, хотя она и неоднородна в геолого-геоморфологическом отношении. Тундра, тайга, лесостепь и степи отличаются друг от друга не одними внешними чертами ландшафта, но и временем своего зарождения как типа ландшафта и возникновения как пространственной географической зоны; каждая зона отличается от другой общностью происхождения флористических и фаунистических элементов ландшафта и последующей историей их развития.

Таким образом, генетическим единством обладают все категории региональной таксономической лестницы – от района до зоны и страны включительно, и оно выражается в общности истории развития и формирования основных, наиболее существенных черт ландшафта данной градации. Отсюда следует важный вывод *об относительности генетического единства физико-географических единиц.*

Принцип комплексности. Этот очень важный и специфический принцип предусматривает, чтобы при физико-географическом районировании принимались во внимание территориальные различия не одного или нескольких ведущих компонентов ландшафта,

а всей их совокупности. При выделении физико-географических единиц нельзя ограничиваться анализом только, например, таких важных компонентов ландшафта, как рельефа или климата, но следует также обязательно выявить данные о сходстве и различиях почв, растительности, грунтовых вод, животного мира. Только в этом случае районирование будет действительно комплексным, физико-географическим, а не отраслевым.

Принцип комплексности был сформулирован А. А. Григорьевым, который именует его принципом физико-географического районирования «по степени сходства и различия всего комплекса природных условий». Соблюдение принципа комплексности сводит до минимума возможность перерастания ландшафтного районирования в один из видов частного физико-географического районирования.

Принцип относительной однородности. Данный принцип общепризнан при физико-географическом районировании.

Относительная однородность – непременная черта географических комплексов. Районирование потому и является таковым, что оно обобщает самые главные, наиболее существенные черты выделенных территорий по принципу большей или меньшей однородности в зависимости от масштаба исследования. Относительный характер однородности географических комплексов выражается в существовании у них иерархической лестницы – таксономической системы, при которой самые крупные комплексы распадаются на систему комплексов среднего масштаба, а эти последние слагаются из большого числа мелких комплексов. Относительная однородность географических комплексов имеет большое практическое значение: она позволяет распространять хозяйственные рекомендации, разработанные для ограниченных ключевых участков, на всю территорию того или иного географического комплекса.

Метод наложения (сопоставления) частных видов физико-географического районирования. Суть этого метода заключается в наложении друг на друга частных видов районирования – геоморфологического, геоботанического, почвенного, климатического, зоогеографического – причем линии совпадения или близкого расположения границ частных видов районирования принимаются за границы географических комплексов. Метод наложения прямо вытекает из принципа комплексности физико-географического районирования.

Метод наложения, хотя и не является сейчас основным, всегда будет использоваться при выделении физико-географических комплексов. Если понимать под ним внимательный анализ и сопоставление друг с другом контуров частного районирования, то этот прием будет в дальнейшем необходимым первоначальным этапом всякого физико-географического районирования.

Метод ведущего фактора. При физико-географическом районировании в первую очередь основной, ведущий фактор определяет в значительной мере все другие компоненты географического комплекса. Каждой таксономической единице присущ свой ведущий фактор, точнее комплекс ведущих факторов. Если для района это морфологические особенности территории в сочетании с почвенно-растительными взаимосвязями, то для провинции – оротектонический фактор с долготно-климатическими различиями, для зоны – широтные взаимообусловленные изменения климата, почв и растительности.

Значение метода ведущего фактора состоит в том, что применение его нацеливает внимание исследователя на учет основного и главного в вопросах районирования. Конечно, при разделении физико-географических провинций на районы никто не начинает с анализа животного мира или глубины залегания грунтовых вод, а приступает прежде всего к выявлению внутрипровинциальных геоморфологических и климатических различий и обусловленных ими почвенно-растительных взаимосвязей, составляющих главные звенья, «ведущий фактор» географического районирования.

Метод заполнения региональных единиц типологическими единицами картирования. Особенность этого метода состоит в том, что район и другие единицы физико-гео-

графического районирования наносятся на карту типологических ландшафтных комплексов. Их определенный набор, занимаемая площадь, сам «рисунок» их размещения во многом определяют внутреннее содержание, структуру региональной единицы, то ее индивидуальное лицо, которое отличает одну региональную единицу от другой, рядом лежащей. Следовательно, в данном случае физико-географическому районированию должно предшествовать ландшафтно-типологическое картирование.

Метод встречаемости (повторяемости) характерных ландшафтных комплексов. Данный метод применим при обосновании ландшафтных районов и провинций областей.

Применение одного из принципов и методов физико-географического районирования отнюдь не исключает использования других при одном и том же опыте физико-географического районирования. Выбор определенного метода в качестве главного во многом зависит от имеющегося в наличии материала по районируемой территории. Так, при отсутствии схем частных видов районирования (геоморфологического, геоботанического и т. д.) и типологических карт, естественно, главное место займет метод ведущего фактора; при наличии типологических карт основным станет метод заполнения регионов типологическими единицами, при одновременном использовании методов ведущего фактора и наложения. Однако в конечном итоге физико-географ всегда должен стремиться к обоснованию региональной схемы ландшафтно-типологической картой, которая дает наиболее надежный и объективный материал для выделения физико-географических регионов.

Физико-географическое районирование, с помощью каких бы методов оно не проводилось, может быть успешным только в том случае, если ему предшествует глубокий анализ компонентов районируемой территории, а сами регионы в определенной мере вытекают из этого анализа. Процесс районирования нельзя отрывать от описания территории, он служит логическим заключением такого комплексного описания.

7.4. Типологические ландшафтные комплексы

Наряду с региональными ландшафтными комплексами (страна, зона, провинция, район), выявляемыми при физико-географическом районировании территории, в природе существуют ландшафтные комплексы другого рода, **типологические**, которые существенно отличаются от региональных.

Если региональные комплексы выделяются и классифицируются по принципу пространственной смежности и неразрывности, то типологические комплексы выделяются по принципу однотипности и аналогии. В отличие от региональных единиц, обладающих сплошным, непрерывным ареалом, типологические единицы характеризуются разорванным ареалом. На карте каждая типологическая единица рисуется в форме прерывистых, разорванных полос, пятен, точек, в своем распространении не считающихся с границами региональных единиц.

Познание типологических комплексов, в отличие от региональных, основывается на изучении не единичного и индивидуального, а общего, что свойственно всему данному типу.

В отличие от региональных, типологические комплексы не являются единицами физико-географического районирования, они представляют собой единицы физико-географического (ландшафтного) картирования, выявляемые и наносимые на карту преимущественно в процессе полевых ландшафтных исследований.

Мы считаем, что типологические единицы, обладая морфологическим сходством, лишены генетического единства. Одна и та же типологическая единица, повторяясь в разных ландшафтных районах и провинциях, хотя и сохраняет внешние черты сходства, но имеет разное происхождение, разную историю развития.

Этот вывод об отсутствии генетического единства у типологических единиц рядом географов взят под сомнение. По их мнению, типологические единицы обладают таким же генетическим единством, как и региональные. Возникающее разногласие мы склонны объяснить различиями в трактовке объема типологических единиц, неопределенностью понятия «генетическое единство» и – самое главное – смешением понятий конкретного комплекса с его типом.

Конкретный комплекс – конкретное урочище, конкретная местность – обладает важнейшим свойством региональных единиц – неразрывностью ареала, и, размещаясь внутри одной, генетически единой региональной единицы, сам обладает генетическим единством. Этого нельзя сказать про *тип урочища* или *тип местности*: повторяясь в разных районах, провинциях, а иногда и зонах, они, естественно, имея сходные морфологические черты, не могут не отличаться историей своего развития. Тип комплекса, складываясь из множества генетически единых, но территориально разобщенных конкретных комплексов, в конечном итоге становится генетически неоднородным территориальным образованием.

Типологические единицы не служат продолжением единиц регионального ряда. Они образуют свою систему, параллельную региональной. При этом точного таксономического соответствия между региональными и типологическими единицами не существует.

Сложнее обстоит вопрос с конкретными комплексами – конкретными фациями, урочищами и местностями. Некоторые исследователи (Д. Л. Арманд, Н. И. Михайлов, В. И. Прокаев) не отличают их от региональных единиц районирования, заканчивая фацией или еще более мелкой градацией (участок и подучасток Д. Л. Арманда) таксономическую систему регионального ряда.

Район как региональная единица далее неделим, но он состоит из множества конкретных урочищ и конкретных местностей, изучаемых ландшафтоведами преимущественно в обобщенном типологическом плане.

Таксономическая система типологических единиц находится в стадии разработки. Но уже сейчас можно говорить о типах ландшафтных комплексов, пользующихся если не всеобщим, то широким признанием у ландшафтоведов: тип фации, тип урочища, тип местности, тип ландшафта.

Тип фации. Термин «фация» с давнего времени пользуется широким распространением у геологов и биологов.

Фация как типологическая единица принципиально отличается от типа местности и от урочища. Все типологические единицы в ландшафтоведении, в том числе и урочища, представляют собой сложное образование, комплекс комплексов, сочетание разнообразных фаций, объединенных между собой по морфологическому и пространственному (хорологическому) признакам. Фация, напротив, есть элементарный комплекс, изучение которого основывается не на анализе пространственных взаимосвязей, а на выявлении взаимодействия компонентов (атмосферы, почвы, растительности и т. д.) внутри фации, на установлении характера взаимного обмена веществом и энергией.

Исходя из сказанного, изучение собственно фаций, их типология входят в задачу биогеоценологов.

Таксономические единицы фаций во многом отличны от региональных и типологических единиц ландшафтоведения. Биогеоценологические группировки фаций всегда остаются своего рода «однокомплексными» единицами, они интересуют исследователя с одной стороны – с точки зрения выявления взаимодействия между компонентами. В изучении биогеоценозов (геоценозов) первостепенное значение приобретает принцип количественно-аналитической характеристики явлений и процессов, экспериментальные и стационарные методы исследования.

Тип урочища. Урочище – старый русский термин, употребляющийся в географической литературе с давнего времени. В. И. Даль в «Толковом словаре» про слово «урочище» сообщает, что это – «всякий природный знак, мера, естественный межевой признак, как речка, гора, овраг, гривка, лес и пр.» В «Толковом словаре русского языка» под редакцией Д. Н. Ушакова приводится два значения слова «урочище» – как естественной границы и как участка местности, отличающегося от окружающего какими-нибудь естественными признаками. Последнее толкование урочища повторяется во втором издании Большой Советской Энциклопедии.

В общем географическом смысле толкование урочища не расходится с определением его у В. И. Даля и Д. Н. Ушакова; под ***урочищем*** обычно подразумевают наиболее примечательные, чем-либо выдающиеся природные участки с хорошо обозначенными границами.

Мы придерживаемся иного по форме определения, а именно: *урочище* – закономерный комплекс фаций, достаточно хорошо обособленный в природе в связи с неровностями рельефа, неоднородным составом грунтов и хозяйственной деятельностью человека. Примером широко распространенных типов урочищ являются овраг, балка, степная западина, осиновый куст, стенки (украинские станки), черноольшаник в притеррасном понижении поймы.

В природе нередко можно наблюдать такие природные комплексы, про которые трудно сразу сказать, к какому типу и даже к одному или нескольким типам урочищ они относятся.

Каждая таксономическая единица низшего и среднего ранга в ландшафтной географии охватывает большое число конкретных природных комплексов. Эти конкретные природные комплексы одного и того же таксономического значения отличаются друг от друга различной сложностью своего строения.

При характеристике регионов (район, провинция) и средних и высших типологических единиц (тип местности, тип ландшафта) следует различать *характерные* урочища, *урочища-доминанты* и *редкие урочища*.

Характерные урочища являются типичными, «верными» комплексами для той или иной региональной или типологической единицы.

Характерные урочища, отражая специфику – индивидуальность ландшафтных единиц, не представляют собой самых распространенных урочищ, господствующих по занимаемой площади. Господствующие в данной ландшафтной единице типы урочищ являются *урочищами-доминантами*. Иногда характерные урочища выступают одновременно и урочищами-доминантами.

Выявление характерных урочищ и урочищ-доминантов требует разных приемов исследования. В то время как характерные урочища можно установить уже при рекогносцировочном знакомстве с территорией, урочища-доминанты выявляются только при сплошном картировании территории.

Редкие, *или эпизодические*, *урочища* встречаются лишь в немногих пунктах изучаемой территории, именно поэтому они и подлежат внимательному изучению. Редкая встречаемость их может быть обусловлена разнообразными причинами: реликтовой природой урочищ, антропогенными факторами, своеобразием геологических условий и т. д.

Подобно фациям, в формировании урочищ большую роль играет человек. Под влиянием человека не только меняется облик многих природных урочищ, но и возникают новые *антропогенные урочища*.

Полезащитные лесные полосы и пруды – пример урочищ, созданных человеком заново. Наряду с этим существует большая группа урочищ, природных образований, но человек способствовал их обособлению. Лесная роща на искусственно обезлесенном водоразделе представляет урочище, обязанное своим обособлением хозяйственной деятельности человека.

Говоря об антропогенном факторе, нельзя пройти мимо оценки культурных полей как урочищ. Состав культурной растительности меняется из года в год на одном и том же месте, а он, естественно, не может служить критерием для выделения урочищ.

Тип местности. Тип местности, подобно ландшафту или району, является одним из наиболее распространенных и важных понятий ландшафтной географии.

1. *Тип местности – общее типологическое понятие.* Это наиболее ранняя и до недавнего времени самая распространенная точка зрения на тип местности.

2. *Тип местности – таксономическая единица типологического ландшафтного картирования.*

Приведем примеры типов местности, выявленных на территории Черноземного центра.

1. Плакорный – плоские и пологоволнистые водораздельные равнины, покрытые черноземами и серыми лесными почвами без заметных признаков эродированности; характерные урочища: ровняди, степные западины, ложбины стока и верховья балок.

2. Междуречный недренированный – плоские, недостаточно дренированные водораздельные равнины с близким залеганием грунтовых вод и лугово-черноземными почвами в комплексе с черноземами; характерные урочища: ровняди, осиновые кусты, степные западины.

3. Останцово-водораздельный – неровные водораздельные поверхности с холмами и грядами останцово-денудационного происхождения, с малоценными в хозяйственном отношении смытыми, нередко каменистыми почвами; характерные урочища: «камни», останцовые холмы, «горы» и гряды.

4. Склоновый (приречный) – наклонные (свыше 3°) поверхности с пересеченным рельефом, смытыми почвами и повышенной лесистостью; характерные урочища: овраги, балки, стенки, байрачные дубравы, горные меловые боры, нагорные березняки.

5. Зандровый – водораздельные равнины, сложенные водно-ледниковыми песками, с малоплодородными серыми и дерновоподзолистыми почвами и сосновыми борами; характерные группы урочищ: развеваемые бугристые пески, песчаные степи, субори, естественные и искусственные сосновые боры.

6. Надпойменно-террасовый – слабо расчлененные лессовые и песчаные надпойменные террасы по долинам рек; характерные урочища: плоскодонные сухие балки, западины, развеваемые бугристые пески, естественные и искусственные сосновые боры и субори.

7. Пойменный – заливаемые в половодье участки речных долин; характерные группы урочищ: заливные луга, уремы, озера-старицы, черноольшаники.

Вторая точка зрения, придающая типу местности определенное таксономическое значение, наиболее распространена в советской литературе. *Границы* типа местности определяются географией составляющих его характерных урочищ и урочищ-доминантов.

Разные типы местности обладают неодинаковыми ареалами – то очень обширными, то сравнительно ограниченными. Один из наиболее обширных ареалов принадлежит пойменному типу. Установление его границ – задача специального исследования.

Таким образом, при выделении, характеристике и картировании типов местности следует постоянно иметь в виду не только их общие – типологические – черты, но и основные региональные особенности. Задача эта оказывается не простой, и некоторые исследователи, пытаясь ее решить, идут по пути дробления типов местности. Следуя таким путем, можно выделять бесчисленное множество типов местности и все же не решить поставленной задачи – настолько многообразны региональные воздействия на типы местности. Единственное удовлетворительное решение этой задачи заключается в совмещении в тексте и на ландшафтной карте типологических единиц с региональными.

В качестве обобщения сведений о региональных воздействиях на типы местности целесообразно ввести понятие «вариант типа местности». В зависимости от характера

региональных воздействий можно говорить о зональных, высотно-геоморфологических и литологических вариантах типа местности.

В тесной связи с ареалами типов местности стоит вопрос о *ведущих факторах*, обособляющих ландшафтные комплексы. Такими ведущими факторами являются формы рельефа и литология материнских пород, служащих подпочвой.

Относительное значение рельефа и литологии материнских пород как ведущих факторов в формировании типов местности меняется в зависимости от степени их «выраженности» и от климатического фона (возрастание литологического фактора в резко аридных районах).

Все урочища, слагающие тип местности, несут на себе печать воздействия этого последнего, находятся в определенной взаимосвязи, которая, как правило, не проистекает из генетической общности.

Наряду с этими морфологическими взаимосвязями, между некоторыми урочищами существуют взаимосвязи другого характера, которые мы именуем *парагенетическими взаимосвязями*. Парагенетические взаимосвязи – это генетические взаимосвязи, они свойственны пространственно смежным урочищам, имеющим общие условия образования. Подобные системы урочищ с парагенетическими взаимосвязями в природе наблюдаются часто.

В северных районах страны, в тайге, прекрасными образцами сложных парагенетических комплексов урочищ служат сфагновые выпуклые болота. Почти у всех у них есть: краевая топь, заросшая мохово-травяной и древесной растительностью болот низинного и переходного типа. Склоны и вершины 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 регрессивный озерково-мочажинный комплекс. В итоге перед нами целая серия на первый взгляд совершенно разнородных урочищ: осоково-гипновое или даже черноольховое болото; высокоствольный сосновый бор на дренированных участках сфагнового болота; гряды со сфагново-лишайниковым покровом и низкорослой болотной сосной; сырые мочажины; мрачные озера с коричневой водой, темными торфянистыми берегами. В действительности это все звенья единой неразрывной цепи, возникшей в результате развития верхового болота на месте существовавшего ранее низинного болота, озера или просто заболоченного леса.

В лесостепной и степной зонах широко распространены сложные парагенетические комплексы урочищ в форме овражно-балочных систем. Каждая развитая овражно-балочная система состоит из четырех-пяти типов урочищ, ложбины стока (потяжины), лощины, балки, оврага, конуса выноса.

Выделение парагенетических комплексов не только желательно и совершенно необходимо при изучении урочищ и типов местности. Дело в том, что единый парагенетический комплекс урочищ может размещаться не в одном, а в нескольких типах местности.

Поэтому при изучении парагенетических урочищ возникает необходимость выявления у них двойных взаимосвязей: морфологических и парагенетических. Конус выноса следует изучать одновременно и как часть пойменного типа местности (морфологические взаимосвязи), и как неразрывное слагаемое овражно-балочного комплекса (парагенетические взаимосвязи). Характеристику оврагов нельзя отрывать от склонового или надпойменно-террасового типа местности, на которых они развиты (морфологические взаимосвязи), и в то же время следует постоянно иметь в виду, что овраг – лишь один из компонентов овражно-балочного комплекса.

Наличие в природе парагенетических комплексов урочищ, не считающихся с границами типов местности, еще раз подтверждает морфологическое, но не генетическое единство типологических ландшафтных единиц.

Тип ландшафта. По поводу определения типа ландшафта в самом общем виде больших расхождений у ландшафтоведов нет. Так, согласно нашему предложению, под типом ландшафта следует понимать систему региональных и типологических ландшафтных единиц, территориально не всегда связанных между собой, но характеризующихся однотипностью протекающих физико-географических процессов и сходством в морфологической структуре.

Тип ландшафта – одно из наиболее широких типологических понятий. Так, например, на территории СССР встречается не группа лесостепных типов ландшафта, а один лесостепной тип, включающий в себя лесостепные зоны Русской равнины и Западной Сибири, лесостепные острова Прибайкалья и Забайкалья, лесостепь северных предгорий Кавказа и Крыма. Больше того, мы считаем, что к одному и тому же типу ландшафта относятся не только все лесостепные комплексы Евразии, но и лесостепные комплексы Северной Америки.

Если тип фации и тип урочища являются единицами крупномасштабного картирования, тип местности – единицей среднемасштабного картирования, то тип ландшафта представляет собой единицу мелкомасштабного картирования, изображаемую обычно на обзорных картах материков или суши земного шара в целом.

Помимо *зональных типов ландшафта* (тундровый, таежный, лесостепной, степной, полупустынный и т. д.), существуют также *интразональные типы ландшафта*, встречающиеся при определенных условиях в разных географических зонах.

7.5. Проблема зонального и провинциального в физико-географическом районировании

О соотношении зонального и провинциального в ландшафтных комплексах. Ландшафтная география принадлежит к числу тех формирующихся наук, в которых многие проблемы и устанавливаемые закономерности дискуссионны, по уже сейчас можно говорить о том, что зональность и провинциальность – основные положения ландшафтоведческой науки, два важнейших свойства ландшафтной сферы.

Исключительное значение зональность и провинциальность приобретают в вопросах физико-географического районирования, и, в частности, в разработке таксономической системы ландшафтных единиц. Учет зональности и провинциальности до сих пор остается наиболее сложной и до конца не решенной проблемой физико-географического районирования. Выражением этого служит как наличие попыток разрыва зональности и провинциальности, так и недооценка одного из этих свойств ландшафтной сферы. В итоге появляются высказывания о необходимости создания самостоятельных таксономических систем по зональному и провинциальному признакам и – больше того – предлагаются таксономические системы, в которых игнорируется явление провинциальности или явление зональности.

В действительности, все ландшафтные комплексы – от самых высших до низших – несут на себе печать воздействия зонального и провинциального, представляют продукт сложного взаимодействия зональных и провинциальных закономерностей.

Провинциальность, как и зональность, была впервые намечена в работах почвоведов-географов и геоботаников. Л. И. Прасолов в 1916 г. полагал подразделением первого порядка выделение внутри почвенных зон провинций, а не подзон, как это делалось раньше. Позднее В. Л. Комаров явление провинциальности назвал меридиональной зональностью.

Успехи в изучении провинциальности на первых порах породили у некоторой части исследователей критическое отношение к идее зональности. И. П. Герасимов на

территории равнин бывшего СССР и прилегающих стран обосновал существование 9 почвенно-климатических фаций: 1. Восточносибирская фация (вечномерзлотная, подзолисто-солонцеватая). 2. Центральноазиатская (пустынно-осолоделых почв). 3. Дальневосточная (подзолисто-болотная). 4. Центральноказахстанская (солонцевато-степная). 5. Западносибирская (контактовая) (степных осолоделых почв). 6. Туранская (карбонатно-солончаковая). 7. Средиземноморская (подзолисто-красноземная). 8. Восточноевропейская (условно нормальных почв). 9. Арктическая.

В то же время (в начале 30-х гг. XX в.) Б. Б. Полынов предпочел употреблять вместо названия «зона» громоздкий термин «область распространения типов почвообразования».

От географов-почвоведов и геоботаников учение о провинциальности вошло в ландшафтоведение. В работах Л. С. Берга уже в конце 40-х гг. XX в. дана характеристика выделенных 44-х провинций на равнинах и 23-х в горах в пределах территории СССР (Мильков, 1967).

Провинциальность не стоит в противоречии и не нарушает зональность – эти понятия неразрывные, раскрывающие с разных сторон структуру ландшафтной сферы. Зональность может быть познана лишь через систему провинций, принимаемых здесь в общем, не таксономическом смысле; а провинциальность приобретает смысл и значение только на зональном фоне.

В основе зональности лежат широтные изменения климатических условий. Провинциальность как свойство ландшафтной сферы возникает в результате взаимодействия азональных (рельеф, геологическое строение) и зональных (климат, растительность, животный мир) компонентов ландшафта. Зональность в чистом виде как следствие шарообразной формы Земли немыслима даже в условиях «идеального континента». Даже при наличии совершенно однообразного рельефа и геологического строения происходит дифференциация зон под влиянием долготных изменений климата (влажные окраинно-материковые и континентальные внутриматериковые ландшафты). Эти долготные изменения климата у почвоведов находят выражение в почвенно-биоклиматических областях – совокупности почвенных зон и вертикальных почвенных структур, выделяемых внутри пояса по принципу сходства радиационных и термических условий, по характеру увлажнения и степени континентальности. Так, в бореальном (умеренно-холодном) поясе почвоведы различают следующие области: Западную лугово-лесную (в западном (Атлантическом) океаническом секторе пояса), Центральную таежно-лесную и Восточносибирскую мерзлотно-таежную (в центральном континентальном и экстраконтинентальном секторе пояса), Дальневосточную таежно-лутово-лесную (в восточном (Тихоокеанском) океаническом секторе пояса). Климат играет исключительно большую роль в проявлении одновременно и зональности и провинциальности. Долготно-климатические изменения дополняются долготными изменениями растительности, животного мира и почв. Представленная картина осложняется, наконец, часто и сильно изменяющимся рельефом и геологическим строением, которые, в отличие от предыдущих компонентов ландшафта, не обнаруживают отчетливой широтной зональности. Все это, накладываясь и взаимодействуя с широтной зональностью, дает в итоге реальное представление о строении ландшафтной сферы – систему зон, состоящих из ряда провинций, округов и районов (Мильков, 1967).

Соотношение зональности и провинциальности хорошо проявлено на примере зонального типа ландшафта и его провинциальных вариантов. Наиболее полное свое выражение зональный тип ландшафта находит при наличии средних, наиболее характерных для зоны условий климата, рельефа и грунтов. Если эти компоненты природы заметно отклоняются от средних условий, происходит формирование ландшафтов, отличных от зонального типа, и такие ландшафты представляют собой особые формы, своего рода провинциальные варианты зонального типа.

В зависимости от фактора, уклоняющегося от средних зональных условий, наблюдается три вида форм (вариантов) зонального типа ландшафта: *климатические* (влажный окраинно-материковый и континентальный внутриматериковый варианты), *высотные* (возвышенный и низменный варианты), *литологические* (лессовый, песчаный, карбонатно-глинистый, меловой и другие аналогичные варианты). Наличие большого числа форм (вариантов) ландшафта различного рода указывает на то, что в каждом данном месте, в любом географическом комплексе имеется большее или меньшее отклонение от зонального типа ландшафта. В случае наименьшего отклонения (происходит при средних, наиболее характерных для зоны условиях климата, рельефа и грунтов) проявляется *типичная форма* (вариант) зонального ландшафта. Понятие зонального типа ландшафта является понятием общим, синтетическим, сложенным из анализа всех известных форм (вариантов) ландшафта.

Перечисленные формы (варианты) зонального типа ландшафта существуют не изолированно друг от друга. Единство этих форм (вариантов) ландшафта находит свое выражение в конкретных региональных единицах – физико-географических провинциях, округах и районах. Например, в Полесье наблюдается единство влажной окраинноматериковой формы + низменной высотной формы + песчаной литологической формы зонального типа ландшафта смешанных лесов. Приднепровская террасовая лесостепь представляет единство следующих трех форм (вариантов) лесостепного зонального типа ландшафта: влажной окраинно-материковой климатической + низменной высотной + лессовой литологической. В лесостепной провинции Высокого Заволжья находят единство следующие формы (варианты) зонального типа ландшафта: континентальная внутриматериковая + возвышенная высотная + карбонатно-глинистая литологическая. Придонской известняково-карстовый район лесостепной провинции Среднерусской возвышенности следует рассматривать как единство влажной окраинно-материковой формы + возвышенной высотной формы + известняково-карстовой литологической формы лесостепного типа ландшафта

Указанное дает основание утверждать, что провинциальность представляет собой конкретное выражение явления зональности. При всем различии тайги Восточно-Европейской равнины, Западной и Средней Сибири, это один и тот же таежный тип ландшафта, и темнохвойная восточноевропейская и лиственничная среднесибирская тайга представляют не азональное, а провинциальное явление. То же можно сказать и о широколиственной лесостепи Восточно-Европейской равнины и березовой лесостепи Западной Сибири. Единство зонального и провинциального представляется в следующем порядке: зональный тип ландшафта – формы (варианты) зонального типа ландшафта – конкретные региональные единицы – провинциальность.

Различие провинциальности и азональности не отрицает и существование азональных ландшафтов. Азональны, например, известняково-карстовые ландшафты, заливные поймы рек, в ряде зон – пески. Среди компонентов ландшафта азональность хорошо выражена у рельефа и геологического строения. Но эта азональность относительная по мнению С. С. Неуструева, В. В. Алехина и других исследователей. При всем своем своеобразии и автономности известияково-карстовых ландшафтов, их природа изменяется при движении с севера на юг. Еще более заметны зональные влияния на поймах рек и песках. Сказанное позволяет некоторым ученым высказывать сомнение в законности выделения азональных ландшафтов и азональных компонентов, считая зональными все ландшафты и все компоненты ландшафта. Ф. Н. Мильков (1967) полагает, что в классификационных целях вполне целесообразно разграничение зональных и азональных ландшафтов, зональных и азональных компонентов ландшафта. Разграничение это условно и используется не больше, чем в любой другой классификации.

Таксономия региональных ланлшафтных единиц. Если конкретные ландшафты могут быть зональными и азональными, то это определение не относится к таксономическим ландшафтным единицам. Все они представляют единство зональных и азональных компонентов ландшафта. За немногими исключениями, высказанное положение является общепринятым в советской географической литературе. Таким же является и утверждение, что все таксономические региональные единицы представляют продукт сложного исторического развития, результат дифференциации ландшафтной сферы. Именно поэтому каждая региональная единица представляет собою не случайный, произвольно выбранный на местности контур, а определенное территориальное единство – ландшафтный комплекс.

Признание этих двух положений предполагает расхождение в таксономических системах региональных единиц, предложенных разными авторами (табл. 9.1). Наиболее обоснованна из них соподчиненность региональных единиц: страна – зона – провинииия – подзона – округ – район, получившая поддержку многих географов с 1958 г., хотя и она требует одного дополнения – пояса, самостоятельность которого отрицается в природе некоторыми специалистами.

Пояс как физико-географическая категория обоснован в трудах В. В. Докучаева. А. Н. Краснова, А. А. Григорьева, И. П. Герасимова. Признание его прямо вытекает из факта существования зональности ландшафтной сферы. Пояс, зона, подзона – три, хотя и разномасштабные, но сходные ландшафтные единицы, отражающие зональную структуру ландшафтной сферы. При общем сходстве, между поясом и зоной есть принципиальные различия. Ведущим фактором в формировании ландшафтного пояса служат термические условия; для зоны им является соотношение тепла и влаги. Пояс состоит из равнинных и горных классов ландшафтов; зона – это таксономическая единица только для равнинной территории.

Признание термических условий в качестве ведущего фактора не дает оснований отождествлять ландшафтные пояса с поясами термическими. Как известно, один ландшафтный пояс отличается от другого не только температурными условиями; но и атмосферной циркуляцией, характером растительности, почв, животного мира. Арктика, умеренные широты, тропики – с этими понятиями у нас всегда связывается представление не об отвлеченных термических поясах, а об определенных ландшафтных комплексах. Подтверждением сказанному служит выделение почвоведами почвенно-биоклиматических поясов, по своему содержанию близких к ландшафтным поясам. Эти пояса в понимании почвоведов представляют совокупность почвенных зон и вертикальных почвенных структур, «объединенных сходством радиационных и термических условий и сходным характером их влияния на почвообразование, выветривание и развитие растительности».

На территории СНГ почвоведы различают следующие пояса: полярный (холодный), бореальный (умеренно-холодный), суббореальный (умеренный), субтропический умеренно-теплый. У Л. А. Григорьева другая система географических поясов: арктический, субарктический, умеренный, субтропический, тропический, субэкваториальный и экваториальный.

Страна характеризуется геолого-геоморфологическим единством территории, общностью макроклиматических процессов, определенным планом широтной зональности и высотной поясности ландшафтов. В свое время практическое значение имела следующая система естественно-исторических (физико-географических) стран на территории бывшего СССР: 1) Балтийского кристаллического щита; 2) Восточно-Европейской равнины; 3) горная Карпаты; 4) Крымско-Кавказская горная; 5) горная Урал; 6) Западно-Сибирской низменности; 7) Казахская складчатая; 8) Туранская низменная; 9) Среднеазиатская горная; 10) Саяно-Алтайская горная; 11) Средне-

Сибирская плоско-возвышенная; 12) Колымо-Охотская горно-низменная; 13) Забайкальская горная; 14) Корякско-Камчатская горная; 15) Дальневосточная горно-низменная. Позже эта схема подверглась уточнению и количество стран возросло до 19 у Г. Д. Рихтера и 20 у В. И. Прокаева (Мильков, 1967).

Зона — часть равнинной страны, характеризующаяся господством в плакорных условиях одного зонального типа ландшафта. В обособлении зон внутри пояса ведущую роль играет соотношение тепла и влаги. Лесостепь и тайга Восточно-Европейской равнины и соответственно Западной Сибири представляют собой самостоятельные зоны-аналоги. Физико-географическая зона как таксономическая единица (тайга Восточно-Европейской равнины, тайга Западной Сибири, тайга Средней Сибири) есть провинциальное выражение явления зональности, понимаемого широко, в общем географическом смысле.

Провинция — достаточно крупная часть физико-географической зоны, в пределах которой особенности дол горно-климатических и геолого-геоморфологических условий накладывают заметный отпечаток на характер растительности, почв и других компонентов ландшафта. Так, зона смешанных лесов Восточно-Европейской равнины распадается на следующие физико-географические провинции: Приморскую, Белорусско-Валдайского поозерья, Предполесскую, Полесскую, Среднерусскую, Мещерскую.

Размеры провинций зависят от сложности геолого-геоморфологических условий. При однообразном рельефе и геологическом строении обособление провинций происходит в основном за счет долготно-климатических различий и они оказываются крупнее, по сравнению с провинциями, выделяемыми в местах с неоднородным рельефом и геологическим строением. По этой причине количество провинций в физико-географических зонах Западной Сибири меньше, чем в соответствующих зонах Восточно-Европейской равнины или Средней Сибири.

Подзона (полоса) – часть физико-географической провинции с достаточно выраженными зонально-широтными особенностями ландшафта. В разных провинциях одной и той же зоны количество подзон неодинаково. Например, в лесостепной провинции Среднерусской возвышенности представлены три подзоны: северной лесостепи, типичной лесостепи и южной лесостепи. В то же время соседняя провинция Донецкого кряжа расположена целиком в пределах одной подзоны – южной лесостепи.

В провинциях со сложным рельефом (особенно в горах) выделение подзон часто невозможно: внутрипровинциальные зональные различия здесь отступают на второе место по сравнению с орографическим фактором. Вместо подзон в таких провинциях различают округа – крупные, единые в орографическом и ландшафтном отношении части провинций. Подзону и округ, выделяемые не во всех провинциях, следует рассматривать в качестве необязательных единиц физико-географического районирования.

Район является низшей и неделимой далее таксономической региональной единицей, состоящей из закономерного сочетания типов местности и типов урочищ и занимающей сравнительно крупную площадь в несколько тысяч квадратных километров на равнинах. В отличие от всех других региональных единиц, район характеризуется однородностью в зональном и азональном отношении. При дальнейшем дроблении его составные части утрачивают характерные черты природы, свойственные той подзоне, провинции и зоне, куда относится район, и таким образом он «теряет свое основное географическое качество, свою основную географическую специфику, а тем самым и свое свойство как географического индивидуума данной зоны, области, подзоны, округа, высотного пояса и т. п. – по принадлежности».

Эта мысль об относительной неделимости района развита в работах А. А. Григорьева, В. Б. Сочавы, А. Г. Исаченко, Ф. Н. Милькова, В. М. Четыркина, Н. А. Солнцева и многих других географов. Внутри района различаются типы местности, типы урочищ и типы фаций – но это уже не региональные, а типологические комплексы. Различ-

ное сочетание и неодинаковая повторяемость типологических комплексов образуют структуру физико-географического района, его индивидуальное лицо.

Наиболее дробная таксономическая система ландшафтных единиц представлена В. И. Прокаевым (Мильков, 1967) для суши/материка (фация, урочище, участок, подрайон, район, округ, подзона, провинция, зона, равнины, сектор, пояс, суша/материк – Мировой океан, географическая среда) и гор (фация, урочище, участок, вертикальный пояс, горный подрайон, горный район, горный округ, горная субпровинция, горная провинция, горная область, горная страна, горы).

Характер физико-географических границ. Ландшафтные рубежи – границы физико-географических комплексов – в своей основе могут иметь зональное и азональное происхождение.

Пространственное совпадение ландшафтных границ зонального и азонального происхождения является скорее исключением, чем правилом. Таковы, например, северная граница лесостепи на участке от Рязани до Казани или северо-западная граница степной зоны на участке от Саратова до Куйбышева, где зонально-климатические рубежи накладываются на геолого-геоморфологические.

Там, где ландшафтные рубежи зонального и азонального происхождения не совпадают и пространственно удалены друг от друга, границы ландшафтных комплексов становятся неопределенными, размытыми. Степень несовпадения таких рубежей возрастает от низших единиц к высшим, а максимальные расхождения наблюдаются на границах ландшафтных поясов. Трудность для географов заключается в вопросах, к какому поясу относить северные склоны Гималаев, Альп, Большого Кавказа; следует ли эти горные системы относить к разным поясам или считать и северные и южные склоны одним регионом.

Аналогичная, хотя и в меньших масштабах, картина повторяется на границах ландшафтных зон. Геолого-геоморфологические рубежи здесь часто удалены на сотни километров от зонально-климатических. Так, северная граница лесостепи на Среднерусской возвышенности проходит в районе Калуги – Рязани, а северная граница самой Среднерусской возвышенности располагается значительно севернее: северная граница степной зоны не совпадает ни с южной границей Волыно-Подольской возвышенности, ни с северной границей Калачской возвышенности, ни с южной границей Окско-Донской низменности. Все это и способствовало тому, что некоторая часть исследователей высказалась за отрицание таксономической единицы ландшафтной зоны.

Вывод о правильности выделения ландшафтных зон подтверждает практика ведения сельскохозяйственного производства со строгим учетом зональных природных особенностей. В этом отношении на территории лесостепного юга Среднерусской возвышенности его много больше общего с лесостепной частью Окско-Донской низменности, чем с лесным севером Среднерусской возвышенности. В то же время условия для сельского хозяйства на юге Беларуси (зона смешанных лесов) и в Архангельской области (зона тайги) совершенно разные, несмотря на то, что оба района покрывались последним поозерским (валдайским) ледником.

Нельзя отрицать важности для сельскохозяйственного производства геолого-геоморфологических рубежей и при планировании агромероприятий, но только в рамках уже выделенных сельскохозяйственных зон (например, учет эродированности или заболоченности почв).

В практике же комплексных физико-географических описаний отдельных регионов иногда бывает методически оправданным не заострять внимания на зональных рубежах, особенно там, где они отличаются размытостью.

Единственной таксономической единицей, при выделении которой не возникает расхождений между зональными и геолого-геоморфологическими рубежами, является район. Границы района по своей природе являются большей частью геолого-

геоморфологическими, и они не могут расходиться с зональными рубежами, поскольку этих последних внутри подзоны нет.

Частое несовпадение зональных рубежей с азональными (геолого-геоморфологическими) породило у некоторой части географов стремление создать так называемую «двурядную» систему таксономических единиц (идея принадлежит А. Г. Исаченко). В одном ряду такой системы находят соподчинение зональные единицы, в другом азональные. В этом случае естественно-историческая зона (в широком смысле) и естественно-историческая страна не находятся в прямом соподчинении. В системе таксономических единиц физико-географического районирования А. Г. Исаченко азональный ряд образован страной и областью, или краем, по терминологии Н. А. Солнцева (Печорская, Тимансная, Северных Увалов и другие области), зональный ряд представлен зоной и подзоной. Между азональными и зональными единицами останавливаются производные связуюшие единицы (зона в узком смысле и провинция). Замыкается двурядная система ландшафтом (районом) – в равной мере производным зональных и незональных единиц и неделимым далее ни в зональном, ни в азональном отношении.

Идея «двурядной» системы таксономических единиц широкой поддержки у географов не нашла, но она представляет значительный интерес в разрешении сложной проблемы зонального и азонального в физико-географическом районировании.

Таким образом, в ландшафтной географии проявляется *закон единства зонального и провинциального*, который лежит в основе таксономической системы региональных единиц физико-географического районирования. При этом провинциальность не стоит в противоречии и не нарушает зональность, а представляет собою конкретное выражение явления зональности.

7.6. Некоторые черты структуры ландшафтной сферы и составляющих ее ландшафтных комплексов

Зональная структура – важнейшее свойство ландшафтной сферы. Подобное утверждение, по С. В. Калеснику, справедливо, если под ландшафтной оболочкой понимать обрисованную выше ландшафтную сферу – биологический фокус географической оболочки, мощность которой по вертикали не превышает нескольких сот метров. В этом случае зональность прослеживается на всех компонентах ландшафта: климате, почвах и современной коре выветривания, растительном покрове и животном мире, грунтовых водах, отчасти на формах рельефа. Однако это же утверждение теряет силу, если под ландшафтной оболочкой подразумевать, как это делает С. В. Калесник, такую оболочку Земли, вертикальная мощность которой достигает 30–55 км. Трудно говорить о зональной структуре как нижних горизонтов географической оболочки в земной коре на глубине 4–5 км от поверхности, так и верхних, расположенных в атмосфере на высоте 10 км от земной поверхности. Следовательно, *зональность является важнейшей чертой*, *характернейшей структурной особенностью не всей географической оболочки*, *а лишь ее небольшой части – ландшафтной сферы*.

Зональность не представляется в виде автономного, независимого друг от друга изменения с севера на юг отдельных компонентов ландшафта; она находит свое выражение в закономерной смене географических зон – сложных и достаточно хорошо обособленных ландшафтных комплексов. На плоских равнинах границы географических зон приобретают значение важнейших природных рубежей, разделяющих качественно отличные типы ландшафта. На границе зон незаметные количественные изменения, постепенно нарастающие в широтном направлении, вызывают коренную качественную перестройку ландшафта. Первостепенная роль в накоплении

этих количественных изменений, приводящих на границах зон к скачку, принадлежит климату, а в последнем – соотношению тепла и влаги. Каждая географическая зона характеризуется определенным соотношением тепла и влаги, которое сильнейшим образом воздействует на процессы почвообразования, растительность и другие компоненты ландшафта.

Морской и континентальный спектры зональности. Ведущим фактором, определяющим зональность ландшафтной сферы, является климат. Однако климатические условия на суше зависят не только от географической широты, но и от ряда других условий. Особенно большое воздействие на климат суши оказывают океаны: окраинные части материков лучше увлажнены по сравнению с внутриматериковыми районами, отличающимися резкой континентальностью климата. Изменения климата, наблюдающиеся при движении от окраин материков к их внутренним частям, сопровождаются не менее значительными изменениями других компонентов ландшафта. В итоге возникают, по крайней мере, две климатические формы (варианта) одного и того же зонального типа ландшафта: влажная окраинно-материковая и континентальная внутриматериковая. Наряду с климатическими формами одного и того же ландшафта, на окраинах материков и во внутриматериковых районах возникают свои специфические, неповторяющиеся типы ландшафта. Так, например, в умеренном поясе зона широколиственных лесов с бурыми лесными почвами свойственна только окраинам материков с влажным морским климатом, а зона пустынь – внутриматериковым районам с континентальным климатом. Вследствие этого зональность ландшафтной сферы на суше проявляется в виде двух самостоятельных спектров: морского и континентального.

Морской спектр зональности при движении с севера на юг представлен следующими географическими зонами: ледяная тундра – смешанные леса – широколиственные леса – средиземноморская – субтропические влажные леса – гилей (влажные тропические леса).

Континентальный спектр зональности при движении с севера на юг образован в значительной мере другими зонами: ледяная тундра – лесотундра – тайга – лесостепь – степь – полупустыня и пустыня умеренного пояса – их субтропические и тропические аналоги (например, пампасы – субтропический аналог степей умеренного пояса, саванны – тропический аналог лесостепи и т. д.).

Морской спектр зональности наиболее полно выражен в местах, где суша омывается теплыми океаническими течениями и где имеет место ясно выраженный горизонтальный перенос воздушных масс с океана на материк. В тех же окраинно-материковых районах, которые омываются холодными течениями и имеют перенос воздушных масс, направленный с материка на океан, возникает своеобразная климатическая обстановка с резко выраженным недостаточным увлажнением. По этой причине морской спектр зональности нарушается и прямо к океаническому побережью выдвигаются зоны континентального спектра. Это наблюдается в области северного и южного тропиков с пассатной циркуляцией атмосферы. Так, в районе холодного Канарского течения пустыня Сахара выходит непосредственно на побережье Атлантического океана, холодное Бенгальское течение у юго-западных берегов Африки обусловливает образование прибрежной пустыни Намиб, холодное Перуанское течение сопровождается на западном побережье Южной Америки одной из самых засушливых областей мира – пустыней Атакама.

Широтная зональность ландшафтов очень отчетливо прослеживается в условиях равнинного рельефа, а в горах она уступает место вертикальной зональности. Впервые мысль о существовании вертикальных зон в горах высказана В. В. Докучаевым в 1896 г., а затем учение о вертикальной зональности ландшафтов в горах получило развитие в трудах многих почвоведов, геоботаников и физико-географов.

В основе широтной зональности на равнинах и вертикальной зональности в горах лежит климатический фактор, различное поступление солнечного тепла. Однако причины смены климатических условий на равнинах и в горах, совершенно разные: в первом случае это изменение географической широты, во втором – изменение абсолютной высоты местности. С учетом принципиальных различий между широтными географическими зонами на равнинах и вертикальными зонами в горах вертикальные зоны именуются высотными зонами (поясами).

Чтобы решить вопрос о том, идентична ли высотная поясность в горах широтной зональности на равнинах, следует выяснить другое: является ли широтная зональность свойством только равнинных ландшафтов или же она в такой же мере характерна и для горных ландшафтов. Анализируя с этой точки зрения ландшафты горных стран, вытянутых на большие расстояния по меридиану, не трудно убедиться, что зональность в одинаковой мере снойственна как равнинным, так и горным ландшафтам. Так, на тихоокеанском побережье Азии от Чукотки до Корейского полуострова господствуют горы высотой до 1500–2000 м и выше; затерявшиеся среди них низменные равнины выглядят «азональным» явлением, не нарушающим общего горного ландшафта территории. И тем не менее здесь легко можно проследить смену географических зон в такой последовательности: тундра – лесотундра – тайга – смешанные леса – широколиственные леса – влажные субтропические леса. Если на равнинах географические зоны обособляются вследствие качественных изменений ландшафта в одной плоскости – горизонтальной, то в горах те же географические зоны обособляются вследствие качественных изменений ландшафта в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Качественные изменения горного ландшафта в горизонтальной плоскости обнаруживаются во всех вертикальных поясах, но лучше всего они выражены в нижних, приближающихся по своему высотному положению к ландшафтам равнин. В верхних высотных поясах качественные изменения ландшафта, связанные с широтной зональностью, становятся менее заметными. Общеизвестно, что климат и другие компоненты высокогорных ландшафтов сближаются между собой, несмотря на их территориальную удаленность и даже принадлежность к разным географическим зонам. Тем не менее широтно-зональные различия наблюдаются и у высокогорных ландшафтов. Так, если на севере и в средней части России вершины гор покрыты горными тундрами, то на юге России горных тундр нет, они замещаются субальпийскими и альпийскими лугами. В горах субтропиков развиты пояса колючетравий и подушечников, которых нет в умеренном поясе. Для высоких вершин экваториальных широт характерен пояс парамос, отсутствующий в субтропиках. Сходство широтной зональности горных ландшафтов с широтной зональностью ландшафтов равнин проявляется далее в существовании влажной окраинно-материковой и континентальной внутриматериковой климатических форм (вариантов) высокогорного ландшафта. На этом основании типы высотной поясности на территории России делятся на два варианта: приморский и континентальный (Милысов, 1967).

Таким образом, качественные изменения горного ландшафта в вертикальной плоскости выражаются в том, что каждой географической зоне присущ свой особый зональный тип высотной поясности ландшафтов. Выявлению типов высотной поясности почв и растительности посвящены специальные работы В. М. Фридланда и К. В. Станюковича.

Структура высотной поясности признается ландшафтоведами одним из важнейших принципов физико-географического районирования горных стран.

Зональный тип ландшафтной поясности — это закономерное для данной географической зоны сочетание высотных поясов, последовательно сменяющих друг друга от подножий гор к вершинам. Если каждой географической зоне на равнине присущ

свой особый тип ландшафта, то для каждой горной географической зоны характерен свой особый тип ландшафтной поясности.

Критерием для отнесения территории к тому или иному зональному типу ландшафтной поясности служит наличие на высоте около 400 м над уровнем моря и выше определенного типа ландшафта – таежного, степного, полупустынного и т. д. Именно этот нижний высотный пояс, отражающий ярче и полнее всего природные условия данной географической зоны, и является решающим для установления принадлежности территории к тому или иному зональному типу ландшафтной поясности. Что касается верхних высотных поясов, то количество и степень выраженности их зависит от многих привходящих факторов – высоты гор, экспозиции склонов и т. д., вследствие чего они и не могут иметь решающего значения для определения зонального типа ландшафтной поясности.

Зональных типов ландшафтной поясности в природе сравнительно немного, и их количество соответствует числу географических зон. Как и зональный тип ландшафта равнин, влажный зональный тип ландшафтной поясности имеет влажную и континентальную форму (вариант). Только если у зонального типа ландшафта с этими климатическими формами (вариантами) связано представление об окраинно-материковых и внутриматериковых районах, удаленных друг от друга нередко на тысячи километров, то у зонального типа ландшафтной поясности влажная и континентальная формы могут территориально соседствовать друг с другом. В горах Монголии и Средней Азии склоны северной и северо-западной экспозиции отличаются меньшей сухостью и повышенным увлажнением по сравнению со склонами южной экспозиции; поэтому лесной пояс, характеризующийся здесь в общем слабой выраженностью, развит только на склонах северной экспозиции и отсутствует на склонах южной экспозиции. Несмотря на эти различия, поясность и северных и южных склонов гор Монголии относится к одному зональному типу ландшафтной поясности — полупустынному, хотя и к разным его климатическим формам (вариантам).

Наряду с зональными типами высотной поясности, существуют *провинциальные структуры высотной поясности*, своим появлением обязанные провинциальным особенностям ландшафта. Высотная поясность северного Урала и хребтов Восточной Сибири — пример различных провинциальных структур зонально-таежного типа высотной поясности ландшафтов.

Следовательно, высотная поясность ландшафтов в горах не идентична широтной зональности ландшафтов на равнинах. Это одна из сторон явления широтной зональности горных ландшафтов. Исходя из этого, горные ландшафты нельзя рассматривать как азональные образования. Есть географические зоны равнин, отличающиеся сравнительно простой структурой, и есть географические области горных стран, характеризующиеся более сложной структурой, меняющейся в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Вертикальная дифференциация равнинных ландшафтов. Структура равнинных ландшафтов кажется простой и не сложной лишь на первый взгляд и притом в сравнении с горными ландшафтами. При более внимательном изучении равнинных ландшафтов выясняется, что и у них замечаются изменения ландшафта не только в горизонтальной, но и вертикальной плоскостях.

Например, ландшафтные зоны Восточно-Европейской равнины слагаются из низменных равнин, с абсолютными отметками не выше 200 м, и возвышенностей, поднимающихся до 300–400 м. Даже рядом расположенные возвышенности и низменности, находящиеся внутри одной ландшафтной зоны, резко отличаются друг от друга в ландшафтном отношении. Так, возвышенности лесостепной зоны (Волыно-Подольская, Среднерусская, Приволжская) увлажнены лучше расположенных рядом низменно-

стей. Почвы возвышенностей сильнее выщелочены и более эродированы, чем почвы низменностей. В отношении растительности возвышенности выделяются повышенной лесистостью на фоне остепненных низменностей. Разной была история развития ландшафтов возвышенных и низменных районов лесостепи. Возвышенности заключают в себе элементы древней доледниковой лесостепи, они на протяжении голоцена были флористическими центрами, питавшими соседние низменности. Лесостепной ландшафт низменностей, наоборот, молодой, в истории его развития наблюдалась болотно-луговая стадия, которой не проходили лесостепные ландшафты расчлененных возвышенностей.

В лесной зоне рельеф и геологическое строение вызывают не менее значительные изменения в ландшафте. Полесье, Мещера, Верхневолжская и Приильменская низменности очень мало похожи на расположенные рядом Валдайскую возвышенность или Клинско-Дмитровскую гряду. Однообразная песчаная равнина с густыми хвойными лесами, болота с угнетенной сосной, широкие ленты камышей в руслах рек, озеро с черными торфяными берегами – таков, например, ландшафт Мещерской низменности. Полной противоположностью низинам является ландшафт Клинско-Дмитровской гряды – волнистая равнина, сложенная суглинистой мореной, местами переходит в нагромождение высоких холмов с синеющими озерами в понижениях; среди распаханных полей выделяется темная зелень дубрав и смешанных лесов. Заболоченные низменности лесной зоны (Полесья) в большинстве своем были приледниковыми водоемами: а в послеледниковое время они шли по пути эволюции низинных болот в сырые разреженные березняки и, наконец, заболоченные хвойные леса. Возможно, что в котловинах и низинах рельефа на севере смешанных лесов дуб и его спутники никогда не произрастали. Широколиственные леса на севере зоны смешанных лесов приурочены чаще всего к вершинам расчлененных возвышенностей.

Приведенные примеры достаточно убедительно показывают существование резких внутризональных нарушений ландшафта равнин, связанных с геоморфологическими условиями. Подобные качественные изменения природы ландшафта, обусловленные геоморфологическими различиями на равнинах, называются *вертикальной дифференциацией*. Последняя на равнинах, обнаруживая сходство с вертикальной зональностью в горах, отличается от нее тем, что она не связана со значительными изменениями абсолютной высоты и не влечет за собой глубоких нарушений ландшафта, ограничиваясь его внутризональными изменениями.

Вертикальная дифференциация ландшафтов есть результат прежде всего геоморфологических, а потом уже климатических различий между плоскими низменностями и пересеченными возвышенностями.

На юге Восточно-Европейской равнины, в лесостепной и степной зонах, где испаряемость превышает годовую сумму атмосферных осадков, вертикальная дифференциация выражена наиболее резко. Она имеет здесь вид *прямой* вертикальной дифференциации, и резкость ее обусловлена тем, что геоморфологические условия и климат, изменяющиеся в связи с колебанием высот, оказывают односторонне направленное воздействие на ландшафт, продвигают на юг северные элементы ландшафта в виде оподзоленных почв, островов леса, лесных животных и т. д.

В северной части Восточно-Европейской равнины, при положительном балансе влаги, хорошо дренированные возвышенности продвигают на север южные элементы ландшафта. Вертикальная дифференциация ландшафтов здесь принимает вид *обратной* вертикальной дифференциации, выражающейся в том, что южные элементы ландшафта (представители южной фауны, широколиственные леса в лесной зоне или лесные острова в лесотундре) избирают возвышенные местообитания, замещаясь на низменных равнинах представителями более северного ландшафта.

Смена «прямой» вертикальной дифференциации на «обратную» в лесной зоне и в лесотундре вызвана изменением баланса влаги от резко отрицательного на юге к положительному на севере.

Ясно выраженная вертикальная дифференциация ландшафтов составляет характерную черту Восточно-Европейской равнины с ее сложным рельефом и значительными колебаниями относительных высот. Местами вертикальная дифференциация ландшафтов на Восточно-Европейской равнине перерастает в вертикальную зональность. Это наблюдается на восточном склоне Приволжской возвышенности, где южнее Саратова полупустынный ландшафт по левобережью Волги почти вплотную граничит с лесостепью, характерной для «водораздельных плато Приволжской возвышенности. На долю степного типа ландшафта остается узкая полоса по крутому восточному склону возвышенности.

С вертикальной дифференциацией ландшафтов тесно связано явление *двухъярусной структуры равнинных ландшафтов*. Нижний ландшафтный ярус характеризуется пониженным топографическим положением, расчлененным рельефом, выходом на поверхность относительно древних коренных пород, смытыми почвами, разнообразным составом растительных группировок, часто присутствием реликтовых видов. Верхний ландшафтный ярус обычно занимает более возвышенное положение, рельеф его менее расчленен, древние коренные породы здесь чаще всего перекрыты более молодыми, смытые почвы занимают небольшие площади.

Двухъярусность ландшафтов обязана своим возникновением эрозионно-денудационным процессам. Она тем лучше развита, чем более зрелым является эрозионный рельеф. По этой причине двухъярусность ландшафтов лучше всего выражена на юге и в центре Восточно-Европейской равнины и значительно слабее на севере равнины, в области распространения ледниково-аккумулягавного рельефа. При прочих равных условиях двухъярусность более характерна для возвышенностей нежели для плоских низменностей.

Таким образом, зональная структура представляет важнейшее свойство не всей географической оболочки Земли, а лишь одной ее части — ландшафтной сферы.

Ведущим фактором, определяющим зональность ландшафтной сферы, является климат. Вследствие климатических различий зональность ландшафтной сферы на суше проявляется в виде двух самостоятельных спектров: морского и континентального.

Зональность составляет характерную черту не только равнинных, но и горных ландшафтов. Высотная поясность ландшафтов в горах не идентична широтной зональности ландшафтов на равнинах. Если каждой географической зоне на равнинах присущ свой особый зональный тип ландшафта, то для каждой географической зоны в горах характерен свой особый зональный тип высотной поясности ландшафтов.

Провинциальные ландшафтные различия внутри зон ведут к обособлению провинциальных структур высотной поясности.

Структура равнинных ландшафтов обличается большей простотой по сравнению с горными ландшафтами. Тем не менее и на равнинах наблюдаются значительные различия в ландшафтах, вызванные неоднородностью геолого-геоморфологических условий. Это находит свое выражение в явлении вертикальной дифференциации и двухъярусной структуре равнинных ландшафтов.

ГЛАВА 8

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ

Литосфера (от греч. литос – камень и сфайра – шар) – это внешняя сфера «твердой» Земли, включающая *земную кору* и подстилающий ее *верхний слой мантии*, представленный породами ультраосновного (перидотит и пироксенит) и основного (эклогит) состава. Нижняя граница литосферы проводится над атеносферой. До 60-х гг. XX в. литосфера понималась как синоним земной коры.

Земная кора самая верхняя из твердых оболочек Земли. Ее нижней границей является поверхность раздела, при прохождении которой сверху вниз продольные сейсмические волны скачком увеличивают скорость с 6,7–7,6 до 7,9–8,2 км/с (поверхность Мохоровичича, или Мохо, отделяет земную кору от верхней мантии). Это признак смены менее упругого материала более упругим и более плотным. Земная кора различна на материках и под океаном.

Материковая земная кора обычно имеет толщину 35–45 км, в областях горных стран – до 70 км. Верхнюю ее часть составляет прерывистый осадочный слой, состоящий из разновозрастных неизмененных или слабоизмененных осадочных и вулканических горных пород. Слои нередко смяты в складки, разорваны и смещены по разрыву. На щитах осадочная оболочка отсутствует. Вся остальная толща материковой земной коры разделяется по скоростям сейсмических волн на две части: верхняя – гранитный слой (скорость продольных волн до 6,4 км/с) сложен преимущественно гранитами и гнейсами, нижняя – базальтовый слой (6,4–7,6 км/с) представлен базальтами, габбро и очень сильно метаморфизованными осадочными породами. Оба эти слоя разделены поверхностью Конрада, при переходе которой скорости сейсмических волн резко возрастают. В земной коре с глубиной уменьшается содержание кремнезема и возрастает содержание окислов железа и магния; еще в большей степени это имеет место при переходе от земной коры к мантии (рис. 8.1).

Океаническая земная кора имеет толщину 5–10 км (вместе с толщей воды – 9–12 км) и разделяется на три слоя: под тонким (менее 1 км) слоем морских осадков лежит «второй» слой со скоростями продольных сейсмических волн 4–6 км/с, его толщина 1–2,5 км. Он сложен серпентинитом и базальтом с прослоями осадков. Нижний «океанический» слой толщиной в среднем около 5 км имеет скорости прохождения сейсмических волн 6,4–7,0 км/с; он сложен габбро.

Толщина слоя осадков на дне океана изменчива, местами их нет вовсе. В переходной зоне от материка к океану наблюдается земная кора переходного (промежуточного) типа.

Земная кора подвержена постоянным движениям и изменениям. В ее необратимом развитии подвижные области (геосинклинали) превращаются путем длительных преобразований в относительно спокойные области (платформы). Главные причины развития земной коры лежат в более глубоких недрах Земли. Земная кора близка к состоянию изостазии (равновесию): чем тяжелее (т. е. толще или плотнее ее участок), тем глубже он погружен в мантию. Тектонические силы нарушают изостазию, но когда они ослабевают, земная кора возвращается к равновесию.

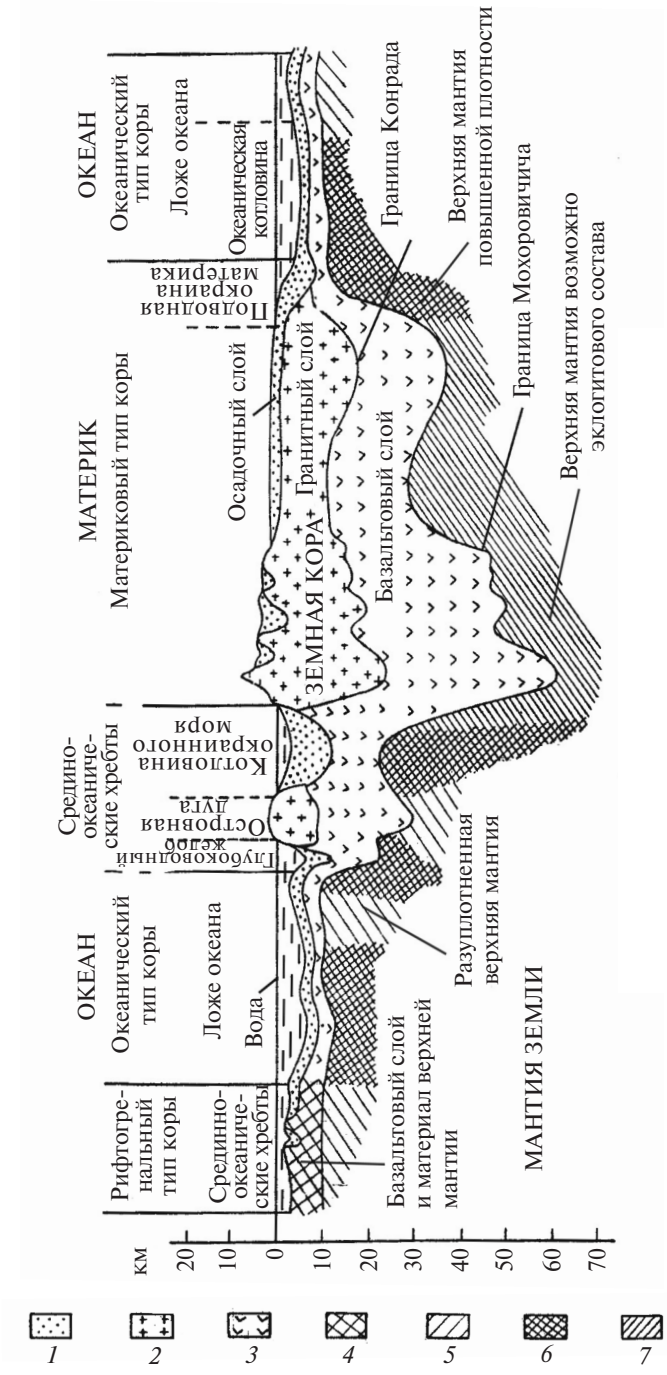


Рис. 8.1. Общая схема строения земной коры под океанами и материками (по Хаину, 1964, с изменениями и добавлениями):

1 – осадочный слой, под океанами объединенный со «вторым слоем»; *2* – гранитный слой; *3* – базальтовый слой; *4* – смесь базальтового слоя с материалом верхней мантии; *5* – разуплотненная верхняя мантия; *6* – верхняя мантия повышенной плотности; *7* – верхняя мантия

8.1. Проблемы земной коры

Хозяйственная деятельность человека в течение нового периода существенно сказалась даже на таком относительно консервативном компоненте, как литогенная основа. В настоящее время человеком освоено и эксплуатируется 56 % поверхности суши, наиболее интенсивно – около 15 % площади планеты. Из недр Земли ежегодно извлекается более 100 млрд т руды, горючих ископаемых и строительных материалов. Неузнаваемо меняется облик самих горно-рудных районов, где из промышленного и сельскохозяйственного использования изымаются тысячи гектаров земель. Интенсивное городское строительство и добыча ископаемых вызывает просадку грунтов (весьма опасно для проложенной системы коммуникаций), изменение условий увлажнения (как понижение, так и повышение уровня грунтовых вод) и ряд других последствий. В районах разработки соленосных толщ особенно интенсивно происходит засоление почв, снижение роста и гибель растений, уменьшение численности животных, ухудшение состояния здоровья человека.

Все, что когда-либо было изготовлено, сделано или родилось на Земле, рано или поздно будет захоронено. Объемы, предназначенные под разного рода хранилища и захоронения, постоянно растут. Однако время от времени возникают проблемы, связанные с тем, что содержимое хранилищ оказывается далеко за его пределами. Причина установлена в результате эксплуатации геофизического метода спектрально-сейсморазведочного профилирования (ССП), предназначенного для выявления и картирования зон тектонических нарушений (ЗТН). Так сложилось, что за период бурного развития науки и техники менее всего познанной осталась основа всех основ, источник материальных ресурсов и родина человечества – Земля. Только недавно возникли вопросы о нуждах и безопасности нашей планеты, нанесенном ей уроне. У нашей планеты есть зоны, к которым следует относиться с особой осторожностью. Это скрытые от глаз каналы, по которым распространяются как природные, так и запущенные человеком субстанции. И при попадании в эти каналы высокотоксичных или радиоактивных веществ воздействие их распространяется очень далеко.

С помощью метода ССП удалось установить нахождение на огромных глубинах под землей каналов, по которым происходит миграция воды и других жидких и газообразных субстанций. Эти каналы приурочены к тектоническим нарушениям, а грунт, находящийся непосредственно в ЗТН, обладает свойствами зыбучих песков. Что-либо построенное в этих зонах начинает неудержимо проваливаться в землю, и в связи с этим происходят разного рода разрушения.

Как оказалось, горные породы в зонах тектонических нарушений находятся в состоянии постоянных пульсаций планетарного происхождения. Перекрывая тектонические нарушения, эти породы находятся в состоянии постоянных микроперемещений отдельных частиц сверху вниз и направлены на «залечивание» разрывных нарушений в кристаллических породах. В результате горные породы в ЗТН нарушены настолько, что при разведочном бурении выход керна оказывается минимальным.

Повышенная нарушенность пород в ЗТН вызывает повышенную их проницаемость. Породы в ЗТН проявляют свойства каналов, по которым возможна миграция жидких и газообразных субстанций как снизу вверх, так и сверху вниз, и в частности наличие в этих зонах всплеска глубинного радона. Многие из выходящих из земли газов вредно воздействуют на здоровье людей, а проживание в местах с наличием ЗТН (геопатогенных зонах) связано с возникновением тяжелых болезней.

Это же свойство пород в ЗТН используется уже много лет для извлечения из земли глубинной напорной воды. Выявление ее месторождений – одна из важнейших задач такой науки, как гидрогеология. Вода в земной толще мигрирует в водоносных гори-

зонтах, а пополнение запаса воды в них, согласно общепринятым представлениям, осуществляется в результате выпадения атмосферных осадков. Однако этим взглядам противоречат реальные наблюдения. При бурении в ЗТН в скважину под сильным напором поступает вода и выходит зачастую самоизливом, без помощи насоса. Напор воды не уменьшается даже в засушливое лето. То есть источником грунтовых вод являются некие резервуары, находящиеся на весьма большой глубине. В некоторых местах эта вода сама выходит на поверхность в виде родников, а там, где этому препятствуют глиносодержащие породы, бурение последних обеспечивает исток воды из земли.

Наличие в земной толще вертикальных проницаемых структур приводит к тому, что из земли на ее поверхность выходят содержащиеся там жидкие и газообразные субстанции, а жидкие фракции захороненных на поверхности отходов уходят вглубь. В ЗТН на полигонах для захоронения высокотоксичных отходов химического производства даже глинистые породы мощностью примерно 20 м не являются водоупорами. Поэтому вылитые отходы в котлованы в толще глины, а также в другие сооружения, которые под воздействием планетарной пульсации теряют герметичность, проникают в проницаемые породные каналы, распространяются по ним на огромные расстояния и могут проявиться на соседних территориях.

В ЗТН вылитая на землю жидкость особо быстро уходит в грунт. Это явление используется пользователями загородных участков для обустраивания в таких местах разного рода сливов, что приводит к загрязнению воды, получаемой из весьма глубоких скважин, и иногда на достаточно больших расстояниях. Принимаются особые меры для создания таких конструкций-емкостей для хранения особо опасных отходов, чтобы они не разрушались и не теряли герметичность. Несмотря на все усилия, утечка захороненных веществ не уменьшается.

Надежда на то, что с увеличением глубины хранилища (порядка километра) уменьшится опасность их распространения и заражения, ошибочна. Если в пределах шахты окажется зона тектонического нарушения, то находящиеся там емкости с захороненным веществом потеряют герметичность и будут разрушаться. Чем глубже будет шахта, тем больше будет зараженное пятно и тем быстрее в соседних районах аппаратура зарегистрирует его приближение. Заражение в результате утечки радиоактивных отходов из этих гигантских могильников может иметь глобальный характер, и свести риск этого заражения к минимуму можно единственным способом – своевременным картированием ЗТН.

Проблема загрязнения литосферы твердыми бытовыми отходами (ТБО). В настоящее время по масштабам накопления и по степени негативного воздействия на окружающую среду основными видами загрязнения литосферы стали твердые бытовые и промышленные отходы. На одного жителя в городе в среднем приходится примерно по 1 т/год твердых отходов, причем этот показатель ежегодно растет. Сбор, удаление, детоксикация, переработка и утилизация ТБО – одна из главнейших задач инженерной защиты окружающей природной среды. Существует несколько основных понятий при работе с отходами:

- *утилизация отходов* (от лат. утилис – полезный) – вовлечение отходов в новые технологические циклы и дальнейшее их хозяйственное использование, утилизация промышленных отходов – их использование в качестве вторичного сырья, топлива, удобрений и т. п.;
- *реутилизация* – повторная, иногда многократно-последовательная переработка образовавшихся ранее отходов;
- *захоронение отходов* – помещение их под землю в специально созданные выемки, брошенные угольные шахты и прочие места в целях исключения возможности

их дальнейшего использования и предотвращения попадания загрязняющих веществ в окружающую среду;

● *детоксикация* (*обезвреживание*) *отходов* – освобождение их от вредных (токсичных) компонентов на специализированных установках.

Важна защита среды обитания как от обычных (т. е. нетоксичных) твердых бытовых и промышленных отходов, так и от радиоактивных и диоксинсодержащих отходов, размещение которых на урбанизированных территориях уже сейчас также имеет первостепенное значение.

В отечественной и мировой практике наибольшее распространение получили следующие методы переработки ТБО:

● строительство полигонов для захоронения и их частичной переработки;

● уничтожение на мусоросжигающих заводах;

● компостирование (с получением ценного азотного удобрения или биотоплива);

● ферментация (получение биогаза из животноводческих стоков и др.);

● предварительная сортировка, утилизация и реутилизация ценных компонентов;

● пиролиз (высокомолекулярный нагрев без доступа воздуха) ТБО при температуре 1700 °С.

Наиболее приемлемым методом следует признать строительство полигонов для организованного и санкционированного хранения отходов и частичной их переработки (в основном методом прямого сжигания). Конструктивные схемы допускают высоту полигонов до 60 м и послойное его заполнение с помощью бульдозеров. При определенных условиях (инертность, слабая токсичность) совместно с ТБО могут складироваться и промышленные отходы. Особое внимание обращают на гидроизоляцию полигонов для исключения попадания загрязняющих веществ в подземные воды. Срок полного обезвреживания отходов – 50–100 лет.

Химическое загрязнение – одно из самых серьезных и наиболее распространенное загрязнение на сегодня, поскольку химия нашла широкое применение во многих сферах жизни человека, но не везде это пошло на пользу ему или природе.

Чтобы очистить воду от примесей и устранить бактерии, вирусы и другие микроорганизмы, ее стали пропускать через всевозможные фильтры и растворять такое количество химических элементов, что перед ними не устояли даже самые живучие бациллы. Убив все микроорганизмы, очистив воду от всех необходимых организму веществ, человек ослабил тем самым иммунитет и передал по наследству гены ослабленного организма.

В сельском хозяйстве для поднятия урожайности и мерам по снижению размножения вредителей человек вносит в почву химические удобрения и яды, которые вместе с уцелевшими от вредителей продуктами неизбежно попадают в человеческий организм.

К химическому загрязнению относятся также и вовсе катастрофические явления, которые, к сожалению, становятся обыденными в современном мире: разливы нефти из-за повреждений емкостей транспорта или нефтепроводов, ее возгорание, выбросы в атмосферу отходов химической промышленности и т. д.

Главными опасностями радиационного загрязнения в связи с развитием атомной энергетики и применения атомного оружия, являются:

● необратимость загрязнения – оно может сохраняться от нескольких дней до миллионов лет в зависимости от длительности периода распада радиоактивных веществ;

● смертельное радиационное воздействие на человека не сразу им ощущается, но даже небольшого промежутка времени достаточно для ослабления организма и развития тяжелых болезней, которые рано или поздно приведут к смерти;

● результатом облучения может стать изменение генетического кода человека, который, передаваясь потомкам, может привести к мутациям, болезням и смерти.

Деградация почв. Почва – хранительница плодородия и жизни на Земле. Для образования ее слоя толщиной в 1 см необходимо 100 лет, но он может быть потерян всего за один сезон бездумной эксплуатации земли человеком. До того как человек начал заниматься сельскохозяйственной деятельностью, реки ежегодно сносили в океан 9 млрд т почвы, а при содействии человека – 25 млрд т/год. Все большую опасность приобретает явление почвенной эрозии, плодородных почв становится на планете все меньше и жизненно важно сохранить и не допустить исчезновения этого единственного слоя земной литосферы, на котором могут расти растения.

В естественных условиях причинами эрозии почв (выветривание и вымывание верхнего плодородного слоя), которые еще более усугубляются человеком и теряются в объеме миллионов гектаров, являются:

- индустриализация, строительство зданий и дорог;
- неправильная эксплуатация земли, направленная на максимальное ее использование до уровня непригодного пустыря;
- химическое и промышленное загрязнение;
- вырубка лесов, защищающих почву от выветривания и вымывания;
- сооружение плотин ГЭС, перед которыми происходит заболачивание, а ниже их – пересыхание почвы;
- добыча из недр Земли тонн пород, в составе которых находятся почти все химические элементы, в том числе и радиоактивные вещества.

Претерпела сильные изменения структура земельного фонда. Наивысшая степень освоенности территории в Европе, где наибольший процент земельного фонда используется в качестве пахотных угодий, большие площади заняты травяно-кустарниковыми пастбищами и лугами вторичного происхождения, возникших на месте сведенных человеком лесов. Большие площади земель вовлечены в сельскохозяйственное производство в Азии, Северной и Центральной Америке, Африке.

Интенсивное вовлечение земель в сельскохозяйственное производство должно сочетаться со строгим выполнением научно обоснованной системы мероприятий по их охране, рациональному использованию и повышению производительности. Даже на склонах относительно небольшой крутизны при неправильной пахоте (вдоль склона) интенсивно развивается водная эрозия, смывая плодородный гумусовый горизонт. На склонах большей крутизны появляются промоины, овраги, которые делают пахотные угодья непригодными для использования. В аридных областях серьезную опасность представляет ветровая эрозия. В пыльную бурю может сноситься слой почвы толщиной до 7–10 см (Юренков, 1982), а в целом в атмосферу ежегодно попадает до 500 млн т пыли (Никитин, Новиков, 1980).

Преобразование рельефа. Проблемы литосферы касаются и вопросов **преобразования рельефа**, созданного природными процессами (оледенениями в области развития неоднократных Скандинавских ледниковых покровов, а за их пределами – выветриванием пород и эрозией: разрушения, накопления и преобразования в предшествовавшее им время), а также в связи с хозяйственной деятельностью человека, приведшей к ***формированию антропогенного рельефа*** (горные выработки и др.).

Важная роль в преобразовании рельефа принадлежит эрозионным процессам, в особенности в горных системах (при селевых потоках, смещающих массы почвенного слоя и растительности, разрушающих постройки и дороги, угрожающие жизни людей), а на равнинах – в виде водной эрозии (подмыв и образование крутых берегов рек наряду с формированием отмели и намыва противоположного берега, выработка меандр, подмыв и разрушение морских берегов и пр.), эоловой эрозии (постоянное образование и перемещение дюн), развитие оврагов, с которыми человеком ведется постоянная борьба за их закрепление.

8.2. Биогенное рельефообразование

В формировании и преобразовании дневной поверхности важную роль играют живые организмы, которые приурочены к относительно тонкой оболочке Земли (биосфере), включающей в себя верхнюю часть литосферы (до глубины 2–3 км, возможно, до 5 км) и тропосферу. По мнению некоторых ученых, верхняя граница биосферы совпадает с озоновым экраном. Биосфера сформировалась около 3–3,5 млрд лет назад с появлением жизни на Земле. И хотя в настоящее время оболочка, в которой живут организмы, невелика, с учетом длительной истории развития можно считать, что практически вся земная кора испытала на себе их воздействие.

Общий объем биомассы составляет $2{,}42–10^{12}$ т. Его образуют автотрофные организмы (продуцируют органическое вещество за счет CO_2 воздуха, минеральных веществ почвы и солнечной энергии), гетеротрофные организмы (бактерии и животные разрушают вновь создаваемую органику и возвращают в атмосферу газы), растворенное органическое вещество (промежуточный продукт минерализации органики, возникающий при гидролизе клеток) (Страхов, 1962).

В результате деятельности живых организмов накапливаются следующие продукты:

- органические соединения биосинтеза (белки, углеводы, пигменты и др.);
- органогенные породы (каустобиолиты – уголь, нефть, торф, газ и др. и акаустобиолиты – известняки, кремнистые породы и др.);
- биокосные образования (почвы, атмосферные газы, воды, минералы).

В целом биомасса и продукты биогенеза составляют малые доли процента от массы земной коры, однако их роль в рельефообразующих процессах (морфогенезе) весьма велика и важна, даже если исключить из анализа деятельность человека. Помимо осадконакопления, живые организмы определяют состав атмосферы и в значительной степени гидросферы. Так, современные растения ежегодно усваивают из атмосферы около 170 млрд т CO_2, фотохимически разлагают 130 млрд т H_2O, выделяют 115 млрд т O_2. Состав атмосферы в свою очередь влияет на климат, а последний определяет ход выветривания горных пород. На начальных этапах геологической истории Земли с низкой концентрацией кислорода в атмосфере преобладало физическое выветривание, с ростом же содержания O_2 большую роль начало играть химическое выветривание. Живые организмы участвуют и в других формах преобразования горных пород и минералов – переносе материала механическим путем, в растворенной и коллоидной форме, осаждении его и вторичном изменении (диагенезе).

Биогенный морфогенез протекает по нескольким направлениям:

а) в результате накопления органогенных пород возникают своеобразные, иногда значительные по площади типы рельефа (*коралловые рифы*, *торфяники*, *равнины*, *сложенные биогенными известняками* и др.);

б) в дневной поверхности отражена непосредственная деятельность живых организмов (*термитники*, *муравейники*, *норы* и др.);

в) биогенные процессы могут активно воздействовать на другие геоморфологические агенты и вызывать преобразование рельефа (животные, нарушая растительный покров и верхнюю часть почвенных горизонтов, ускоряют эрозию; развитие растительности в десятки и сотни раз замедляет ход эрозионных процессов; растительный покров активно влияет на деятельность ветра, может способствовать уплотнению пород, понижению их влажности и вторичному засолонению. Следовательно, рельеф Земли в широком понимании создан при непосредственном участии биогенного фактора. Однако на фоне значимой его роли необходимо учитывать и более конкретную ха-

рактеристику исследуемых регионов. Так, исходя из истории формирования верхней части платформенного чехла Беларуси, дневная поверхность этого региона в основном сформирована в результате деятельности покровных ледников, а на отдельных ее участках и собственно биогенный рельеф играет существенную роль. Исследования почвоведов и болотоведов свидетельствуют о том, что особенности биогенного рельефа в Беларуси заключаются в распространении на довольно большой площади огромных залежей торфа, образующих поверхности болотных равнин и низин. В торфяниках попадаются прослои, линзы минеральных образований – пресноводной извести, вивианита, болотных железных руд и др. Максимальная мощность торфяных залежей достигает 11 м (торфяник Ореховский Мох в Пуховичском районе), но преобладают значения до 5–6 м.

Торфяные болота развиваются при высоком стоянии грунтовых вод, определенной растительности и тяготеют преимущественно к наиболее низким отметкам дневной поверхности (их величины в различных районах значительно колеблются). Накопление торфа происходит двумя путями: при избыточном увлажнении суходольных пространств и при зарастании водоемов.

Формирование современных торфяников Беларуси началось в поозерское позднеледниковье и продолжалось на протяжении голоценового межледниковья. Выделяется несколько этапов особо активного заболачивания территории региона, которые связываются с изменениями климата и в меньшей мере – с тектоническими процессами. Ученые выделяют две фазы интенсивного развития болот в Полесье: позднебореальная (преимущественное заторфование водоразделов) и атлантическая (заторфование речных долин). По результатам детального палинологического изучения разрезов голоцена (Еловичева, 2001) установлено, что заметное увлажнение климата и соответственно активизация болотных процессов происходили в бореальный, атлантический и суббореальный периоды.

Общая площадь заторфованных низин и равнин (вместе с осушенными участками) в Беларуси составляет около 2,5 млн га, т. е. около 12 % всей территории (Пидопличко, 1961). Распространены болота неравномерно: в Брестской области заторфовано 20,4 % всей площади, в Минской – 14,1, Гомельской – 12,6, Витебской – 9,0, Могилевской – 7,8 и Гродненской – 6,6 % (Лиштван, 1979).

По типу питания различаются низинные (грунтового), верховые (преимущественно атмосферного) и переходные (смешанного) торфяники. **Низинные болота** преобладают в Беларуси (81 % площади всех торфяников) и основные их массивы приурочены к центральной и южной частям республики. На территории Белорусского Полесья обширные и открытые низинные болота получили название «галы». Площадь самых крупных низинных торфяников достигает 22–40 тыс. га.

Чаще всего поверхность низинных торфяников плоская, слабовогнутая или полого наклоненная (рис. 8.2 – 8.4). Иногда различается ярусность (террасированность) с превышением уровней 0,5–1 м (Тановицкий [и др.], 1983). Из форм мезорельефа выделяют пологоврезанные западины и котловины, в наиболее пониженных частях которых и сейчас существуют озера. Для низинных торфяников также характерна микрозападинность и микроволнистость. Иногда представлен своеобразный грядово-мочажинный рельеф. Такая разновидность микрорельефа возникает при образовании морозобойных трещин в верхнем мерзлом слое торфа (Пьявченко, 1985). Эти трещины проходят параллельно поверхности торфяника и возникают под напором воды, вызывающим и изгиб поверхности.

Со временем высота грядок несколько увеличивается, а у их подножия появляются мочажины. При небольших уклонах разрывы располагаются беспорядочно, поэтому отсутствует ориентировка микрогряд.

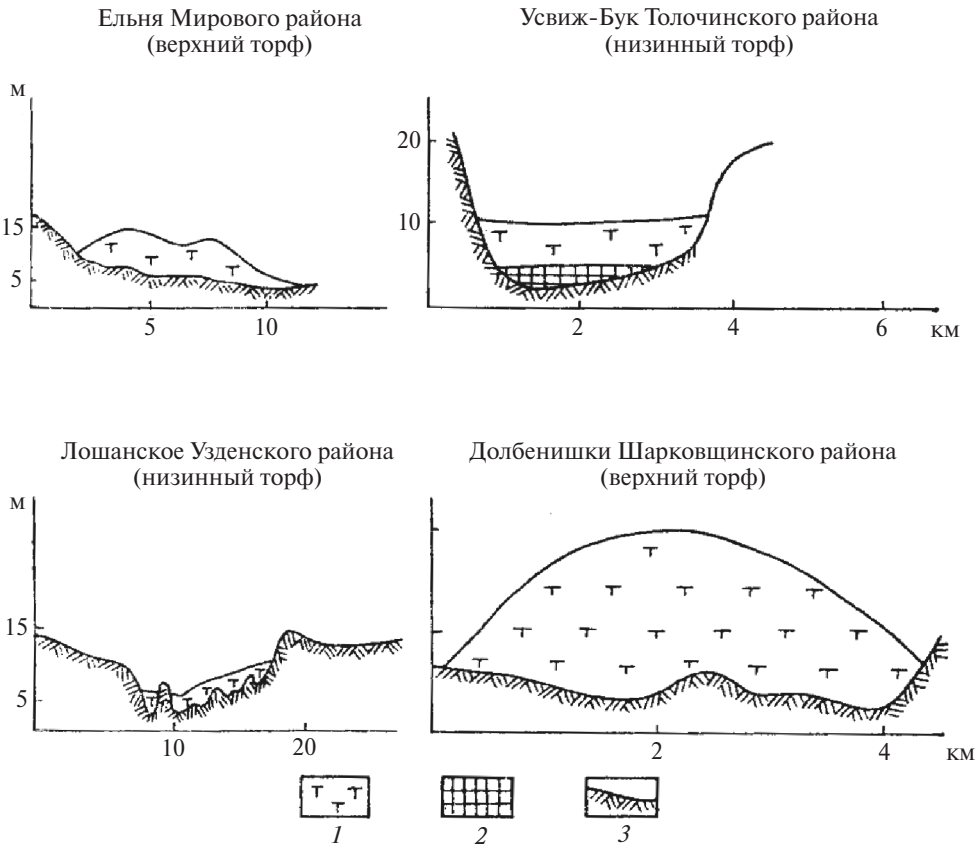


Рис. 8.2. Профили торфяных залежей (Пидопличко, 1961):
1 – торф; *2* – сапропель; *3* – минеральные отложения

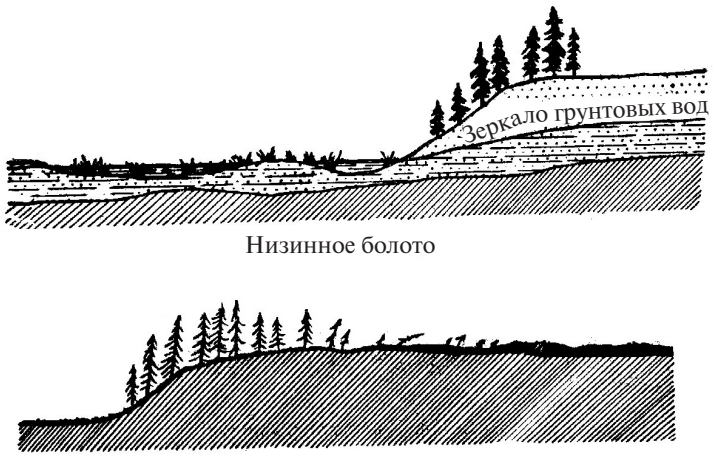


Рис. 8.3. Схема строения низинного и верхового болот



а



б



в

Рис. 8.4. Болота:
а – низинное болото; *б* – верховое болото;
в – переходное болото

Характерным элементом нанорельефа низинных болот являются кочки. Они могут иметь высоту до 0,3–0,7 м, а количество их на 1 га варьирует от нескольких до 15 тыс. (Аношко, 1974).

Верховые торфяники занимают около 16 % площади всех болот и с ними связываются самые мощные залежи торфа (до 10–11 м). Распространены эти образования повсеместно, но наибольшее их количество отмечается в северной Беларуси. Площадь самых крупных залежей верхового типа измеряется десятками тысяч гектаров (Межч в Лельчицком и Житковичском районах – 21,9 тыс. га). Характерной особенностью поверхности болот рассматриваемого типа является ее выпуклая форма, причем превышение центральных частей над окраинными может достигать 5–7 м (рис. 8.2, 8.3, 8.5).

Из форм нано-, микро- и мезорельефа выделяются, как и у низинных торфяников, **кочки**, **грядово-мочажинный рельеф**, **пологие котловины**, в наиболее пониженных местах которых встречаются **озера**. В таких случаях торфяник приобретает волнистую поверхность с рядом выпуклых и вогнутых участков (см. рис. 8.2).

Переходные болота занимают промежуточное положение между низинными и верховыми. На их долю приходится около 3 % площади всех болот. Наибольшие торфяники переходного типа приурочены к Могилевской, Брестской и Витебской областям (рис. 8.4).

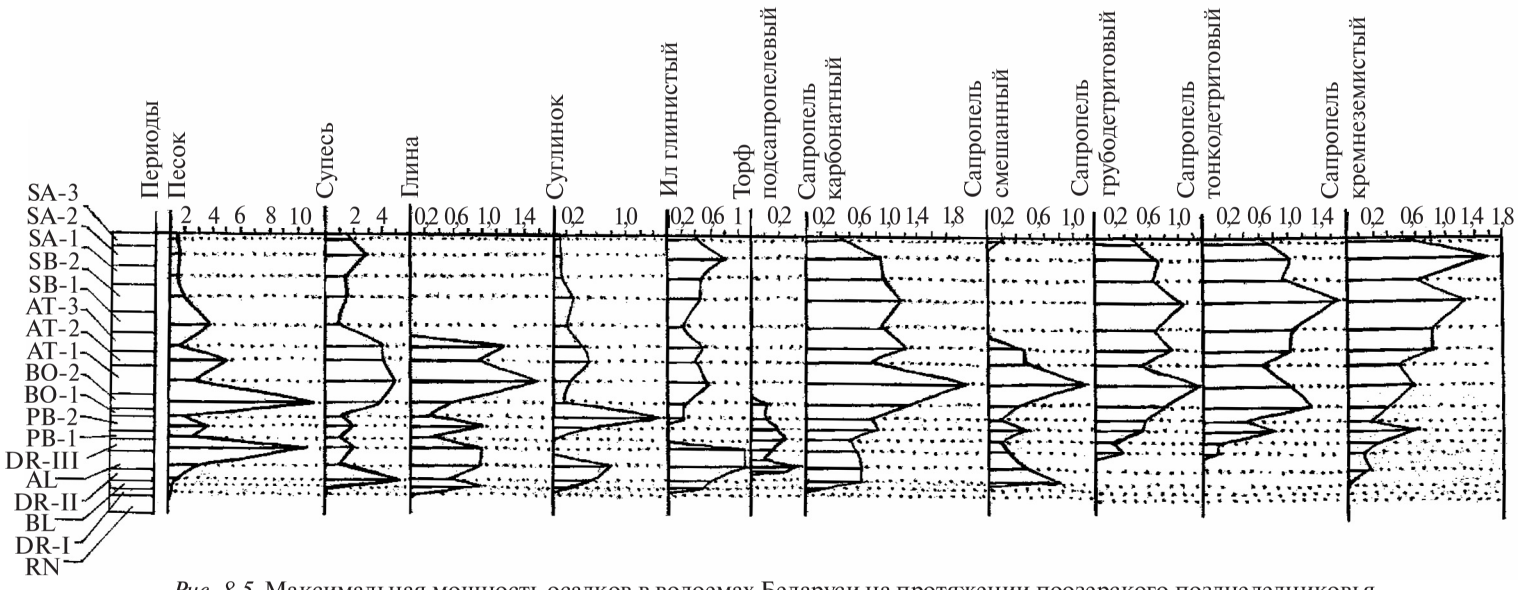


Рис. 8.5. Максимальная мощность осадков в водоемах Беларуси на протяжении поозерского позднеледниковья и голоценового межледниковья

Говоря о биогенном рельефообразовании, нельзя не остановиться на процессах заполнения осадками **озерных котловин**. Примерно 13 % озер республики характеризуется преобладанием среди донных отложений органики (Якушко, 1981). Мощность таких отложений достигает 15 м (оз. Судобле), но чаще составляет 5–6 м (рис. 8.5). Накопление органогенных озерных отложений так же, как и торфа, в конечном итоге приводит к уменьшению расчлененности поверхности, способствует ее выравниванию (Еловичева, 2001).

Кроме заполнения озерных котловин, образования торфяных низин и равнин в результате процессов биогенного морфогенеза на территории Беларуси сформирована серия других форм микро- и нанорельефа (**муравейники**, **бобровые хатки**, **норы**, **кротовины** и др.). Своеобразными сооружениями являются **муравейники**. Их надземный купол состоит из растительных остатков, в основании часто встречаются пни. Самые большие муравейники могут иметь высоту и диаметр основания до 3 м. Все они подлежат охране.

Создателями интересных построек являются бобры, **хатки** которых имеют высоту до 3 м, поперечник – до 12 м, а сооружаемые ими плотины достигают длины до 100–200 м. В прошлом, когда численность животных достигала значительных величин, они играли более существенную роль в изменении рельефа. Так, запруды на реках вызывали подъем уровня воды, что усиливало подмыв берегов, содействовало появлению некоторых локальных «террасовых» уровней и пр. Ныне при налаженной охране бобров и увеличении их численности также приходится сталкиваться с подобными фактами. Например, на р. Глебковичи бобровая плотина имела длину 140 м, высоту до 1,8 м, при ширине основания 4 м. Возле плотины образовался водоем площадью 2,5 га. На р. Смолинца в Березинском заповеднике аналогичное сооружение длиной 210–215 м способствовало возникновению водоема площадью 9 га.

Кроты создают густую сеть **подземных ходов**, результатом их деятельности являются также многочисленные **кротовины** и **холмики**. Эти формы влияют на водный режим грунтов и могут благоприятствовать развитию эрозионных процессов. Кроты перемещают в год до 30 т грунта на площади в 1 га (Egginton, 1985).

Прочие формы биогенного генезиса не играют существенной роли в формировании облика поверхности. Как отмечено ранее, косвенная роль в преобразовании рельефа организмами заключается в усилении развития или сдерживании геоморфологических процессов. Так, резкое замедление плоскостной эрозии растительным покровом выражено на территории Загородья: при распашке снос почвы составляет 10–20 т/га в год и более, на Мозырской гряде – 30–60 т/га, на Копыльской гряде – 20–30 т/га и более, а под густым травяным покровом эти показатели убывают до 0–0,3 т/га. Такие же результаты достигаются и при анализе строения склоновых отложений. При сведении или уничтожении растительного покрова плоскостная эрозия активизируется и мощность гумусированного слоя у подножий склонов по сравнению с вершинами резко возрастает, в то время как на участках с густой естественной растительностью подобное явление не отмечается (Матвеев, 1990).

Существенно влияют животные и растения и на ход линейной эрозии, причем направленность их деятельности различна. Прокладывая тропы по крутым склонам, животные способствуют развитию оврагов. На Мозырской гряде в местах спуска скота к водопою, вблизи деревень по путям движения животных закладываются небольшие овраги глубиной до 3–5 м. По мере их роста скотобойная тропа смещается и постепенно образуется новая эрозионная форма, примерно параллельная первой, и т. д.

В противоположность этому растительный покров обычно задерживает или даже останавливает рост оврагов. С другой стороны, наличие лесной растительности приводит иногда к изменению характера развития стенок оврагов. Корни деревьев могут препятствовать тонкоструйчатому сносу материала, его оползанию, т. е. выполаживанию склонов. В результате при продолжающемся линейном врезе по тальвегу крутизна стенок достигает таких величин, при которых на бортах оврагов начинают происходить обвалы.

Живые организмы являются одной из причин развития и такого типа линейной эрозии, как тоннельная. Детальное ее изучение на Мозырской гряде, где она представлена довольно широко в виде цепочки колодцев глубиной до 1,5–2 м и диаметром 0,5–1,5 м, соединенных подземным каналом диаметром в несколько десятков сантиметров, показало, что зарождение этих процессов нередко связано с корнями растений или ходами землероев.

Важная роль растительности проявляется и в развитии эоловых процессов. Изучение дюн и других эоловых форм, в настоящее время в большей своей части закрепленных, свидетельствует о том, что за время их существования при сведении или разреживании растительного покрова эоловые процессы неоднократно активизировались. Этапы стабильного развития отразились в формировании двух-трех погребенных почвенных горизонтов. Интересным для понимания некоторых процессов морфогенеза представляется также снижение уровня грунтовых вод под влиянием лесов, что иногда препятствует развитию болот. Сведение лесов на таких пониженных участках, наоборот, может способствовать началу торфонакопления.

8.3. Техногенные рельефообразующие процессы

Заметная антропогенная трансформация поверхности Беларуси началась сравнительно недавно, но в наше время этот процесс уже достиг высокой стадии развития (Кадацкий, Лукашев, 1979; Марциншец, 1984; Матвеев, 1990; Матвеев, Леванов, 1986). При анализе рельефообразующей роли человека (Котлов, 1978; Матвеев, Леванов, 1986) выявляются два типа форм: первый из них – ***природно-антропогенный тип*** (обусловлен влиянием людей на естественный ход природных процессов – рост оврагов, обвалы и осыпи, усиление суффозионных и карстовых просадок, плоскостной смыв, заболачивание, развевание песка и осушенного торфа, изменение конфигурации озерных котловин и речных русл, селеобразование и т. п.), а второй – ***техногенный тип*** (техноморф), проявление процессов которого полностью связано с деятельностью человека, а их комплекс называется «техногенный рельеф».

Преобладающая часть техногенного рельефа была создана целенаправленно, небольшая же его доля появилась как побочный результат решения хозяйственных и других задач. В ходе человеческой деятельности техноморфы образуются при насыпании грунтов, извлечении горных пород открытым способом, просадке поверхности после добычи погребенных залежей минерального сырья (нефть, каменная и калийные соли, подземные воды и пр.), выполаживании природных неровностей, преобразовании положительных и отрицательных форм естественного рельефа и т. п. Все многообразие возникающих при этом техноморф может быть с определенной долей условности сведено к трем группам: положительных и отрицательных неровностей, а также уплощенных поверхностей (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Морфологическая классификация техногенного рельефа Беларуси

Группа	Техноморфы	
Положительные формы	Плотины, дамбы Отвалы Городища Курганы	Валы Насыпи дорог и наземных трасс газо- и нефтепроводов
Отрицательные формы	Карьеры Котлованы Каналы Траншеи Воронки Намывные террасы	Котловины искусственных водоемов Выемки дорог и наземных трасс газо- и нефтепроводов Мульды оседания Крепостные рвы
Уплощенные поверхности	Выровненные площадки	Выположенные склоны и др.

Среди **положительных форм** плотины, дамбы, валы и дорожные насыпи имеют отчетливую линейную ориентировку. Их протяженность чаще всего измеряется сотнями метров (в условиях заметно пересеченного рельефа Белорусской гряды и Поозерья) или прослеживается на многие километры (в Полесье в пределах однообразного рельефа). Ширина рассматриваемых линейно вытянутых сооружений обычно не превышает 7–12 м, изредка достигая нескольких десятков метров. Их высота большей частью составляет 3–10 м, хотя может также измеряться несколькими десятками метров в пределах врезанных долин и сильнопересеченного рельефа.

Отвалы, городища и курганы, за небольшим исключением, сравнительно изометричны. Самые крупные и распространенные из них – отвалы, формирующиеся при отработке полезных ископаемых. Их высота обычно не превышает 10–15 м, но может достигать 20–35, а иногда и более 100 м (отвалы Солигорских калийных комбинатов). Сохранившиеся до сих пор городища (свыше 1 тысячи) преимущественно имеют площадь 0,1–0,7 га, представляют собой преобразованные человеком высокие овражистые берега рек (мысовые городища), обособленные крутосклонные положительные формы рельефа (холмовые городища), локальные возвышенные участки среди болот (болотные городища). Превышение таких техноморф предопределяется расчлененностью исходного рельефа. В комплекс городища обычно входят валы, рвы и т. п. На территории Беларуси зарегистрировано более 6 тысяч курганных могильников (высота от нескольких дециметров до 10–20 м, диаметр от 3 до 100 м) и мемориальных курганов (высота до 15–35 м).

Одной из самых характерных **отрицательных форм** техногенного рельефа являются ***карьеры*** (рис. 8.6, 8.7). В Беларуси лишь при разработке минеральных строительных материалов и других нерудных полезных ископаемых нарушено свыше 20 тыс. га поверхности территорий (Прокопеня, 1982). Наиболее крупные карьеры расположены в окрестностях Гродно, Волковыска, Минска, Витебска, Кричева, Климовичей, Копыля, Микашевичей и др. Площадь выемок может по добыче превышать 100–200 га, а глубина достигать 15–40 м. Самым глубоким является карьер по добыче строительного камня у Микашевичей, который уже достиг примерно 100 м и в перспективе проникнет в недра до 200 м и охватит площадь почти 800 га. Котлованы по своим параметрам приближаются к мелким и средним карьерам.

В Беларуси созданы десятки ***водохранилищ*** и сотни ***прудов***. К наиболее крупным из них относятся Вилейское (площадь 75 км^2), Заславское (31,1 км^2), Красно-Слободское (23,6 км^2), Солигорское (23,1 км^2), Любанское (22,5 км^2), Чигиринское (21,1 км^2) водохранилища. Глубина их у плотин достигает 5–8 м. В ближайшие два десятилетия количество водохранилищ возрастет на порядок.



Рис. 8.6. Высокогорный карьер



Рис. 8.7. Карьер вблизи Климовичей Могилевской обл.
(Матвеев, 1990)

В республике широкое распространение получили ***мелиоративные сооружения*** и ***каналы***. Их протяженность измеряется сотнями тысяч километров, а глубина составляет 1–3 м. Наиболее значительными каналами являются Днепровско-Бугский (110 км), Огинский (50,5 км), Августовский (22 км на территории Беларуси), Березинский (8 км), а также Вилейско-Минская водная система, соединительный канал которой имеет длину 62 км.

Дорожные выемки создаются с целью выполаживания продольного профиля современных автомобильных и железнодорожных трасс и часто стыкуются с насыпями. Отрицательные формы тяготеют к участкам сильно пересеченного рельефа Белорусской гряды и Поозерья, редко встречаются южнее. Обычно протяженность врезанных техноморф измеряется сотнями метров, а глубина их не более 10–15 м.

Мульды оседания начали формироваться сравнительно недавно. Они появляются на площадях подземной разработки калийных солей Старобинского месторождения (Солигорский р-н), нефтяных залежей (Речицкий р-н), крупных водозаборов. Самые заметные из просадок установлены у Солигорска, где ширина мульд достигает 0,1–0,3 км при глубине 1–3 м и более, а крутизна склонов приближается к 3–4°. На наиболее углубленных участках развиваются процессы заболачивания. Амплитуда оседания над эксплуатируемыми месторождениями нефти пока измеряется незначительными величинами, так как эти залежи сравнительно недавно разрабатываются, а скорость опускания приближается к 10 мм/год (Стихарев, 1984).

Создание уплощенных поверхностей сопровождает вертикальную планировку и благоустройство местности. С этой целью производится срезание неровностей первичного рельефа, площадное повышение отметок за счет насыпных и намывных грунтов. Обычно такое повышение измеряется несколькими метрами, редко достигая 6–10 м. Оно чаще используется в условиях выровненного и заболоченного Белорусского Полесья при гражданском и промышленном строительстве. Значительно многочисленнее городища, возводившиеся с VII–V вв. до н. э. балтским и древнеславянским населением. При этом если для севера территории Беларуси были характерны сравнительно мелкие поселения по причине заметной расчлененности рельефа, заболоченности, обилия озер и густой сети рек, то для юга региона были свойственны редкие, но более крупные поселения и обусловленные ими техноморфы, поскольку рельеф выделяется своей равнинностью, заболоченностью, разреженной сетью рек и обширными, плохо проходимыми болотными массивами.

К концу первого тысячелетия основными транспортными путями в пределах региона служили ***реки***. Поэтому самые значительные древние города (Полоцк, Туров, Гродно, Витебск, Рогачев и др.) вырастали у крупных рек (Западная Двина, Днепр, Припять, Неман и др.), особенно в местах впадения притоков. Это вызывалось необходимостью строительства оборонительных сооружений, следы многих из которых сохранились до наших дней. Сухопутные пути того времени тяготели к водоразделам (в первую очередь Балтийско-Черноморскому), но на формирование техноморф почти не влияли. Во время вхождения Беларуси в Великое княжество Литовское (XIV–XVII вв.) внутренние связи оставались слабыми, города малонаселенными, что не способствовало развитию дорог. Появившиеся же в то время значительные техноморфы были созданы при строительстве крепостей и других оборонительных сооружений.

После вхождения в состав России в конце второй трети XVIII в. начала складываться новая хозяйственная структура, которая позднее привела к быстрому росту городов и строительству новых транспортных путей. Наиболее существенной оказалась прокладка железнодорожной сети (по ее густоте на рубеже IX–XX вв. Беларусь превосходила большинство районов России), сопровождаемая появлением соответствующих техноморф. Новые транспортные магистрали вызвали и быстрый рост многих старых городов (Минск, Могилев, Гомель, Борисов, Орша), и появление новых (Жлобин, Барановичи), но одновременно задержали развитие ряда прежде важных центров (Слуцк, Несвиж, Логойск), оказавшихся в стороне от основных путей сообщения.

Планомерное развитие народного хозяйства республики повлекло за собой одновременное интенсивное воздействие на рельеф региона, а преобладающая часть техногенных форм возникла в послевоенный период. Ныне они охватывают около 5 % площади Беларуси, из которых половина приходится на города и более мелкие населенные пункты. Свыше тысячи квадратных километров составляет площадь, отведенная под дороги, почти столько же под мелиоративные и другие каналы. Несколько сотен квадратных километров заняли карьеры. Остальные искусственные формы рельефа хотя и играют незначительную роль в общем объеме рассматриваемых образований, но в последние годы в ряде случаев возводятся с высокой интенсивностью (водохранилища, намывные террасы и др.). Величина общей техногенной трансформации земной поверхности региона представлена на рис. 8.8.

Под влиянием антропогенного фактора на территории Беларуси на значительные расстояния перемещены примерно 9,9 млрд $м^3$ грунтов, а с учетом вспашки – около 25,0 млрд $м^3$. Имея в виду, что основное техногенное воздействие связано с двумя последними столетиями, можно рассчитать, что средняя величина перерабатываемого человеком слоя пород в среднем составила 0,2 мм/год (с учетом вспашки около 73,2 мм/год). Однако за последние десятилетия интенсивность антропогенного воздействия на земную поверхность резко возросла. Поэтому сейчас человеком перемещается слой отложений мощностью не менее 0,7 мм/год (с учетом вспашки 7–3,7 мм/год). Для сравнения: средняя величина природной денудации для равнин России не превышает 0,005–0,025 мм/год. Вполне очевидно, что роль человека как геологического и геоморфологического агента значительно превышает суммарное действие природных процессов. Трансформация территории Беларуси под влиянием хозяйственной деятельности крайне неравномерна – средние значения коэффициента техногенной преобразованности варьируют в интервале от 4,7 до 34,3, локальные же показатели колеблются практически от нуля до 4000. С этим связаны особенности распределения техногенных форм рельефа (рис. 8.9). Наибольшему изменению подвергались районы распространения краевых ледниковых образований, лессовидных отложений, участки близповерхностного залегания карбонатных пород, пород кристаллического фундамента, некоторые речные долины и торфяники, а также площади вблизи населенных пунктов, разрабатываемых месторождений полезных ископаемых, крупных инженерных сооружений и промышленных предприятий.

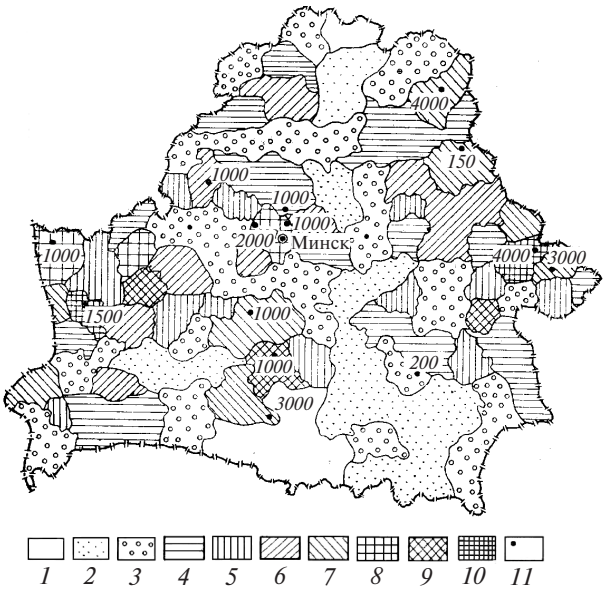


Рис. 8.8. Схема антропогенной преобразованности земной поверхности Беларуси (Матвеев, 1990). Значения коэффициента антропогенной преобразованности земной поверхности (десятки тыс. $м^3/км^2$):

средние: *1* – менее 7,0; *2* – 7,1–9,0; *3* – 9,1–11,0; *4* – 11,1–13,0; *5* – 13,1–15,0; *6* – 15,1–17,0; *7* – 17,1–19,0; *8* – 19,1–21,0; *9* – 21,1–23,0; *10* – более 23,0; *11* – локальные

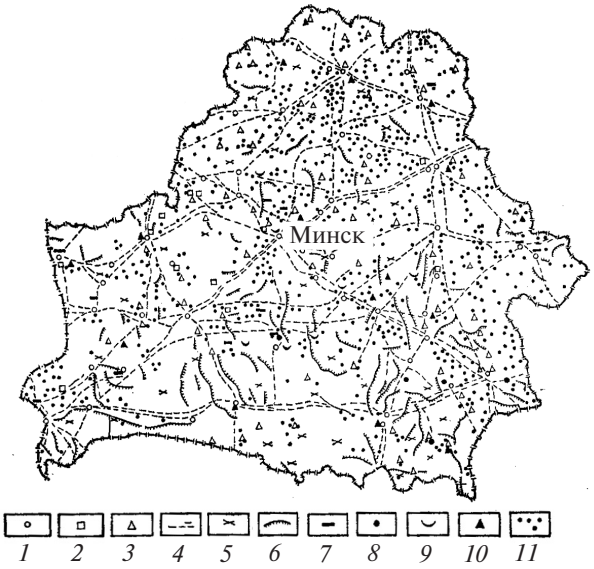


Рис. 8.9. Схематическая карта основных техноморф территории Беларуси (составили А. В. Матвеев, Э. А. Левков; Матвеев, 1990):

1 – формы, обусловленные строительством крупных городов; *2* – крепостные сооружения и замки; *3* – городища; *4* – дорожные насыпи и выемки; *5* – мелиоративные системы; *6* – каналы и спрямленные русла рек; *7* – карьеры и отвалы; *8* – мульды оседания; *9* – котловины искусственных водоемов; *10* – мемориальные курганы; *11* – курганы

Менее всего до настоящего времени изменены плоские, иногда заболоченные ледниково-озерные, аллювиальные, озерно-аллювиальные и водно-ледниковые равнины в пределах Белорусского Поозерья, бассейнов Березины и Припяти.

Интенсивное антропогенное воздействие на земную поверхность приводит к исчезновению многих характерных форм рельефа (краевые ледниковые гряды, озы, камы, болотные массивы, малые речные долины и т. д.), и это делает крайне актуальными работы по обоснованию и выделению геологических и геоморфологических памятников природы. В частности, необходимо взять под охрану отдельные участки долин Днепра, Западной Двины, Немана, особенно в районах распространения интересных геологических обнажений (Орша, Дорошевичи, Лоев, Тимошковичи, Нижнинский Ров, Заславль, Румловка, Богатыревичи, Гралево, Авдеевичи-Кашино, Княжеводцы, Принеманская, Колодежный Ров, Малая Александрия, Кобеляки, Корчево, Ишкольдь, Пушкари, Новые Беличи и др.). Целесообразно также выделить геоморфологические заказники в пределах Брасловской, Минской, Новогрудской, Свенцянской и некоторых других возвышенностей, сделать памятниками природы уникальные формы эолового рельефа у дд. Мешны и Белев в Белорусском Полесье, а также отдельные камы, озы, краевые ледниковые гряды, друмлины и т. д.

Учитывая разную степень измененности земной поверхности, необходимо избегать строительства новых крупных объектов и сооружений в районах, испытывающих в настоящее время максимальную антропогенную нагрузку (Волковысская, Гродненская, Слонимская, Минская возвышенности, отдельные участки Лидской, Могилевской, Горецкой равнин, окрестности крупных населенных пунктов и существующих промышленных объектов), так как продолжающееся ее возрастание может привести к необратимым изменениям в природе, стимулировать развитие крайне неблагоприятных геологических процессов (понижение уровня и загрязнение подземных вод, загрязнение покровных отложений, просадки, эрозия, сейсмические явления, прорывы дамб, заболачивание и т. д.).

ГЛАВА 9

НЕОТЕКТОНИКА И ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

9.1. Понятие неотектоники и ее основные особенности

Термин «***новейшая тектоника***» был впервые употреблен С. С. Шульцем в 1937 г. при изучении Тянь-Шаня. Его синоним ***неотектоника*** предложил в 1948 г. В. А. Обручев, который под этим названием подразумевал геологические структуры, возникшие в неогене – четвертичном периоде. Н. И. Николаев и С. С. Шульц в 1961 г. под новейшей тектоникой понимали «...те тектонические процессы, которыми созданы основные черты современного рельефа поверхности Земли», а И. П. Герасимов – «позднеальпийские движения, изучаемые с помощью геолого-геоморфологического метода, в то время как "древняя" тектоника изучается геологическими методами». Ныне общеизвестно, что геолого-геоморфологический метод находит свое применение и для более древних движений и структур, чем неогеновые, а изучение новейшей тектоники успешно только в случае применения комплекса самых разнообразных методов: геологического, геоморфологического, биогеографического, историко-археологического и др. Поскольку основу ландшафта составляет рельеф, логично придерживаться определения неотектоники (новейшей тектоники) как тектонических движений и геологических структур конца неогена и четвертичного периода, находящих отражение в современных ландшафтах и изучаемых с помощью географического (комплексного) метода.

Неотектоника как геолого-геоморфологическая проблема привлекла внимание геологов в начале XX в. Этому способствовали статьи В. А. Обручева (1951) о молодом возрасте рельефа гор внутренней Азии, Б. Л. Личкова (1934), Г. Ф. Мирчинка (1933, 1936), Н. И. Николаева (1949, 1962), С. С. Шульца (1948) и др. В изучении неотектоники часто впереди шли не геологи и геоморфологи, а биогеографы. Так, Н. А. Северцов (1880) рассматривал происхождение среднеазиатской фауны в самой тесной связи с доледниковыми и послеледниковыми поднятиями гор внутренней Азии. А. Н. Краснов (1888, 1894) обосновывал процесс преобразования равнинной растительности в горную под влиянием горообразования.

Для решения вопроса о роли неотектоники в формировании современных ландшафтных комплексов принципиальное значение имеют следующие особенности неотектонических движений:

а) повсеместность их распространения на земной поверхности с выделением районов, различающихся по формам и интенсивности их проявления;

б) многосторонний характер воздействия неотектонических движений на ландшафтные комплексы, при котором неотектонические движения влекут за собой пе-

рестройку всех компонентов ландшафта (рельефа, климата, гидрографии, растительности, почв, животного мира), и поэтому основной задачей ландшафтоведов является анализ воздействия неотектоники на ландшафтные комплексы, расшифровка процесса их трансформации под влиянием неотектоники;

в) ритмичность, проявляющаяся в ритмах различной продолжительности (от длительных в миллионы лет до очень коротких в несколько лет и десятилетия), которые накладываются друг на друга, создавая крайне сложную картину движения земной поверхности (Николаев, 1962);

г) наличие резких региональных различий в интенсивности проявления и трансформации ландшафтов в горах (суммарный размах неотектонических движений измеряется тысячами метров) и на равнинах (на платформенных областях – значительно меньше) (рис. 9.1).

Современные тектонические движения изучаются с помощью точных инструментальных методов (повторная нивелировка, триангуляция), результаты которых имеют важное значение для практики, особенно при строительстве долговременных промышленных объектов в виде плотин и портовых сооружений. Во всех случаях недооценка современных тектонических движений приводит к большим материальным потерям. Так, выстроенные на побережьях сооружения, далеко уходившие в море, ныне, вследствие поднятия берегов, оказываются целиком на суше, на расстоянии нескольких метров от воды. Часто созданные морские верфи вскоре оказывались под водой, поскольку не была учтена скорость опускания морских побережий, доходящая порой до 30 см в год (Мищеряков, Синягина, 1961).

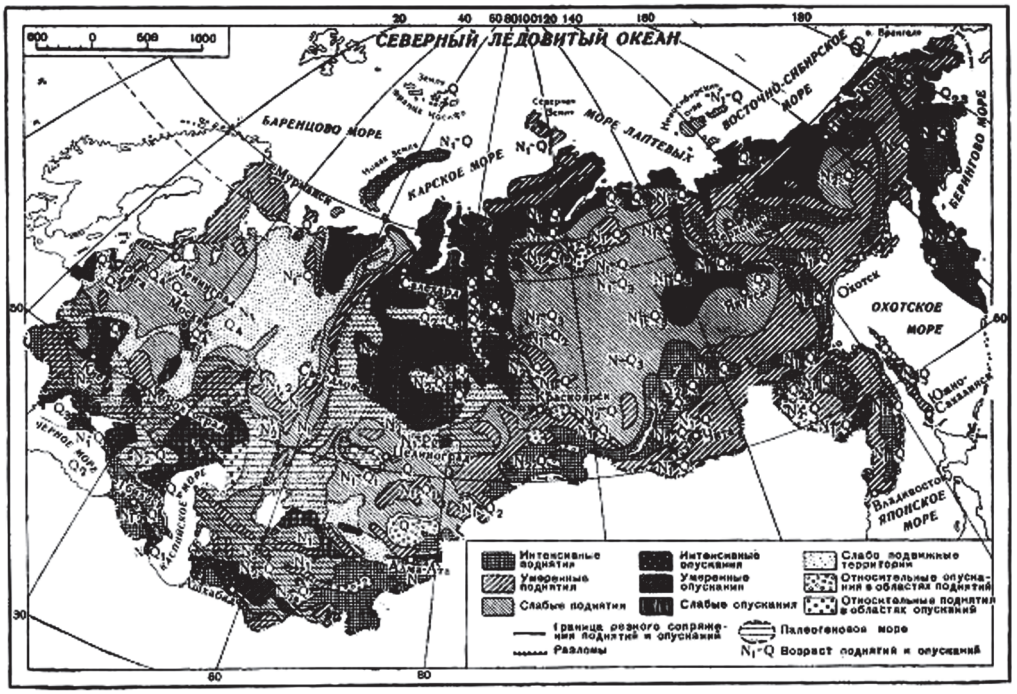


Рис. 9.1. Схематическая карта новейшей тектоники стран СНГ и Балтии (Мильков, 1967)

9.2. Роль новейшей тектоники в формировании горных ландшафтов

Наиболее значительным и глубоким было воздействие неотектоники на формирование горных ландшафтов, так как:

- современный горный рельеф Кавказа, Средней Азии и Сибири – явление молодое (конец плиоцена и антропоген; северный Тянь-Шань – четвертичное время, поскольку уже к началу неогена пенепленизации подверглись как горные сооружения палеозоя и мезозоя, так и раннеальпийские поднятия;
- наибольший размах (суммарная амплитуда) неотектонических движений высокогорий варьировал от 4 до 15 км (на Тянь-Шане 12–15 км, на Кавказе 10–12 км, в Забайкалье 4–6 км);
- вместе с поднятием горных систем начался процесс общей *орогенизации ландшафтов*: создавая вертикальную климатическую поясность, равнинные и низкогорные ландшафты постепенно трансформировались в среднегорные, затем – в высокогорные; последние являются одновременно и самыми молодыми (антропогеновыми, четвертичными), а низкогорные и среднегорные ландшафты имели некоторое распространение и до проявления неотектонических движений;
- орогенизация ландшафтов сопровождалась возрастанием интенсивности эрозионно-денудационных процессов и изменением климата, резко усиливших дифференциацию ландшафтов;
- при этом тесно соприкасались разнородные биотопы, что на фоне относительно «быстрого» только с геологической точки зрения поднятия гор привело к постепенному превращению равнинных форм растений и животных в горные; поэтому подавляющее большинство высокогорной (эндемичной) флоры имеет генетическую связь с флорой нижележащих растительных поясов (предгорных и низкогорных не индемичных видов) на фоне присутствия небольшого числа родов растений, общих для разных горных систем и универсальных эдификаторов высокогорных флор Северного полушария: *Saxifraga*, *Draba*, *Pedicularis*, *Gentiana*, *Primula*, *Androsace*. Изучение их имеет преимущественное значение для выявления исторических (флорогенетических) связей между различными высокогорными флорами;
- характер формирующихся высокогорных растительных ландшафтов зависит от окружающей физико-географической обстановки, точнее – от «исходного материала», подвергающегося трансформации в результате поднятия гор. На территории Евразии представляется целесообразным выделять три таких основных типа высокогорных ландшафтов:

1) альпийский – характерен для высоких гор средней и южной полосы Евразии;

2) горно-тундровый – для севера Евразии;

3) высокогорно-пустынный и высокогорно-степной (или единый горно-ксерофитный) – для сухих внутриматериковых районов;

- развитие новой горной фауны в связи с поднятием горных систем Средней Азии, Монголии, Карпат, Урала и Крыма (Мильков, 1967) отличалось тем, что многие виды фауны низменностей, низких степей и их вод, а также пустынь, оставаясь без переселения на своих наследственных урочищах, но среди новых условий существования, сделались жителями высочайших плоскогорий и их вод (в послеледниковом поднятии Ферганского и других хребтов Тянь-Шаня Н. А. Северцов видел причину различий между таримской и аралокаспийской фаунами). По мере развития гор эта фауна, обладавшая высокой пластичностью и легкой приспособляе-

мостью к условиям пониженного содержания кислорода на больших высотах (постепенный переход предгорных диких баранов Средней Азии в высокогорный тип, встречающийся на самых различных высотах; в Монголии участки степей и пустынь в условиях континентального, меняющегося климата, оказавшись на значительной высоте, дали в горных условиях активные формы фауны горной степи и высокогорья), постепенно принимала все более специфический характер в разнообразии видов (из-за постоянного притока новых пришельцев из окружающих районов) и разной степени приспособления к высокогорной жизни – из 13 эндемичных видов млекопитающих для гор Средней Азии 7 видов (пищуха большеухая, пищуха красная, сурок красный, сурок Мензбира, полевка намирская, полевка серебристая, архар) распространены в субальпийском поясе, 2 вида полевок – в зоне елового леса и арчевников на высоте 2–3 км (Кузнецов, 1948). Концентрация эндемиков в верхней части гор хорошо согласуется с положением о том, что формирование горной фауны шло одновременно с развитием гор;

● процесс орогенизации (создание горной обстановки) способствовал сочетанию флористической и фаунистической насыщенности с высоким видовым разнообразием флоры и фауны территории (на равнинах не более 2–3 тыс. видов растений, а в горах Кавказа – около 6 тыс. видов; Вульф, 1934), а при наличии фактора изоляции (Кузнецов, 1948) и в сочетании с высоким эндемизмом (ограниченность растений и животных небольшим ареалом своего распространения): 20 % флоры Кавказа – эндемики (Гроссгейм, 1936), а в горах Средней Азии их число еще больше. И. С. Травин (1945) отметил связь центров интенсивного видообразования с геосинклиналями. По П. С. Макееву, наиболее интенсивное видообразование под влиянием тектонических поднятий имеет место в климатических зонах с ясно выраженной посезонной (летней) засушливостью (пустыни умеренных широт, средиземноморский климат, климат саванн). А. Н. Криштофович признает за основные факторы эволюции растительного покрова, вызывающие не только образование новых комбинаций растительного покрова, но и возникновение видов;

● общим итогом неотектонических движений в горах является глубокая трансформация ландшафтов – равнинных и низкогорных в среднегорные и высокогорные. При этом возраст горных ландшафтов уменьшается с высотой: самые высокогорные ландшафты являются одновременно и самыми молодыми; формирование их почти во всех случаях падает на четвертичный период. В то же время низкогорные и среднегорные ландшафты имели некоторое распространение еще до проявления неотектонических движений. По Е. В. Вульфу, уже в палеогене господствовавшая в Средиземноморье вечнозеленая тропическая растительность замещалась в верхних поясах гор растительностью умеренного типа;

● в историко-геологическом плане горные и высокогорные ландшафты известны и в прошлом, формирование их приходилось на орогенические этапы развития земной коры; *альпийский и субальпийский*, *горно-тундровый*, *высокогорно-пустынный* и *высокогорно-степной* (или единый *горно-ксерофитный*) типы высокогорных ландшафтов были развиты на Тянь-Шане, Урале и Западно-Сибирской низменности в герцинскую складчатость (конец палеозоя – начало мезозоя), а после их деградации длительное время (большая часть мезозоя – палеоген) здесь были развиты сглаженные, равнинные формы рельефа, а в неогене – антропогене под влиянием неотектоники на месте Тянь-Шаня возникли высокогорные ландшафты, на месте Урала – низкогорные; а в Западной Сибири низменно-равнинный рельеф продолжает сохраняться и ныне.

9.3. Роль новейшей тектоники в формировании равнинных ландшафтов

Менее глубоким было воздействие неотектоники на формирование ландшафтов равнин:

- крупным равнинам на платформенных участках земной коры свойственен небольшой размах неотектонических движений (всего 1–2 км) и скорость (от 2–4 до 7–10 мм/год на западе Восточно-Европейской равнины);
- устойчивые опускания в антропогене установлены для Северо-Китайской равнины (на 800–1000 м при средней скорости около 1 см/год);
- в антропогене на Восточно-Европейской равнине чаще всего области неотектонических поднятий совпадают с положительными элементами структуры докембрийского фундамента, хотя неотектонические движения и здесь могут на коротких расстояниях менять интенсивность и знак; расчленение поверхности равнин на приподнятые возвышенности и опущенные низменности происходит без коренной перестройки ландшафта, а изменения климата являются модификацией одного и того же типа климата; на Восточно-Европейской равнине расчленение поверхности продвинулось значительно дальше, чем на Западно-Сибирской низменности, отличающейся слабым проявлением неотектонических движений;
- дифференциация равнинного рельефа не сопровождалась интенсивным видообразованием (в виду отсутствия на равнинах вертикальной зональности ландшафтов, выработки новых (ранее отсутствовавших) типов ландшафта, а также фактора изоляции), а в формировании фауны и флоры равнин отчетливы явления миграции и связанная с ними флористическая и фаунистическая бедность эндемиками; так, песчаные массивы юга Восточно-Европейской равнины или карбонатные верхнепермские породы Заволжья являются своеобразными центрами эдафического видообразования, однако процессы эти не могут идти ни в какое сравнение с процессами видообразования и эндемизма, наблюдающимися в горных странах;
- трансформация ландшафтов на равнинах ограничивалась внутризональными нарушениями на уровне изменений геолого-геоморфологических условий и степени дренированности территории; в механизме трансформации равнинных ландшафтов под влиянием неотектоники изменения климата не играют решающей роли, а главными факторами являются изменения геолого-геоморфологических условий и степень дренированности территории;
- в зонах тектонического поднятия обострялись эрозионные процессы и эрозионно-денудационный процесс доминировал над аккумуляцией новейших осадков, сужалась ширина речных долин, уменьшалась мощность аллювиальных наносов; на формирование почв и растительности большое влияние оказывал литологический состав коренных пород, и почвенный покров имел большую пестроту; благодаря хорошему дренажу снижался уровень грунтовых вод, ослабились процессы заболачивания на севере и засоления на юге;
- в зонах тектонического погружения аккумуляция новейших осадков преобладала над эрозионно-денудационным сносом, овражно-балочная сеть развивалась слабо, долины рек были широкие, с надпойменными террасами, сложенными мощной толщей аллювия; коренные породы погребены здесь под антропогеновыми осадками и не оказывают воздействия на почвы и растительность; ослабленный дренаж и приповерхностное залегание грунтовых вод приводило к заболачиванию и торфонакоплению на севере, засолению и олуговению почв на юге (Ламакин, 1948; Ни-

конов, 1950); сама география болот и торфяников лесной зоны обусловлена неотектоникой: все главные торфяники располагаются на аллювиальных равнинах, испытывающих погружение; Прикаспийская низменность, крайний юг Причерноморской низменности и Присивашье, известные высокой засоленностью почв, являются одновременно районами энергичного тектонического опускания. Окско-Донская и Днепровская низменности представляют области тектонического опускания и вместе с этим они же являются единственными во всей типичной лесостепи Восточно-Европейской равнины районами широкого распространения солодей и осолодевших черноземов;

• лесная растительность низменных равнин в условиях неотектонических поднятий развивается лучше, в особенности на северном и южном пределах лесов – лесотундре (усиление дренажа, снижение уровня грунтовых вод, ослабление заболачивания) и лесостепи (рост эрозионной расчлененности рельефа, выщелачивания почв, увеличение атмосферных осадков); на Среднесибирском плоскогорье, испытывающем поднятия, растительные сообщества не проходят длительного саморазвития. Каменистые субстраты здесь лишь перераспределяются по поверхности междуречий, не подвергаясь прогрессивному зарастанию (заселению), и поэтому составляют характерный компонент среднесибирской тайги (Лукичева,1963);

• многие даже малозначительные детали ландшафта равнин (строение речных пойм, высота и ширина надпойменных террас, резкие повороты течения рек, густота свежей овражной сети и др.) также предопределены неотектоникой; на Средней Волге широкие отрезки долины (зоны погружения) чередуются с узкими участками (зоны поднятия – Жигули), где возрастает высота и эрозионное расчленение надпойменных террас.

9.4. Роль неотектоники в развитии ландшафтных комплексов

Развитие и генезис любого регионального ландшафтного комплекса – от страны и зоны до района включительно – нельзя понять без учета неотектонических движений.

Неотектоника оказала влияние и на развитие региональных ландшафтных комплексов. Сухой, близкий к пустынному климат существовал здесь уже с мелового периода, а мощные тектонические движения в конце неогена – антропогене подняли всю эту территорию на большую высоту, создав по ее окраинам орографические заслоны, усилившие (а не создавшие!) континентальные (пустынно-степные) черты климата; одновременно с поднятием происходил процесс выработки высокогорных степных и пустынных типов ландшафта, ранее здесь не известных.

Внутри ландшафтных стран новейшей тектонике обязаны:

• конфигурация и степень выраженности географических зон; на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири, где эти неотектонические движения имели небольшой размах, наблюдается полный спектр географических зон умеренного пояса (от северной тайги до пустынь), имеющих вид сплошных полос, а их границы – более или менее прямолинейны; а в Восточной Сибири, благодаря горному рельефу, господство получила тайга, а изолированный островной характер имеют зоны лесостепи и степи;

• дифференциация зон на ландшафтные провинции; две смежные лесостепные провинции Среднерусской возвышенности (область поднятия и сноса с незначительной мощностью четвертичных отложений) и Окско-Донской низменности (область погружения и аккумуляции с существенной – до 100 м – мощностью новей-

ших наносов) в конце неогена – антропогене испытали разнонаправленные движения; и в дальнейшем интенсивность проявления неотектонических движений приведет к усложнению провинциальной структуры ландшафтных зон, общие черты которой намечены долготно-климатическими различиями. Неотектонические движения ведут к дальнейшему усложнению провинциальной структуры ландшафтных зон, общие черты которой намечены долготно-климатическими различиями. Вследствие этого на равнинах сложность провинциальной структуры зон стоит в прямой зависимости от интенсивности проявления неотектонических движений. Именно этой закономерностью и объясняется большое количество ландшафтных провинций в пределах Восточно-Европейской равнины и значительно меньшее число их на территории Западно-Сибирской низменности;

- дифференциация провинций на ландшафтные районы под влиянием малозаметных изменений по интенсивности неотектонических движений; в лесостепной провинции Приволжской возвышенности (в целом испытывает поднятие) одни участки поднимаются быстрее других, а третьи имеют даже относительное опускание, в результате возникают внутрипровинциальные ландшафтные различия, вызывающие обособление районов (например, Жигулевского кряжа – одного из наиболее своеобразных ландшафтных районов Приволжской возвышенности);
- развитие типологических ландшафтных комплексов; на юге Восточно-Европейской равнины все районы поднятий имеют тенденцию к расширению приречного типа местности и к выработке при благоприятных литологических условиях останцово-водораздельного типа местности, развитию процесса деградации плакоров (Волыно-Подольская, Приволжская и юг Среднерусской возвышенностей, Донецкий кряж, Высокое Заволжье); в районах тектонического опускания лучше выражены плакорный и междуречный недренированный типы местности (Причерноморская, Приднепровская и Окско-Донская низменности);
- зарождение и интенсивное развитие урочищ одного типа и деградация и полное отмирание урочищ другого типа; районы поднятий на юге Восточно-Европейской равнины – места скопления и интенсивного роста оврагов и своеобразных урочищ в виде высоких и крутых (не менее 45–50°) склонов речных долин, поросших древесно-кустарниковой растительностью; а районы опусканий – это урочища степных западин и осиновых кустов;
- развитие ландшафтных типов пустынь; в прикаспийской низменной Туркмении (Мирошниченко, 1961) солончаковой пустыне свойственны области нисходящих движений; в песчаных пустынях в районах поднятий развиты дефляция, барханный рельеф, грядовый рельеф преобразуется в грядово-лунковый, а в тех же песчаных пустынях в областях опусканий развит крупный аккумулятивно-грядовый и дефляционно-бороздовый рельеф; каменисто-песчаная пустыня имеет дефляционно-котловинный рельеф в районах поднятий, а равнинный рельеф – в районах без заметных проявлений тектоники.

9.5. Неотектоника и процесс всеобщей трансформации ландшафтов

Под влиянием тектонических движений в природной среде непрерывно и повсеместно протекает процесс всеобщей трансформации ландшафтов, который приобретает грандиозные масштабы: на месте равнин вздымаются горные хребты, и на месте

гор с течением времени возникают однообразные равнины. На это указывает несовпадение крупных неотектонических структур с более древними структурами (Тектоническая карта СССР, 1957), которое, по мнению Н. И. Николаева, свидетельствует о существовании самостоятельного неотектонического этапа развития, отличного от альпийского тектогенеза.

Происходящая под влиянием неотектонических движений трансформация ландшафтов, действует в соответствии со строгими закономерностями ее проявления во времени и пространстве (интенсивность современных движений в Москве составляет –3,7 мм/год, Сарнах – +9,5 мм/год, Кривом Роге – +10,8 мм/год, Курске – +3,6 мм/год, Одессе – –5,1 мм/год, что имеет исключительно большое народохозяйственное значение для составления прогнозов развития ландшафтов на ближайшее будущее.

Подобная трансформация ландшафтов может быть двоякого рода: в большинстве случаев – унаследованной, гармоничной с предшествующим ходом развития (отсутствие развитой поймы и ее переход в надпойменную террасу, большое число глубоких донных оврагов указывает на относительно быстрое поднятие этой части реки при общей тенденции к поднятию района с давнего времени) и неунаследованной, дисгармоничной (положительные тектонические движения на какой-либо части низменности, перестройка гидрографической сети, усыхание территории, постепенное угасание болотообразовательного процесса на общем фоне тенденции к опусканию района).

Современные тектонические движения не являются долговременно направленными движениями, их скорость и знак подвержены изменениям во времени, однако полный цикл их пока остается неизвестным. Повторное нивелирование свидетельствует об устойчивости скорости и знака современных движений на протяжении нескольких десятилетий, и поэтому к ним вполне применим термин «вековые движения» (Мещеряков, Синягина, 1961).

Начало **неотектонического этапа на территории Беларуси** совпадает с важным палеогеографическим рубежом – исчезновением на площади региона последнего (раннеолигоценового) морского водоема и окончательным установлением здесь в позднем олигоцене континентальных условий (Геология Беларуси, 2001). Наибольший размах неотектонических движений (до нескольких км) связан с развитием Альпийско-Карпатского орогенеза, когда поверхность испытала неравномерное тектоническое поднятие с амплитудой до 150–170 м. При этом наибольшее воздымание (свыше 100 м) претерпели две области – на юго-западе и юге Беларуси (северные склоны Украинского щита, Микашевичско-Житковичский выступ, а также прилегающие к ним участки Припятского прогиба, Полесской седловины, Подлясско-Брестской впадины и Луковско-Ратновского горста) и на юго-востоке Беларуси, тяготея к западным склонам Воронежской антеклизы. Одновременно с этим небольшие участки на западе региона оказались опущенными ниже своего первоначального положения (Балтийско-Белорусская синеклиза).

Западной части Припятского Полесья присущи зачатки неунаследованной, дисгармоничной трансформации ландшафта. В последнее время эта территория обнаруживает энергичное поднятие, которое в скором времени не замедлит сказаться на процессах болотообразования, вызвав их ослабление. В прошлом Полесье обнаруживало устойчивую тенденцию к опусканию, и изменение знака движения на его территории представляет совсем недавнее явление.

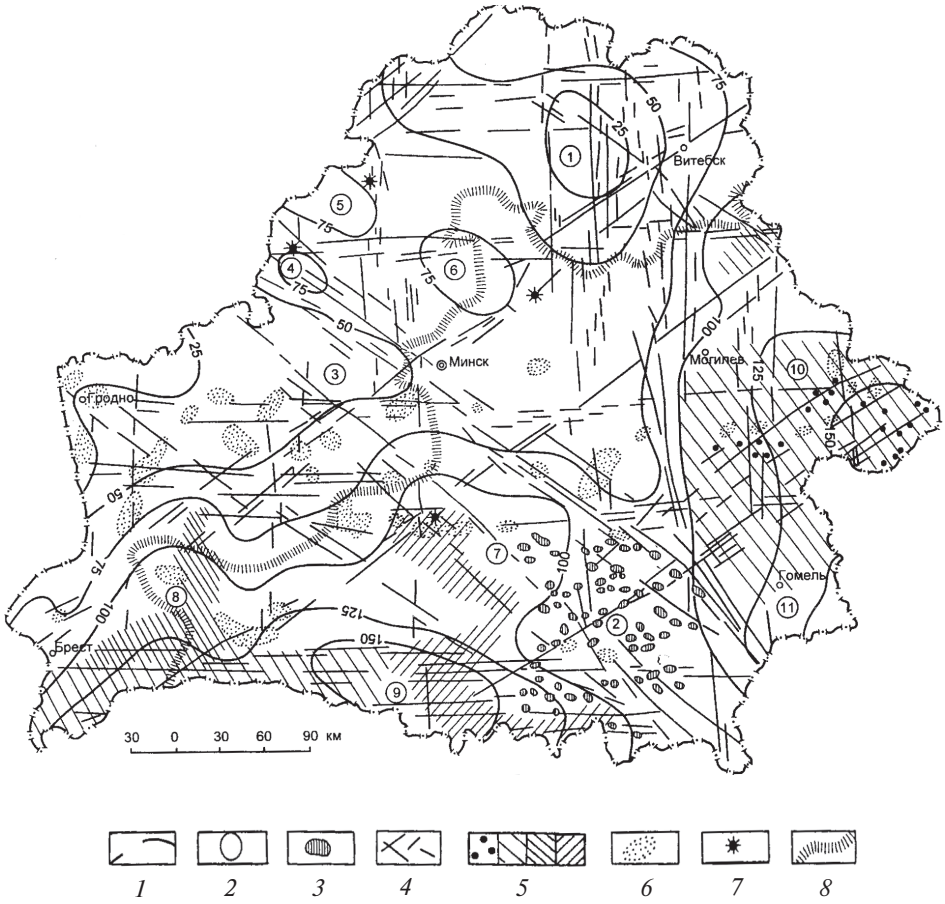


Рис. 9.2. Неотектоническая карта Беларуси (составили Э. А. Левков и А. К. Карабанов):
1 – изобазы суммарной неотектонической деформации (поздний олигоцен – голоцен);
2 – локальные неотектонические структуры (1 – Полоцкая депрессия, 2 – Березинский структурный залив, 3 – Воложинский структурный залив, 4 – Ошмянский купол, 5 – Нарочанский купол, 6 – Плещеницкий купол, 7 – Червоноозерский структурный нос, 8 – Дрогичинский структурный нос, 9 – Лельчицкий выступ, 10 – Кричевский выступ, 11 – Лоевский купол); *3* – соляные структуры, проявившиеся на новом этапе;
4 – активные разломы; *5* – площади карстообразования;
6 – площади значительной гляциогенной переработки дочетвертичных пород;
7 – эпицентры землетрясений; *8* – Черноморско-Балтийский водораздел

Таким образом, современные тектонические движения являются важным, но не единственным фактором развития ландшафтных комплексов. Помимо них, такими универсальными источниками развития последних являются климатогенный, биогенный и антропогенный источники.

ГЛАВА 10

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОСФЕРЫ

Гидросфера – водная оболочка Земли, расположенная между атмосферой и литосферой. В ее состав входят: океаны (объем 361 млн км^2, или 70,8 % поверхности планеты), моря, поверхностные воды суши (озера, реки, водохранилища, болота и почвенные воды) объемом 0,5 млн км^3, что составляет 0,4 % всего объема гидросферы; подземные воды – более 61 млн км^3 (4 % объема биосферы); ледяной покров и снег Арктики, Антарктики, Гренландии и горных ледников суши – 24 млн км^3 (1,6 % объема гидросферы), атмосферные воды; вода, содержащаяся в живых организмах. Наибольшее значение в биосфере имеют воды Мирового океана, атмосферы и поверхностных водоемов.

10.1. Проблемы вод Мирового океана

Основная масса воды (1370 млн км^3, или 94 % общего объема гидросферы) сосредоточена в Мировом океане, который занимает площадь в 361 млн км^2, или 70,8 % поверхности планеты. В океане зародилась жизнь, его роль в биосфере огромна, но воды суши более активны в современных биосферных процессах.

Океаническая вода представляет собой раствор солей со средней концентрацией 35 г/л (35 ‰), в ее составе содержится (в г/л):

- хлористого натрия – 27,2;
- хлористого магния – 3,4;
- сульфата магния – 2,0;
- сульфата кальция – 1,3;
- хлористого калия – 0,6;
- карбоната кальция – 0,1.

В водах открытого океана концентрация солей изменяется незначительно – от 33 до 37 ‰. Солоноватые воды характерны для лагун и эстуариев больших рек, в которых морская вода опресняется вследствие поступления пресных вод.

Воды суши по своему физическому и химическому составу – неоднородная среда. Однако преобладающая часть поверхностных водоемов и водотоков имеет пресную воду с концентрацией солей, как правило, не более 0,5 г/л. В связи с соленостью морская вода как жизненная среда резко отличается от пресной воды, хотя обе содержат химические элементы в количестве, необходимом для жизнедеятельности организмов. Редко встречаются растения и животные, которые способны жить как в пресной, так и в соленой воде.

Концентрация солей у обитателей пресных вод выше, чем в воде, т. е. жидкости их тел гипертоничны. По законам осмоса окружающая вода стремится проникнуть в их тела. Чтобы избежать разбухания и гибели, обитатели пресных вод должны обладать

либо относительно непроницаемыми для воды оболочками, либо специальными органами для удаления проникшей в тело воды. Возможно, из-за этих трудностей существования в пресной воде многие представители морской фауны не смогли освоить внутренние водоемы. Только проходные рыбы (например, лососи и некоторые ракообразные) могут жить как в пресной, так и в соленой воде. По этой причине Мировой океан и водоемы суши – совершенно разные жизненные области со свойственным им набором природных условий.

Несмотря на длительность изучения, одной из основных проблем Мирового океана остается **проблема его исследования**. В отличие от суши, поверхность Мирового океана исследована на 10–15 %, а дно – всего лишь на 1 %. Самый древний океан – Тихий, а в Индийском найдены самые древние отложения – юрские.

Характерная особенность океана – циркуляция и перемешивание водных масс в виде постоянно действующего конвейера (рис. 10.1).

В слое воды до глубины 150–200 м поверхностная циркуляция определяется, главным образом, постоянно господствующими ветрами. Под их влиянием западные воздушные массы сформировали в Южном полушарии мощное широтное и пересекающее весь Южный океан холодное ***Течение Западных ветров***, а в Северном полушарии – теплые субмеридиональные и широтные течения в Атлантическом и Тихом океанах. В то же время постоянно дующие к экватору юго-восточные (в Южном полушарии) и северо-восточные (в Северном полушарии) пассаты формируют вблизи экватора теплые потоки поверхностных вод Мирового океана с востока на запад, образуя теплое ***Южное пассатное*** и ***Северное пассатное течения***, разделенные зоной компенсационных теплых ***экваториальных межпассатных противотечений***. Эти две противоположно направленные системы теплых и холодных течений (рис. 10.2) постоянных поверхностных вод формируют сложную и закономерную систему их круговоротов в Мировом океане в виде двух своеобразных «восьмерок» в обоих полушариях Земли (Рылюк, Еловичева, 2005; Пирожник, Рылюк, Еловичева, 2006; 2007). В Южном полушарии она просматривается в виде антициклонального (против часовой стрелки) круговорота воды в тропических и субтропических широтах и циклонального (по часовой стрелке) – в умеренных и высоких; а в Севернгом полушарии – проявляется в виде антициклонального (по часовой стрелке) круговорота воды в тропических и субтропических широтах и циклонального (против часовой стрелки) – в умеренных и высоких (рис. 10.3).



Рис. 10.1. Поверхностный и глубинный конвейеры водных масс Мирового океана

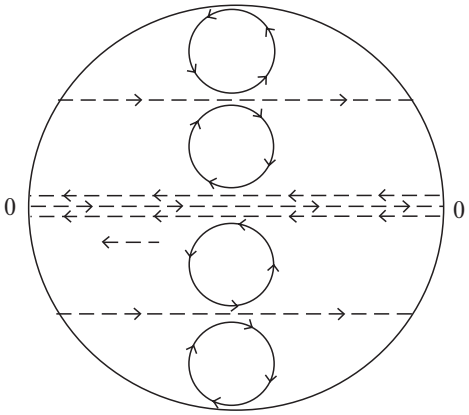


Рис. 10.2. Схема направленности течений Мирового океана в Северном и Южном полушариях

Прежде всего, в Южном полушарии ***течение Западных Ветров*** и ***Приантарктическое течение***, ориентированное с востока на запад непосредственно у берегов Антарктиды, образуют круговорот океанических холодных вод (по часовой стрелке) в высоких и умеренных широтах, а с теплым ***Южным пассатным течением течение Западных Ветров*** формирует круговорот воды против часовой стрелки в тропических и субтропических широтах Атлантического (*течение Западных Ветров → Бенгельское → Южное пассатное → Бразильское → течение Западных Ветров →*), Индийского (*течение Западных Ветров → Западно-Австралийское → Южное пассатное → Мозамбикское и Мадагаскарское →* мыса *Игольного → течение Западных Ветров →*) и Тихого (*течение Западных Ветров → Перуанское или Гумбольдта → Южное пассатное → Восточно-Австралийское → течение Западных Ветров →*) океанов (рис. 10.3).

Эта система циркуляции вод в Атлантическом океане осложняется еще одной ветвью ***Фолклендского холодного течения*** у юго-восточных берегов Южной Америки (примерно до 40° ю. ш.) как северного отрога ***течения Западных Ветров***, а также ветвью ***Гвинейского теплого течения*** у западных берегов Африки.

В Северном полушарии система поверхностных вод более сложная, круговороты воды в ней определяются не только общей циркуляцией атмосферы, но и географическим положением и размерами материков Евразии и Северной Америки.

Здесь ***Северное пассатное течение*** пересекает океаны с востока на запад и наряду с западным переносом воздушных масс в умеренных широтах (теплые ***Северо-Атлантическое*** и ***Северо-Тихоокеанское***) вовлекает в Атлантике в свой круговорот теплые ***Гвианское*** (у северных и северо-восточных берегов Южной Америки), ***Карибское*** и ***Антильское течения*** (островная часть Центральной Америки), воды которых достигают восточных берегов материка, поворачивают на северо-запад и север, а одной ветвью заходят в Мексиканский залив, куда восточные пассаты нагоняют поверхностную нагретую воду тропиков Атлантики. Здесь формируется мощное теплое ***течение Гольфстрим***, которое выходит через узкий Флоридский пролив и по причине более высокого в результате подпора теплых вод с юга, в виде мощной реки цвета индиго движется вдоль восточного берега Северной Америки в северную часть Атлантики примерно до о-ва Ньюфаундленд. Схожая картина движения поверхностных вод отмечается и в Тихом океане, где теплое ***Северное пассатное течение***, приближаясь к берегам Филиппинских островов и юго-восточной части Азии, поворачивает на север и движется вдоль материка в виде теплого течения ***Куросио***.

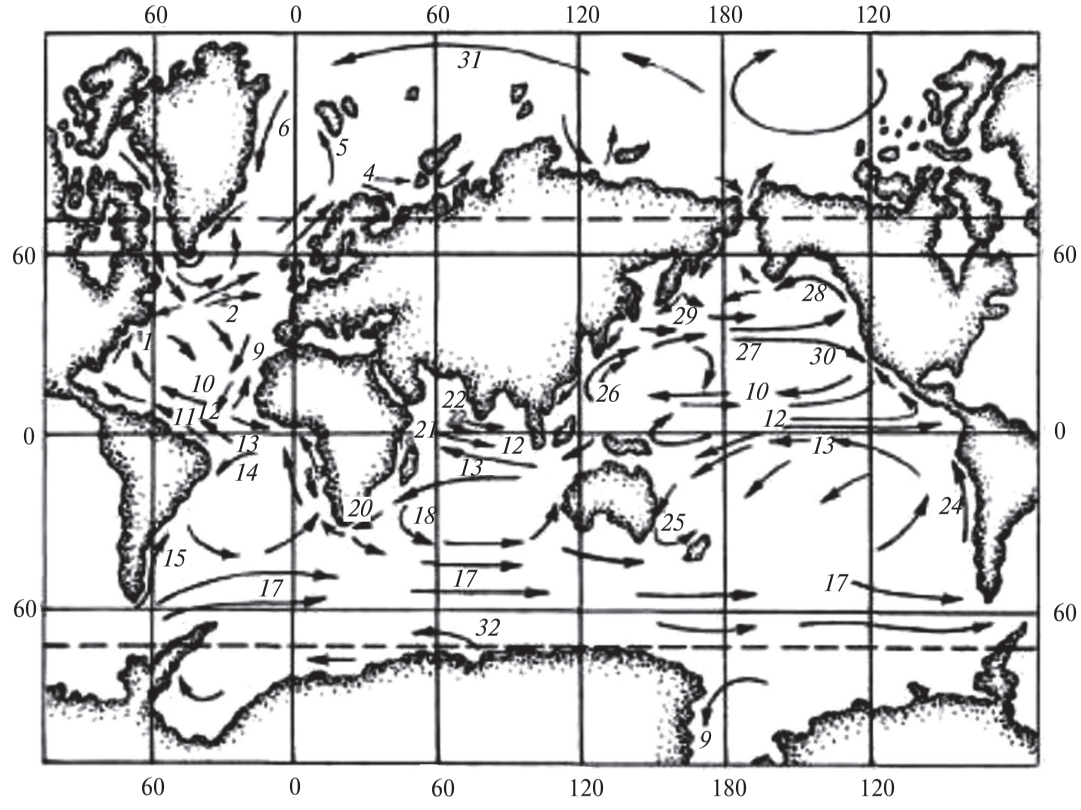


Рис. 10.3. Основные поверхностные течения Мирового океана:

1 – Гольфстрим; *2* – Северо-Атлантическое; *3* – Норвежское; *4* – Нордкапское; *5* – Шпицбергенское; *6* – Восточно-Гренландское; *7* – Западно-Гренландское; *8* – Лабрадорское; *9* – Канарское; *10* – Северные Пассатные; *11* – Гвианское; *12* – экваториальные противотечения; *13* – Южные Пассатные; *14* – Бразильское; *15* – Бенгельское; *16* – Фолклендское; *17* – Западных Ветров; *18* – Мадагаскарское; *19* – Мозамбикское; *20* – мыса Игольного; *21* – Сомалийское; *22* – муссонное (летнее); *23* – Западно-Австралийское; *24* – Перуанское; *25* – Восточно-Австралийское; *26* – Куросио; *27* – Северо-Тихоокеанское; *28* – Аляскинское; *29* – Курильское; *30* – Калифорнийское; *31* – Трансарктическое; *32* – Приантарктическое

На широтах 40–45° под влиянием западных ветров оба этих поверхностных течения отклоняются на северо-восток и пересекают Атлантический и Тихий океаны в субширотном и широтном направлении в виде теплых ***Северо-Атлантического*** и ***Северо-Тихоокеанского течений***, веерообразно образующих южные теплые струи посередине океанов. Достигая западных берегов материков Европы и Северной Америки, эти течения разветвляются на две ветви – южную и северную. Южные ветви продвигаются вдоль побережий на юг материков в виде холодных ***Канарского*** (у Европы и Африки) и ***Калифорнийского*** (у Северной Америки) ***течений***, которые вовлекаются в дальнейшее круговое движение вод теплого ***Северного пассатного течения***, и замыкают поверхностный антициклональный (по часовой стрелке) круговорот океанических умеренных вод в Северном полушарии.

В то же время, направленность и динамика северных ветвей ***Северо-Атлантического*** и ***Северо-Тихоокеанского*** теплых течений также весьма сходны. Так, в Тихом океане осуществляется круговорот вод (против часовой стрелки) в умеренных широтах северной его части (***Северо-Тихоокеанское*** → Алеутское → Оясио-Камчатское → Курильское → Приморское → Северо-Тихоокеанское →).

В Атлантическом океане ***Северо-Атлантическое*** теплое течение достигает берегов Европы вблизи Великобритании и от него отделялась на запад ветвь теплого течения ***Ирмингера***, которая омывала юг Исландии, юго-восток и юг Гренландии, далее направлялась на север вдоль западного побережья Гренландии, через незамерзающий пролив Дейвиса проникала в море Баффина как теплое Западно-Гренландское течение. Таким образом, ледниковый щит Гренландии оказывался изолированным от материка. Это обстоятельство трудно переоценить как для природы, так и для цивилизации Северной Америки.

По новым данным (см. гл. 6), в северной части Атлантического океана, как и в Тихом, наметился второй замкнутый поверхностный круговорот вод, созданный за последние 10 лет холодными Восточно-Гренландским и Лабрадорским течениями, изменивший ход ветви теплого течения у Гренландии, отклонив ее на юг от острова и завершив круговорот против часовой стрелки (*Северо-Атлантическое → Ирмингера → Лабрадорское → Северо-Атлантическое →*). Последствия такого хода течений свидетельствует о глобальных изменениях климата Северного полушария (см. рис. 6.6, 6.7).

Теплое ***Северо-Атлантическое*** течение уже в пределах Северного Ледовитого океана продолжается в виде теплого ***Норвежского течения*** вдоль берегов Скандинавии и образует два ответвления: восточное в виде ***Нордкапского*** теплого течения, которое сохраняет еще свою значимость в Баренцевом море и у северного побережья Европы; а отдельное северное в виде ***Шпицбергенского*** теплого течения достигает побережья о-ва Шпицберген, а к югу от него одна ветвь этого течения поворачивает на запад, вливаясь в воды холодного ***Восточно-Гренландского течения***. Как более соленые и потому более тяжелые, эти воды Северо-Атлантического течения постепенно охлаждаются и погружаются под легкие опресненные холодные воды Северного Ледовитого океана, еще прослеживаясь на глубине от 60 до 200 м.

В Арктическом бассейне формируется самостоятельный круговорот вод (против часовой стрелки) из теплой ветви Нордкапского течения, продвигающегося в восточном направлении и холодного ***Трансарктического*** течения с востока на запад, которое в виде отточных вод из Северного Ледовитого океана формирует два холодных течения, омывающих Гренландию с запада (***Лабрадорское течение***, распространяющееся вдоль восточного побережья Северной Америки до 30° с. ш., создавая в пределах от 30 до 45° с. ш. так называемое явление «холодной стены» в районе контакта с противонаправленным ему теплым течением ***Гольфстрим***) и с востока (***Восточно-Гренландское***).

Отличительной особенностью круговорота поверхностных вод Индийского океана (в связи с его малой меридиональной протяженностью и внутриматериковой замкну-

тостью) является наличие в нем постоянного круговорота в Южном полушарии, и подчиненного сезонным изменениям, и переменного в Северном: зимой устанавливается ***Муссонное теплое течение*** (берет начало в Бенгальском заливе), пересекающее океан от Никобарских островов до берегов Восточной Африки, где разветвляется: одна **ветвь** идет в Красное море, другая – на юг и у 10° ю. ш. приобретает восточное направление в виде ***Экваториального противотечения***. Оно пересекает океан, доходит до берегов Суматры и **северной ветвью** уходит в Андаманское море, а **южной** направляется между Малыми Зондскими островами и северным берегом Австралии в Тихий океан.

Летом юго-восточный муссон перемещает всю массу поверхностных вод на восток и Экваториальное противотечение исчезает. Летнее **муссонное течение** начинается у берегов Африки в виде холодного **Сомалийского**, к которому в районе Аденского залива присоединяется **течение** из Красного моря. Этот мощный поток направляется на восток к Никобарским островам и о-ву Суматра, где разделяется на две ветви: северная уходит в Бенгальский залив, а южная соединяется с теплым **Южным пассатным течением** (смещено на юг до 10° ю. ш.), которое усиливается зимой водами из Тихого океана вдоль северного берега Австралии и пересекает Индийский океан с востока на запад. Таким образом, круговорот в виде «восьмерки» существует и в Индийском океане.

Северному Ледовитому океану характерно формирование **Трансарктического холодного течения**, которое от берегов Восточной Сибири и Аляски направлено к Северному полюсу, и далее одной струей уходит к восточным берегам Гренландии, где переходит в **Восточно-Гренландское течение**, а другой – к западным ее берегам и восточным побережьям островов Канадского Арктического архипелага. Небольшой **поток холодных вод** идет также вдоль берега Чукотки на юго-восток и зимой при северных ветрах через Берингов пролив проникает в западную часть Берингова моря.

Для климата Беларуси, как и в целом для Евразии и Северной Америки, важнейшее значение имеет теплое ***Северо-Атлантическое течение***, которое под воздействием западных ветров достигает берегов Европы, оказывая на нее существенное влияние в виде преобладающего западного переноса воздушных масс.

Ныне из-за изменения системы ветров в Северной Атлантике (приводит к повышению среднегодовой температуры преимущественно за счет высоких зимних температур) вероятны трансформации в существующем круговороте поверхностных океанических вод Северной Атлантики в результате глобального потепления.

Как уже отмечено в гл. 6, повышенный исток вод из Северного Ледовитого океана холодными Восточно-Гренландским и Лабрадорским течениями на фоне усиления западных ветров способен привести к тому, что теплое Северо-Атлантическое течение под напором этих холодных течений займет более южное положение и его теплые воды начнут погружаться в холодные глубины не у северных берегов Европы, а южнее, усилив круговорот поверхностных вод в южной части Северной Атлантики. Последствием этого могут быть снижение роли северных ветвей теплого Северо-Атлантического течения вплоть до прекращения их существования, как и теплого течения Ирмингера и Западно-Гренландского (ныне имеют уже небольшую мощность своих ветвей, отдалены от побережья Гренландии холодными водами, которые постепенно смогут заместить теплые, сохранив направленность их циркуляции и сформировав еще один круговорот против часовой стрелки в северной части Атлантики по аналогии с Тихим океаном), охлаждение и замерзание вод Северного Ледовитого океана и пролива Дейвиса вплоть до образования единого материкового ледяного покрова Гренландии, Канадского архипелага, Скандинавии и океанического льда Арктики. Данное событие явилось бы природным феноменом и одновременно климатической катастрофой для цивилизаций Северного полушария, так как оказалось бы возможным наступление нового ледникового периода.

Как уже отмечалось, система поверхностных океанических течений определяется общей циркуляцией атмосферы. Ее вероятные трансформации при усилении парникового эффекта (смещение центров действия атмосферы и изменение скорости ветров в умеренных и тропических широтах) могут привести к изменениям общей циркуляции океанических вод. Не исключается ситуация, при которой теплые и более соленые поверхностные воды потекут от тропиков к югу, а поверхность океана займет поток холодных глубинных вод, океан опрокинется. Запасы холода в нем столь велики, что для наступления нового ледникового периода достаточно перемешать небольшую часть его вод. Однако возможность такого варианта развития биосферы под влиянием антропогенного пресса пока не подтверждена научными исследованиями.

Кроме системы поверхностных течений, в Мировом океане существует термохалийная циркуляция вод, обусловленная неравномерным распределением их температуры и солености. В целом океан представляет собой холодную водную массу с температурой ниже 4 °С, прогретую до 20 °С и более только в субтропических и тропических широтах на глубине менее 0,5 км, в то время как его глубина достирает 4–5 км, а во впадинах и желобах значительно больше (максимум – 11 034 м в Марианской впадине).

На материках при погружении в недра Земли температура горных пород (ниже верхнего слоя с ее сезонным изменением) увеличивается примерно на 3 °С на каждые 100 м опускания. Сами недра Земли горячие, и от дна океана в воду исходит постоянный тепловой поток, хотя и малосравнимый с солнечным прогревом поверхностных вод. Только в зонах выхода термальных вод эта закономерность нарушается. В недрах материков запасено огромное количество тепла, а в глубинах Мирового океана – холода. Запасы его столь велики, что для выравнивания температуры океанических водных масс необходимо было бы затратить в 5–6 раз больше тепла, чем его потеряно в образовании всех современных ледников Земли, массой $5 \cdot 10^{16}$ т, включая антарктический щит.

Ниже поверхностных течений действует противопоток (по отношению к движению глубинных холодных вод) теплых вод, имеющих соленость выше средней. Этот противопоток образуется в зонах конвергенции, т. е. зонах схождения теплых и холодных поверхностных течений. В результате повышенного испарения концентрация солей в водах теплых течений становится большей. При контакте с холодными течениями в зонах конвергенции температура теплых вод понижается. Став более тяжелыми, они опускаются вниз и растекаются над глубинными холодными водами в направлении, противоположном первоначальному потоку.

С приближением к Антарктиде промежуточные воды выталкиваются к поверхности еще более тяжелыми придонными водами, текущими в противоположном направлении. Из глубин океана они приносят с собой много питательных веществ, вызывая бурное развитие растительной и животной жизни.

Кроме этого меридионального противопотока, существуют и **широтные экваториальные промежуточные противотечения**, которые направлены против поверхностных пассатных течений и имеют компенсационный характер.

Подповерхностными течениями в экваториальной зоне Мирового океана являются ***течение Ломоносова*** (в Атлантическом океане), ***Тареева*** (в Индийском) и ***Кромвелла*** (в Тихом океане), направленные с запада на восток.

Циркуляция глубинных вод – процесс медленный по сравнению с поверхностными океаническими течениями. *Они совершают круговорот за сотни лет.* Глубинные воды – мусорная свалка человечества, в которой нередко хоронят радиоактивные и ядовитые химические вещества.

Главной движущей силой глубоководной циркуляции служит погружение холодных полярных вод. Их динамика в придонной части Мирового океана происходит в виде глубоководного конвейера, осуществляющего обмен глубинными водами обоих полушарий (см. рис. 10.1). Придонные холодные воды Северного Ледовитого океана запер-

ты сушей (о-ва Фарерские и Исландия) и мелководьем (Фарерско-Исландский порог) Северной Атлантики. Только между юго-восточным склоном Гренландии и подводным хребтом Рейкьянес происходит опускание холодных опресненных вод Арктики под теплое течение Ирмингера, а холодных Лабрадорских вод – под Гольфстримом. Далее оно следует по океаническим котловинам под теплыми водами поверхностного круговорота Атлантики, переходя в Южное полушарие. Основная масса глубинных океанических вод формируется у Антарктиды. Согласно теории термохалийной циркуляции холодные воды, основным центром формирования которых является море Уэдделла, по материковому склону Антарктиды опускаются вниз между 40 и 60° ю. ш. Из Атлантического океана часть холодных вод по Африкано-Антарктической котловине перемещается в Индийский океан, и далее по Австрало-Антарктической – в Тихий. В его северной части, вполне вероятно, существует и дополнительный источник глубинных холодных вод.

Холодные глубинные воды выходят на поверхность океана в зонах дивергенции – расхождения поверхностных течений, которые образуются в результате неравномерного распределения скоростей поверхностных ветровых потоков плотности воды. Устойчивые зоны конвергенции находятся в восточных частях океанов в субтропических и умеренных широтах. У западных берегов континентов ветры постоянно отгоняют поверхностную воду от крутого берегового склона и в результате на поверхность поднимается холодная глубинная вода, насыщенная растворимым кислородом (**зоны апвеллинга**), который в поверхностных и подповерхностных водах океана способствует их обогащению биогенными элементами (планктоном) и последующему бурному развитию разнообразной органической жизни, а также размножению морских животных на побережье и многочисленных «птичьих базаров» на прибрежных горных скалах. Поэтому зоны апвеллинга, в противоположность пустынным берегам, характеризуются колоссальными популяциями рыб, а также питающимися ими млекопитающими и птицами (последние производят тонны органического удобрения – гуано), и являются наиболее продуктивными океаническими областями (рис. 10.4).

Проблемой сформировавшейся системы течений в южной части Тихого океана является изменение ее направления вблизи западного побережья Южной Америки. Здесь в зоне апвеллинга при обычном режиме поверхностных вод холодное *Перуанское течение* двигается на север и в районе экватора поворачивает на запад,

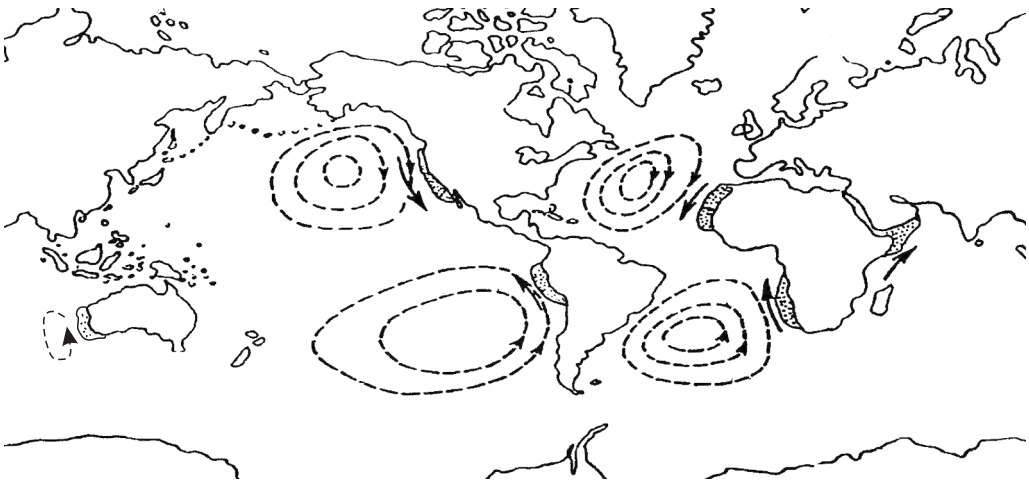


Рис. 10.4. Наиболее продуктивные зоны прибрежных апвеллингов и системы атмосферного давления на уровне моря (антициклоны): → – основные направления течений

достигает примерно 150° з. д. (это состояние **Ла-Ниньо**), затем веерообразно образующиеся южные ветви широтного теплого *Южного пассатного течения* достигают побережий Океании и Австралии, формируя южный поток теплого *Восточно-Австралийского течения*, которое вовлекается в круговорот мощным холодным *течением Западных Ветров*, пересекающим в восточном направлении Тихий океан и при приближении к Южной Америке вливается в северную ветвь холодного *Перуанского течения*). Вместе с системой ветров (северо-восточнее Австралии в это время существует зона низкого давления, куда направлены воздушные массы) данный круговорот водных масс обеспечивает достаточно равнозначные климатические условия существования материковых биот. Но в иные годы эта система приходит в возмущенное состояние (сильная пассатная циркуляция ускоряет этот субтропический круговорот и усиливает *Южное пассатное течение* в направлении с востока на запад путем нагона воды в западную часть экваториальной зоны Тихого океана), что сказывается на метеорологических условиях не только Южного полушария, но и всей планеты. Особая роль в этом возмущении принадлежит **явлению Эль-Ниньо** в зоне Перуанского апвеллинга, с которым связано периодическое катастрофическое потепление вод и состояние атмосферы над ними в восточной части Тихого океана (рис. 10.5). Особенно резко оно проявлялось в 1891, 1925, 1941, 1953, 1957–1958 и 1972–1973 гг.

Раз в четыре года начиная с конца декабря – начала января в результате ослабления пассата, перемещения зоны низкого давления с западной части Океании на восток к берегам Южной Америки и изменения направления ветра (с запада на восток), происходит и поворот нагонных вод с запада на восток вместе с усилением в том же

Развитие экваториальной облачности над Тихим океаном

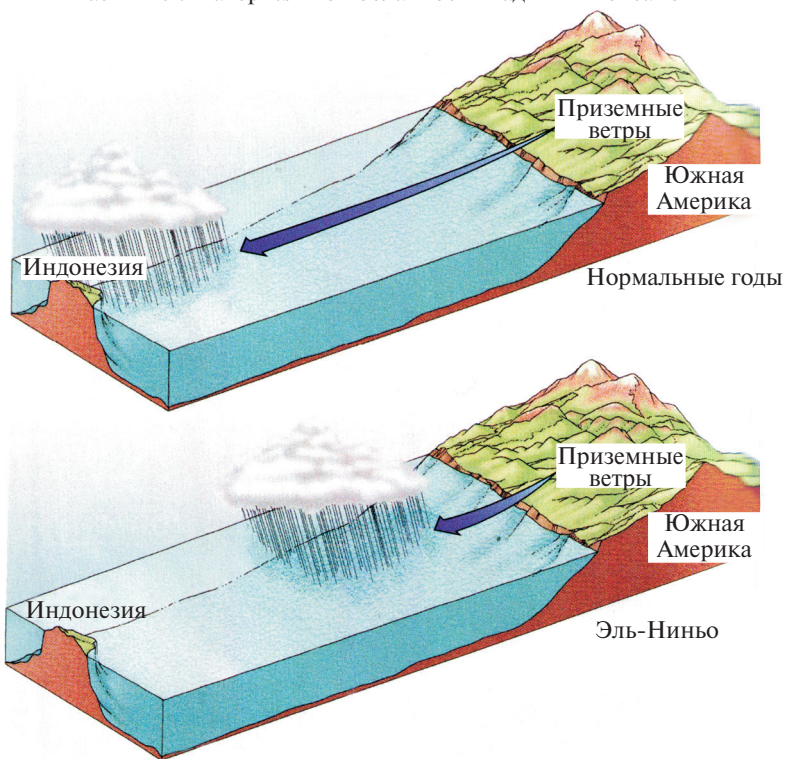


Рис. 10.5. Схема динамики воздушных масс
и поверхностных вод Тихого океана во время явления Эль-Ниньо

направлении оттока межпассатных тихоокеанских, и проникновение большой массы теплых вод к берегам Эквадора и Перу от 0 до 15° ю. ш., которые оттесняют от побережья Южной Америки на запад вглубь океана холодные воды Перуанского течения (15–18 °С), в результате апвеллинг затухает. Слой теплых вод Эль-Ниньо (21–29 °С) прекращает поступление кислорода в поверхностные слои, вызывает «цветение» в бескислородной среде ядовитых водорослей динофлагеллат и приводит к массовой гибели планктона, а также гибели или миграции рыб (например, анчоуса) и питающихся ими морских птиц, наряду с исчезновением лежбищ млекопитающих на побережье восточной экваториальной части Тихого океана – богатейшего перуанского продуктивного района. Исчезновение здесь птиц резко уменьшает объем производимого ими гуано, используемого в качестве природного сельско-хозяйственного удобрения. Другие местные аномалии проявляются здесь в том, что принесенные западными теплыми и сильно насыщенными влагой ветрами обильные дожди вызывают катастрофические наводнения на обычно засушливом западном побережье материка, а перевалив через горный хребет – и в пустынных областях Южной Америки, усиливая также эрозионные процессы, развитие пустынь и вызывая гибель урожая в других местах.

Причины сильного ослабления пассатов пока не определены, но за вызванной Эль-Ниньо перестройкой поля ветров следуют, как считают, и серьезные метеорологические изменения в других регионах планеты. Часто периоды засухи на северо-востоке Южной Америки, в Индонезии, на юго-востоке Австралии, в Индии, на юго-востоке Африки, в Мексике и в некоторых других регионах совпадают с очередным эпизодом Эль-Ниньо. Период явного дефицита осадков обычно продолжается 4–6 месяцев и более. Появляются и другие региональные аномалии. Так, Эль-Ниньо 1992 г. сопровождалось ураганными ветрами в Калифорнии, необычно дождливой погодой на Тихоокеанском побережье Аляски и Канады, Галапагосских островах, сильным потеплением на северо-востоке США и обильными осадками на берегах Мексиканского залива. Возможно, что существует также связь погоды в Евразии с Эль-Ниньо. Во время этого события на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири устанавливаются теплые и малоснежные зимы, в то время как на юго-востоке Европы и в Малой Азии зимы холодные.

Загрязнение вод Мирового океана создает проблему всему человечеству. Одним из основных его загрязнителей являются *нефтяные углеводороды – нефть* и *нефтепродукты*, а также *химические вещества*, производимые человеком (кислоты, щелочи, продукты коксохимии, растворители, спирты, пестициды, гербициды, детергенты и т. д.). Они оказываются в океане в результате аварий морских танкеров и поступлений с суши. Ежегодный сброс в Мировой океан около 30 000 различных химических соединений достигает объема до 1,2 млрд т. Повышение содержания в воде органических соединений (нитратов, фосфатов) ведет к бурному развитию бактерий, синезеленых и диатомовых водорослей, вторичному загрязнению моря продуктами их метаболизма и распада. Тяжелые металлы (ртуть – $^1/_3$–$^1/_2$ промышленного производства – 3–5 тыс. т/год, свинец – около 2 млн т/год, кадмий) попадают в океан через атмосферу и с речным стоком; *отходы атомной и военной промышленности* загрязняют океан со сбросом теплой воды, используемой для охлаждения реакторов АЭС, и захоронением радиоактивных отходов, авариями судов с атомными реакторами в основном в глубоководных впадинах и океанических желобах, где, как считалось ранее, была весьма слабой динамика глубинных вод. Как показали наблюдения, долговременное нахождение радиоактивных отходов на глубинах океана приводило к расконсервации контейнеров под воздействием солености и давления воды, а также внутренней энергии из мантийного вещества через трещины и подъеме опасных веществ с больших глубин на поверхность океана и последующий быстрый разнос их поверхностными течениями Мирового океана по большой акватории.

Твердый мусор сбрасывается ежегодно в океан с судов в виде 7 млн металлических, 430 тыс. стеклянных, 640 тыс. бумажных и пластмассовых предметов, которые не разрушаются и накапливаются в океане.

Общие последствия загрязнения проявляются в накоплении химических, токсических веществ в биоте, микробиологическом загрязнении прибрежных районов, снижении биологической продуктивности, прогрессирующей эвтрофикации, возникновении мутагенеза и канцерогенеза, нарушении устойчивости экосистем. Кроме того, загрязнение океана сказывается на хозяйственной деятельности человека и его здоровье. Токсические вещества через трофические цепи вызывают у людей ряд специфических заболеваний.

10.2. Экологические области и сообщества организмов в океане

Мировой океан как среда развития и распространения жизни резко отличается от суши относительно постоянным солевым составом, мало изменяющимся в пространстве и во времени. Данное свойство обусловило ***сохранение в Мировом океане потомков организмов, существовавших в древнейшие геологические эпохи, особенно на больших глубинах с низкой температурой воды.*** Таковы морские звезды, ежи и стебельчатые морские лилии, обитавшие еще в палеозое. В 1962 г. датское судно Галатея подняло с глубины 3950 м моллюска неопилину (*Neopilina chalumnae*), близкого к кембрийскому роду триблидиум. Научной сенсацией стала поимка в 1938 г. у Коморских островов у восточных берегов Африки латимерии (*Latimeria chalumnae*), принадлежащей к древним целакантовым (кистеперым) рыбам. В 1998 г. латимерия была поймана и у побережья о-ва Манадо Туа в Целебесском море у берегов Индонезии. Палеонтологические остатки целакантовых, от которых произошли наземные позвоночные, неизвестны в слоях моложе мелового возраста.

Океан – непрерывная водная оболочка Земли, окружающая материки и острова и обладающая общностью солевого состава, подразделяется на несколько *экологических зон* (*областей*) *с различными условиями существования организмов*: ***пелагиаль*** – область распространения организмов в толще воды или на ее поверхности, и ***бенталь*** – дно океана, которое заселено организмами, обитающими на грунте или в грунте (рис. 10.6).

Бенталь подразделяется на супралитораль, литораль, сублитораль, батиаль, абиссаль и ультраабиссаль. *Супралитораль* – это побережье океана выше уровня воды в самый высокий прилив, подвергается оно только эпизодическому воздействию океанических вод при нагонах и штормах. Здесь обитают наземные и морские организмы.

Литораль – прибрежная часть морского дна, затапливаемая во время приливов и осушаемая при отливах дважды в сутки. Нижняя граница литорали иногда определяется глубиной действия волн (40–50 м) или распространения растений (200 м). *Растительный мир* литорали состоит в основном из прикрепленных ко дну синезеленых, зеленых, бурых и красных водорослей. На каменистых грунтах он богаче, чем на илистых. Максимального развития флора литорали достирает в умеренном поясе. ***Это основная зона выработки кислорода Земли.*** Фауна наиболее разнообразна в тропиках, к полюсам она становится все беднее. *Для животных* литораль служит переходный зоной от наземного к морскому образу жизни. Многие виды могут в течение определенного времени оставаться на воздухе, имея различные приспособления от высыхания во время отлива (морские желуди плотно закрывают раковину, хитоны и морские блюдечки присасываются к камням,



Рис. 10.6. Экологические области океана

актинии и голожаберные моллюски сжимаются и покрываются слизью). Кроме них, на скалах обитают устрицы, мидии, литорины, на водорослях и среди них – гидроиды, мшанки, асцидии, в мягких грунтах – черви и роющие двустворчатые моллюски. Во время прилива в прибрежной зоне появляются рыбы.

Сублитораль – зона развития жизни на дне океана от уровня воды при самом низком отливе до нижней границы распространения донной растительности. Ей свойственна четкая вертикальная дифференциация водорослей: в верхних горизонтах зеленые, в средних – бурые и в самых нижних – красные водоросли. *Донная флора* (фитобентос) включает несколько видов травянистых цветковых растений: зоостеру, посейдонию, тесассию и др. ***Эта зона литорали существенно обогащает кислородом всю планету.*** *Донная фауна* (зообентос) сублиторали чрезвычайно обильна и разнообразна за счет иглокожих, моллюсков, червей и ракообразных, а в тропических широтах – кораллов. В сублиторали сосредоточены основные промысловые запасы морских придонных рыб (палтус, камбала и др.).

Одна из насущных проблем Мирового океана – **сохранение шельфа (прибрежной зоны)**. На этой обширной по площади территории, окружающей все материки планеты, подлежит охране уникальная водная растительность, поглощающая углекислый газ и вырабатывающая основной запас кислорода Земли (Амазония в поцессе фотосинтеза вырабатывает только 20 % его). Эта зона перспективна и на полезные ископаемые, добыча которых, в свою очередь, загрязняет ее.

Батиаль занимает материковый склон на глубине от 200 до 2500–3000 м с почти полным отсутствием света, значительным давлением (до 24,5 МПа), небольшими сезонными колебаниями температуры и плотности вод, несплошным слоем донных осадков. *Растительный мир* здесь чрезвычайно беден, преобладают разнообразные представители *зообентоса*: рыбы, переходные к абиссальным формам.

Абиссаль – это зона наибольших морских глубин. Области дна океана с глубинами свыше 6 тыс. м выделяются как *ультраабиссаль*. В воде отсутствует солнечный свет, много углекислого газа, температура постоянно низкая (1–2 °С, в полярных областях ниже 0 °С), огромное давление (до 107,8 МПа) и слабая подвижность воды. Грунты полужидкие, органогенного или минерального происхождения. Органическая жизнь существует здесь за счет ***хемосинтеза***.

Растительный мир представлен только некоторыми бактериальными формами. Ультраабиссальные *животные* отличаются резко выраженным эндемизмом и древностью. Пищей им служат бактерии, трупы и оседающий детрит. По этой причине все глубоководные животные – детритоеды и хищники. Они слепы или имеют очень

развитые глаза, часто телескопические. У многих рыб и головоногих моллюсков есть органы свечения – фотофоры. У некоторых видов светится вся поверхность тела или ее участки. Окраска животных темная, при отсутствии пигментации тело белесоватое. Скудные запасы пищи – причина малых размеров животных, а низкая температура и обилие углекислого газа – обызвествления скелетов и желеобразности тканей. Уплощенное тело не позволяет животному погружаться в ил, а длинные конечности (ходули, иглы и стебли) удерживают его над дном.

Среди глубоководных рыб имеются виды со специальными приспособлениями для ловли добычи (рыбы-удильщики с отростками-приманками, снабженными фотофорами). У некоторых рыб (мешкороты и большероты) огромные пасти, часто с острыми, загнутыми внутрь длинными зубами (хаумюд и тактостом). Живоглоты, у которых стенки тела и желудок сильно растягиваются, способны заглатывать добычу, по размерам в 2–3 раза большую самих хищников.

Абиссальные глубины мало изучены. Относительное постоянство глубоководной океанической среды на протяжении длительного геологического времени позволило выжить довольно большому количеству древнейших организмов, среди которых рыба латимерия, десятиногие раки, стебельчатые морские лилии и др.

В зависимости от степени освещенности пелагиаль по вертикали делится на три области: *эвфотическую* (хорошо освещенную), *дисфотическую* (сумеречную) и *афотическую* (света недостаточно для фотосинтеза растений или он полностью отсутствует, его заменяет процесс ***хемосинтеза***).

В пелагиали выделяются неритическая и океаническая зоны. Неритическая располагается в пределах шельфа и ограничена глубинами 200 м. Она прерывается пространствами с сильно опресненной и даже пресной водой у устьев больших рек. Многие морские обитатели (ластоногие, пингвины, прибрежные виды китообразных, некоторые виды крабов и раков-отшельников) связаны с берегами. Неритическую зону населяют также животные, личинки которых ведут бентосный образ жизни, а взрослые особи – пелагический и наоборот. В ней сосредоточены основные районы рыболовства. Океаническая зона включает всю толщу воды, кроме неритической.

В целом в толще воды прослеживаются следующие зоны: *поверхностная* (*эпипелагиаль*), *переходная* (*мезопелагиаль*) *и глубоководная*, в которую входят батипелагиаль, абиссопелагиаль и ультраабиссаль (см. рис. 10.6). В них обитают представители планктона (переносимые морскими течениями и волнами), нектона (активно плавающие), плейстона (обитающие на поверхности воды), нейстона (прикрепленные к поверхности пленки воды снизу или сверху) и гипонейстона (живущие непосредственно под водной поверхностью).

Повышение уровня Мирового океана в результате таяния льдов Гренландии и Антарктиды при глобальном потеплении климата создаст проблему при развитии трансгрессии – затоплении прибрежной части материков, нередко с уже развитым городским, промышленным и сельским хозяйством. Возможно переселение многих народов в связи с нехваткой продуктов питания и ухудшением условий проживания. Одновременно будет происходить увеличение площади литоральной зоны и смещение вглубь материка биологически активной ее зоны.

В свою очередь, использование айсбергов (в особенности из Южного океана) в качестве получения **талой питьевой воды** населением связано с дальней их доставкой по холодным водам течения Западных Ветров в пустынные территории стран Южного полушария (рис. 10.7).

Изменения химического состава морской и океанической воды в результате разливов горючих продуктов остро ставит вопрос о качестве этой воды при заборе.

Приливы и отливы в Мировом океане как периодические колебания (повышение и понижение) уровня океанов и морей, сопровождаемые горизонтальными движениями

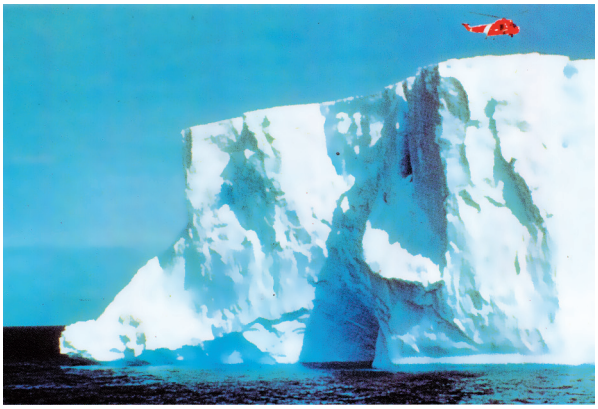


Рис. 10.7. Айсберг в Южном океане

вод (приливными течениями под воздействием силы притяжения Луны), не в полной мере используются человеком в качестве дешевого источника энергии. Только чрезвычайно пологая приливная волна достигает длины в несколько тысяч километров, а высота ее, обычно не более метра, даже в крайних случаях достигает всего лишь 10–18 м.

В последние годы **проблема цунами и их последствий** вызывает особые проблемы, связанные с жизнью человека. Эти *длинные* морские волны, образующиеся чаще всего в океанах и морях в результате землетрясений, вулканических извержений, смещений тектонических плит, сбросов массы тающего льда в море или океан, возникающих на морском дне или вблизи берега. Быстро формирующиеся в воде продольные волны со скоростью 1500 м/с достигают поверхности океана и образуют новые *поверхностные* волны, распространяющиеся концентрическими кругами во все стороны. Эти волны длиной на поверхности океана в 100–300 км, а высотой в открытом океане 2–3 м, у берега – 20–30 м, несут со скоростью 650–800 км/ч колоссальную энергию и, обрушившись на берега, вызывают катастрофические разрушения. Но самой страшной разрушительной силы цунами за последние сто лет произошло 26 декабря 2004 г. с эпицентром на о. Суматра, унесшее жизни около 300 тыс. человек. И хотя на протяжении многих столетий жителями прибрежных государств накоплен опыт сведений о приближении цунами и существует служба о его оповещении, все же такие явные признаки, как отступление воды от берега за 30–40 мин до первой волны цунами, воцарение гнетущей тишины, реакция домашних и диких животных, птиц, показания приборов не всегда спасают людей, их жилье и промышленные сооружения от катастрофы.

10.3. Внутренние водоемы и водотоки

К внутренним водоемам относятся **озера, водохранилища и пруды**. В отличие от морей и океанов, сообщающихся и являющих собой единое целое, озера разделены большими участками суши и аналогичны островам, разбросанным на материке.

Большинство **озер** геологически молоды. Крупные озера образовались в последний поозерский ледниковый или послеледниковый (голоценовый межледниковый) период. Только некоторые из них имеют третичный и даже мезозойский возраст. Как правило, биота древних озер богата эндемичными видами.

По содержаниию солей озера можно раздевить на две группы – *пресные* и *соленые*. К пресным относятся водоемы с концентрацией солей менее 0,5 ‰. Химический со-

став воды в них определяется нахождением водоема в той или иной природной зоне: в воде озер тундры присутствуют ионы кремния и гидрокарбонатный (HCO_3), лесной зоны – кальция и гидрокарбонатный, степной – натрия и сульфатный (SO_4^{-2}) или натрия и хлора, пустынной – натрия ихлора.

Жесткость пресной воды, обусловленная содержанием углекислого кальция, определяет видовой состав организмов: пресноводные губки и мшанки предпочитают жесткую воду, а моллюски – мягкую.

В солевых озерах концентрация солей может превышать 300 ‰. Озера с содержанием солей от 1 до 35 ‰ относятся к *солоноватым*. Из-за высокой концентрации солей в соленых озерах обитают немногочисленные виды растений и животных. *Предельная соленость*, при которой возможно существование живых организмов, составляет 220 ‰, в таких озерах живут только рачок артемия (*Artemia salina*) и бактерии.

Воды озер различаются также по содержанию биогенных элементов и органических веществ, что позволяет выделять озера ***олиготрофные***, ***эвтрофные***, ***мезотрофные*** и ***дистрофные***.

Характерной чертой водоемов суши является **стратификация**. Циркуляция воды в озере зависит не только от течений (в случае больших размеров водоема) и ветровых волнений, но и от климата сопредельных территорий**.** Нередко озеро стратифицируется, когда теплые верхние слои в озере (эпилимнион) временно изолируются от охлажденных глубинных вод (гиполимнион) **зоной термоклина** (слой воды с резким понижением температуры в отличие от поверхностного и нижележащего слоев с постепенным ее снижением), которая служит преградой для обмена различными веществами. Зимой может наблюдаться **обратная стратификация**, связанная с опусканием воды с наибольшей плотностью (при 4 °С) и охлаждением ее под ледниковым панцирем. Вертикальное перемешивание вод происходит в периоды, когда температура разных слоев воды выравнивается. В очень глубоких озерах перемешивание воды не достигает дна. В них существует застойная зона, лишенная кислорода, с постоянной температурой и химическим составом.

С учетом термических особенностей климата озера можно классифицировать следующим образом:

1) мономиктические холодные озера арктических и альпийских областей с одним (летним) периодом циркуляции;

2) мономиктические теплые озера субтропических областей, с перемешиванием воды в холодное время года;

3) димиктические озера умеренных областей с двумя периодами обновления вод – весной и осенью (после этих перемешиваний часто происходит *цветение вод*, так как водорослям в освещенной зоне становятся доступными привнесенные в эту зону донные биогенные вещества);

4) полимиктические озера области тропического климата с многочисленными периодами циркуляции;

5) олигомиктические озера, также тропические, с редкими нерегулярными периодами циркуляции.

От сезонной ритмики развития растительности и перемешивания воды зависит содержание в ней кислорода. Недостаток кислорода приводит к летним и зимним заморам рыб, гибели беспозвоночных и растений, а при его отсутствии сохраняются лишь бактериальные формы жизни. Водные растения при фотосинтезе выделяют кислород и создают органическое вещество, которое преобразуют ***организмы-гетеротрофы***. В результате появляется **автохтонное** (местное по происхождению) органическое вещество, которое, оседая на дно, вместе с минеральными отложениями заполняет озерную котловину различными илами, сапропелями и т. д. Минерализация органического вещества на дне продолжается уже в условиях ***анаэробиоза***.

В отличие от автохтонного, вещество, поступившее в озеро извне в результате разрушения берегов и смыва его с суши, называется **аллохтонным**. Попадание его в озеро ускоряет процесс заиливания водоема. Смыв удобрений с сельскохозяйственных угодий ускоряет дистрофикацию озер и других внутренних водоемов.

Водоемам суши присуща четко выраженная зональность. У глубоководных озер различают ***литораль*** (мелководье), ***сублитораль*** (склон), ***профундаль*** (относительно выровненное ложе дна) и ***пелагиаль*** (зона открытой воды). По размещению в экологических зонах водоема среди организмов выделяются обитатели дна (***бентос***), водной толщи (***планктон***) и активно плавающие (***нектон***).

Воды озер различаются также по созданию биогенных элементов и органических веществ.

Олиготрофные озера – глубоки, вода богата кислородом, бедна питательными веществами, минеральным азотом и фосфором, поэтому она прозрачная, зеленого или синего цвета, берега крутые и обрывистые; плотность организмов низкая, планктон, бентос и нектон немногочисленны, ил беден органическими веществами.

Эвтрофные озера – с хорошими условиями питания организмов, богатые азотом и фосфором, богаты планктон (особенно в открытой части озер – пелагиали), бентос и нектон, вода в них малопрозрачная, от зеленовато-коричневого до коричневого цвета (чаще имеет слабый желтоватый оттенок) от обилия взвешенных органических веществ, имеют небольшие глубины и широкие пояса прибрежной растительности (рис. 10.8, *а*), обилие организмов может приводить к дефициту кислорода у дна, поскольку он требуется для разложения огромной массы органического вещества и отмерших организмов в придонных слоях воды, и они образуют серо-коричневую массу – *гиттию*, которая, постепенно уплотняясь, переходит в «гнилостный ил», называемый *сапропелем*. Ил богат питательными веществами, поэтому в озерах обилен бентос.

Дистрофные озера – мелкие, с нехваткой кальция и кислой реакцией воды, бедным органическим миром, с поросшими торфообразующей растительностью берегами, вода взвесью органических веществ окрашена в бурый цвет; большое содержание принесенного реками и болотными ручьями торфяного детрита – гумуса в коллоидном состоянии, придающего воде коричневый цвет, откладывающегося на дне в виде гумусного и торфяного илов, гниение его приводит к резкому дефициту кислорода, что в конечном итоге ведет к зарастанию и заболачиванию водоема способом постепенного нарастания и распространения с берегов на зеркало воды озера мохового покрова (растительно-торфяного войлока), образующего сплавину (трясину) сначала в виде каймы вокруг озера, а затем срастающуюся и покрывающую водоем сплошным ковром, образующим зыбун – качающийся моховой покров, в отором до некоторого времени остаются «окна» или «окнища» в виде пятен свободной озерной поверхности. С течением времени мхи нарастают, ковер утолщается и погружается, вытесняя воду. Особенно это типично для озер болотистых областей тайги и тундры, а на Беларуси такой процесс зарастания озер наиболее характерен для Полесья.

Кроме этих основных типов озер, существуют переходные, и по мере развития озеро или другой пресноводный водоем может переходить из одного типа в другой вплоть до полного исчезновения. В естественный ход их динамики заметные изменения вносит человек.

Эволюция озер Беларуси даже на протяжении голоценового межледниковья также связана со сменой величины биогенных элементов и органических веществ в соответствии с изменением климата – олиготрофный режим водоема сменяется эвтрофным и мезотрофным, а затем дистрофным, что и отражает классический переход озера в болото.

Основное практическое значение **водной растительности** заключается в ее природной способности осуществлять процесс фотосинтеза (поглощать углекислый газ и вырабатывать кислород под влиянием солнечной энергии), от которого зависит развитие

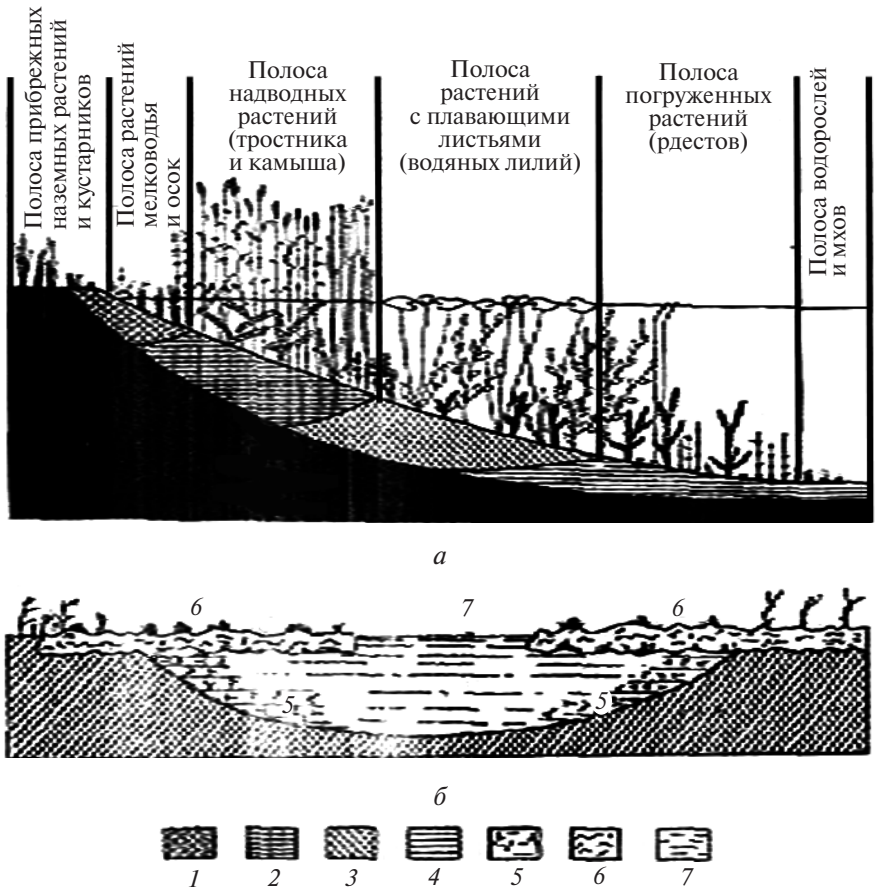


Рис. 10.8. Зоны водной растительности (*а*) и зарастание озер (*б*):

1 – осоковый торф; *2* – тростниковый и камышовый торф; *3* – сапропелевый торф; *4* – сапропелит; *5* – моховой торф на дне; *6* – моховой покров сплавины; *7* – «окнище» или пространство открытой воды

жизни на Земле, и регулировать газовый состав воды водоемов (также увеличивая в них содержание кислорода). Водные растения всегда играли большую роль в жизни водоемов, ослабевая волнение воды, замедляя скорость ее течения, препятствуя перемещению ила и минеральных частиц, а, образуя большую биомассу, они способствовали торфонакоплению. Заросли водных растений являлись местом питания и размножения рыбы, обитания и кормовыми угодьями многих водоплавающих птиц и животных, использовались древним человеком в пищу и хозяйстве. На современном этапе неоценима роль пресноводной растительности в естественной очистке водоемов от загрязнения отходами промышленных предприятий; в Полесье тростник и камыш долгое время использовались как местный материал для покрытия крыш домов. Все это свидетельствует о необходимости и ныне тщательной охраны зарослей водных растений, среди которых немало ценных в хозяйственном отношении и лекарственных, а также красиво цветущих видов (Якушко, 1971; Еловичева, 2001; 2008).

Преимущественную часть водной растительности малых озер составляют **макрофиты**, количественный и качественный состав которых тесно связан с общими экологическими условиями водоемов, строением их котловин, химическим составом воды, характером и мощностью донных отложений и другими факторами. Макрофиты пред-

ставлены преимущественно цветковыми и некоторыми высшими нецветковыми растениями. Как ныне, так и в плейстоцене, они получали распространение на небольших глубинах (преимущественно в литорали и сублиторали), образуя различной ширины полосы вдоль берегов, а также вокруг островов и подводных мелей. Глубина их распространения в водоемах зависит от прозрачности воды. В озерах можно выделить несколько зон (полос) растительности:

• **полоса земноводных растений** представлена видами, которые переносят более или менее длительное затопление паводковыми или болотными водами. Они занимают наиболее низкие участки поймы, а иногда и прибрежные части заболоченной литорали;

• **полоса типичных прибрежных растений** вблизи озер с широкой заболоченной поймой;

• **полоса надводных (полупогруженных) растений**, которая по характеру распространения и внешнему виду представляет наибольший интерес в виде создания своеобразного «второго берега» озера и фиксирует положение бровки (место перегиба или перехода относительно пологой литорали к резко наклонной сублиторали) на глубине 1–1,5 м. Все надводные растения живут почти наземной жизнью, получая солнечный свет и газы для дыхания и питания непосредственно из атмосферы. Вместе с тем полупогруженным растениям, подверженным сильным ветрам и прибойным волнениям, свойственна устойчивость против динамического воздействия волн, которая достигается эластичностью стеблей, способностью к вегетативному размножению. Это помогает им формироваться в густые заросли, противодействующие сильным ветрам;

• **полоса растений с плавающими на поверхности листьями, цветущих над водой и прикрепленных к грунту** распространяется до глубины 2–3 м. Обычно они образуют прерывистые бордюры вдоль тростниково-камышовой полосы, но наибольшей ширины достигают в заливах с илистым дном. В отличие от полупогруженных макрофитов растения с плавающими листьями используют воздух для питания лишь отчасти. Упругие мощные стебли и плотные широкие листья являются надежным заслоном ветру;

• **полосу свободно плавающих в воде (на поверхности и в ее толще) и не прикрепленных к грунту растений** представляют пузырчатки (виды рода *Utricularia*), водокрас обыкновенный или лягушечный (*Hydrocharis morsus-ranae*), элодея канадская (*Elodea canadensis*), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), различные виды ряски (маленькая – *Lemna minor*, трехдольная – *L. trisulca*, обыкновенная или многокоренник обыкновенный – *L. polyrhiza* или *Spirodela polyrhiza*). Из представителей реликтовой макрофлоры встречаются плавающие на поверхности водяной орех, или рогульник плавающий, или чилим (*Trapa natans*), и альдрованда пузырчатая (*Aldrovanda vesiculosa*). Некоторые виды плавающих растений (рясковые) на зиму погружаются на глубину, а весной снова всплывают на поверхность; другие зимуют в виде стелющихся по дну или погруженных в грунт корневищ (кувшинковые, рдестовые и др.), у третьих к осени образуются зимующие побеги или почки, которые ко времени замерзания водоемов погружаются на дно, а весной всплывают и дают начало новым растениям;

• **полоса растений, полностью погруженных в воду, прикрепленных к грунту и выдвигающих на поверхность воды только цветы,** которые слагают своеобразную «полосу рдестов», до глубины 4–5 м.

• наиболее глубоко распространяется **полоса полностью погруженных растений (водоросли, водяные мхи)**, достигая в прозрачных озерах 6–8 м и даже более. Некоторые макрофиты глубоководной полосы не прекращают вегетации и зимой, являясь источником обогащения воды кислородом.

Не в каждом озере можно обнаружить все описанные выше полосы макрофитов, точно определить их границы, поскольку нередко наблюдается их частичное смеши-

вание. Состав макрофитов каждого отдельного водоема также различается. Но в целом закономерности их распространения сохраняются, особенно в слабопроточных неглубоких озерах. Вдоль открытого побережья и в глубоких котловинах, наоборот, часто первые две полосы отсутствуют и полоса полупогруженных растений начинается не у самого берега, а на некотором удалении, благодаря чему между ней и берегом возникает пространство свободной воды (лагуна).

Изучение закономерностей в распространении макрофитов позволяет отметить определенную связь их с характером грунтов и строением ложа озера. При этом создается своеобразный комплекс микроусловий, который нередко становится типичным и может быть отнесен к рангу низших ландшафтных единиц – фаций, развивающихся внутри сложного озерного урочища.

Наиболее распространены в озерах северной Беларуси песчаные литоральные фации тростниково-камышовой ассоциации с примесью других макрофитов, а также песчано-галечниковые литоральные фации с разреженной тростниковой ассоциацией. Редко встречающаяся каменистая литоральная фация почти свободна от макрофитов. Бедны растительностью и глинистые литоральные фации, которые, кроме тростника (*Phragmites*), включают лишь некоторые рдесты (пронзеннолистный – *Potamogeton perfoliatus*, гребенчатый – *P. pectinatus*).

Фации заиленных литоралей отличаются богатством макрофитов. Тростник (*Phragmites*), камыш (*Scirpus*), манник (*Glyceria*) в них сочетаются с хвощом (*Equisetum*), рдестами курчавым (*Potamogeton crispus*) и плавающим (*Potamogeton natans*). На сильнозаиленных литоральных фациях отмечаются заросли рдеста курчавого (*Potamogeton crispus*), элодеи канадской (*Elodea canadensis*), урути (*Myriophyllum*). Разнообразен состав макрофитов в реже распространенных карбонатных литоральных фациях. Растительные ассоциации представлены здесь элодее-рдестовой, харово-рдестовой, харовой. Наконец, *торфяные литоральные фации*, как правило, бедны макрофитами.

На крутых, сильноопесчаненных или глинистых сублиторальных фациях широко распространены рдесты (блестящий – *Potamogeton lucens*, гребенчатый – *P. pectinatus*), роголистник (*Ceratophyllum*), гречиха земноводная (горец земноводный – *Polygonum amphibium*). На более заиленных и пологих сублиторальных фациях развиваются рдесты (курчавый – *Potamogeton crispus*, плавающий – *P. natans*), гречиха земноводная (горец земноводный – *Polygonum amphibium*), роголистник (*Ceratophyllum*), ряска (*Lemna*). Однако больше всего здесь водных растений с плавающими на поверхности листьями. Особую фацию представляют участки, сложенные карбонатными сапропелями. Для них характерны харовые водоросли (*Chara*) с примесью элодеи канадской (*Elodea canadensis*), рдестов (туполистного – *Potamogeton obtusifolius*, маленького – *P. minor*) и роголистника (*Ceratophyllum*).

Мелкие водоемы сравнительно недолговечны. Их котловины отчасти заполняются наносами рек и ручьев, поверхностным стоком со склонов, а главное – остатками гидрофитных растений, постоянно оседающих на дне и преобразующихся в ил, а в дальнейшем – в сапропель. Увеличение толщи донных осадков приводит к постепенному снижению уровня воды и динамике растительных полос вглубь котловины водоема. Со временем водная гладь сохраняется лишь в центре водоема, отмечая еще место глубокой воды, которая впоследствии также исчезает и зарастает, а *озерная стадия* водоема переходит *в болото*, чаще всего *низинное* (*травяное*), с характерной растительностью.

Знание закономерной сукцессии растительности голоценовых озер в сравнении с более древними межледниковыми позволяет при снижении их уровня проследить последовательную миграцию полос макрофитов от берега к центру водоема и определить стадию его (в результате природного процесса или восстановлении озерного режима человеком), обосновать смену осадков и формирующихся полос макрофитов при их динамике к береговой линии.

Сформированные на месте бывших озер низинные болота питаются грунтовыми или речными водами, содержащими минеральные частицы. Естественная судьба низинных болот сводится к тому, что поверхность их в результате накопления растительных остатков постепенно повышается, в результате этого богатая солями грунтовая вода перестает питать болото. Постепенно травяная растительность в нижних, лишенных кислорода и света слоях, отмирает, образуя слои торфа мощностью до 8–10 м. Болото с переходом на питание атмосферными осадками заселяется белыми (сфагновыми) мхами, способными жить без грунтового питания, так как они впитывают про запас огромное количество воды. Ежегодно сфагновый мох дает прирост сверху и поверхность болота постепенно повышается. Таким путем низинные болота переходят в *верховые*, а последние в дальнейшем покрываются болотной сосной и кустарниками (в виду физиологической сухости они имеют подавленный, чахлый вид), здесь произрастают также пушица, багульник болотный; со временем развитие получает и луговая растительность, и верховые болота превращаются в *суходольные луга* и т. д.

В последние десятилетия среди внутренних водоемов увеличилось число **искусственных** – водохранилищ и прудов. Водохранилище представляет собой новую, динамичную водную экосистему, формирование биоты которой происходит за счет гидробионтов затопленных русел рек, озер и старичных водоемов в измененных гидроэкологических условиях. *Его строительство значительно меняет гидрологический режим реки и условия существования в ней животных и растений.* На дне водоемов оказываются не только почвенный покров с большим запасом биогенных веществ, но и растительность, включая древостой. Плотина водохранилища служит препятствием для хода на икрометание проходных рыб. Обилие перегнивающего органического вещества и попадание в озера речных наносов приводят к быстрому заиливанию ложа водохранилища при замедленном течении реки. Чрезмерное обогащение воды растворенными биогенными элементами вызывает массовое развитие синезеленых, зеленых и других водорослей. Очень быстро водохранилища превращаются в болота. Одновременно подтапливаются и часто заболачиваются берега. К сожалению, негативные последствия создания водохранилищ не всегда прогнозировались при их проектировании и строительстве. Водоемам, на которых созданы ТЭЦ, как правило свойственно повышение температуры воды, явление массового «цветения воды».

Водотоки (реки, **ручьи**, **источники)** отличаются от водоемов несколькими особенностями: а) течение в них является более важным условием существования организмов, чем во внутренних водоемах; б) реки и ручьи испытывают бóльшее влияние со стороны суши, так как площадь их водосбора во многих случаях, особенно у крупных рек (Волга, Дунай, Енисей, Нил и др.), оказывается не только неизмеримо больше, но и сложнее по природным условиям; в) концентрация кислорода в проточной воде обычно выше, и он более равномерно распределен, чем в стоячей.

Воды рек и ручьев пресные. По химическому составу вод все реки мира подразделяются на жестководные (карбонатные), с минерализацией до 100 мг/л, и мягководные (хлоридные), с минерализацией до 25 мг/л. Химический состав вод карбонатных рек связан с выветриванием скальных пород, а хлоридных – с атмосферными осадками. Кроме того, существуют «черные» реки с большим содержанием взвешенных в воде органических веществ. В промышленных и сельскохозяйственных районах воды рек и ручьев значительно загрязнены.

Биота рек и ручьев состоит из бентоса, планктона и нектона.

Большие размеры береговой полосы рек и ручьев благоприятствуют образованию фауны из водно-наземных животных: амфибий, птиц и млекопитающих (бобр, выдра, водяная крыса, водяная бурозубка и др.). Береговые откосы часто заняты гигрофильной растительностью.

Реки, в отличие от озер, сообщаются с морем, осуществляя обмен мигрирующими рыбами: угрями, осетрами, сельдями и, особенно, лососевыми. Как нам известно, уровень рек, как и озер, имел тенденцию к снижению в конце древних межледниковий. Поэтому и ныне обмеление рек и озер связано не только с большим потреблением воды в хозяйственных целях, а отражает нынешнее положение человечества в конце голоценовой межледниковой эпохи.

Проблема регулирования речного стока (строительство плотин и создание водохранилищ) **сохраняет свою значимость**, когда потребность в воде начинает превосходить величину устойчивого речного стока и другие источники водных ресурсов отсутствуют или почему-либо не могут быть использованы. В настоящее время в мире существует около миллиона созданных человеком водохранилищ разного размера. Их общий объем превышает 6000 км^3 и полезный объем – 3000 км^3. При этом полезном суммарном объеме водохранилища увеличивают устойчивый сток, т. е. возобновимые ресурсы, пригодные к использованию, на 25 %. С другой стороны, средняя мировая продолжительность водообмена в речных системах увеличилась с 20 до 100 суток, что указывает на ухудшение их экологического состояния. Плюсы строительства плотин, водохранилищ и ГЭС: экологически чистая энергия, развитие ирригации, улучшение условий навигации, задержка плотинами загрязняющих веществ, переносимых рекой. Минусы: высокая стоимость строительства и переселения жителей из зоны затопления; большие потери земельных ресурсов высокого качества; серьезные и плохо предсказуемые геоэкологические последствия; глубокие изменения гидрологического режима в верхнем и нижнем бьефах плотин; перехват стока биогенных элементов (фосфора и азота) и, соответственно, снижение биологической продуктивности морей; подъем уровня грунтовых вод с сопутствующими изменениями продуктивности природных и антропогенных ландшафтов; ухудшение условий для рыбного хозяйства; нарушение установившегося уклада жизни и хозяйства; несовместимость интересов различных социальных групп населения, которые могли быть затронуты в результате строительства и др.

Нежелательных новоселов рек обнаружили ученые лаборатории ихтиологии научно-практического центра НАН Беларуси по биоресурсам в Днепре – пять новых видов рыб: пухлощекую рыбу-иглу, пескаря белоперистого, щиповку золотистую, бычка-цуцика, колючку южную малую. Все они являются чужестранными для нашей страны видами и наносят значительный вред традиционным для Беларуси рыбам, вытесняя их из обычной среды проживания особенно тем, что уничтожают икру. Нежелательные новоселы попали к нам из водохранилищ соседних стран, а также в этом виноваты и аквариумовисты, часть рыб они выпустили на волю.

По данным исследований британского агентства по окружающей среде загрязнение рек приводит к смене пола у рыб-самцов. Причиной этого считают гормон эстроген, содержащийся у женщин, принимающих противозачаточные таблетки. В реки столь сильнодействующее вещество попадает из канализации. Исследования проводились на протяжении пяти лет на рыбах в десяти реках. Почти у половины самцов во всех реках нашли икру, а у многих из них развились женские репродуктивные органы. Десятая часть самцов вообще не могла вырабатывать молоки, а четвертая – производила их с дефектами. Ученые опасаются, что из речной воды эстроген может попасть и в питьевую воду и повлиять на здоровье мужчин.

Источники представляют собой малоизменчивые экостемы с незначительной амплитудой температуры воды в течение года и относительно постоянным химическим составом воды. Биота холодных и горячих источников в новом отношении не богата. Причем по мере повышения температуры воды видовой состав все более обедняется: зеленые водоросли исчезают при 38 °С, диатомовые – при 45, синезеленые – свыше 60, а бактерии могут существовать при температуре 77 °С. Животные (простей-

шие, нематоды, коловратки, ракообразные и насекомые) встречаются в водах источников, имеющих температуру, как правило, не более 0 °С. Они являются азональным типом сообществ.

К источниковым водам относятся и артезианские, высокое качество которых позволяет использовать их как питьевую воду. Жители Минска получают питьевую воду из двух источников – подземного и поверхностного. Доля артезианской воды превышает 60 % всей питьевой в жилых домах. И хотя вода в коммунальной системе хозяйственно-питьевого водоснабжения столицы в целом соответствует санитарным нормам, до 2030 г. предусматривается строительство двух новых артезианских водозаборов (Вязынка, Ислочь) и станций обезжелезивания на водозаборах «Фелицианово» и «Вицковщина», реконструкция водозабора «Новинки».

В состав гидросферы входят также **грунтовые воды** и **водоемы пещер**. Грунтовые воды – это подземные воды первого от поверхности постоянного водоносного горизонта, образующегося за счет просачивания атмосферных осадков и вод внутренних водоемов, а также пополняемого водами более глубоких водоносных горизонтов. Они представляют собой своеобразные подземные водоемы с песчаными аллювиальными или ледниковыми отложениями. Грунтовые воды сосредоточены также в конусах выноса предгорных областей и в неглубоко залегающих трещиноватых и закарстованных известняках. Им свойственно полное отсутствие солнечного освещения, и по этой причине в них могут жить только хемосинтезирующие бактерии.

Основными источниками загрязнения грунтовых вод являются: неправильно устроенные свалки и другие хранилища ядовитых веществ, подземные резервуары и трубопроводы, пестициды и удобрения с полей, газонов и садов, соль на дорогах при гололеде, мазут на дорогах для связывания пыли, излишки сточных вод и канализации, радиационные источники. На территории Беларуси в результате обширной мелиорации (в особенности на Полесье) отмечено снижение уровня грунтовых вод, создавшего большую проблему при ведении работ по восстановлению этих болотных экосистем. Восстановление режима низинных болот перспективно при заполнении их проточной водой водотоков и попытке установления связи с грунтовым горизонтом. Понижение уровня грунтовых вод за счет повышенного ее потребления в некоторых странах происходит со скоростью 3–6 м/год и требует дорогостоящего бурения на глубину до 2 км. Новые технологии позволяют ныне восстанавливать качество загрязненных вод путем их откачки из скважин, очистки на химических поглощающих фильтрах и закачивания обратно в водоносный горизонт, а также путем подачи в небольшой по площади зараженный участок воды кислорода и микроорганизмов, которые питаются загрязняющими веществами и уничтожают их.

Чрезвычайно бедна органическая жизнь и в пещерных водоемах. Проникшие в них гидробионты вынуждены приспосабливаться как к отсутствию света, так и к скудности питания. Из земноводных здесь обитают европейский протей, проводящий всю жизнь в полной темноте в озерах и ручьях пещер Югославии. Все немногочисленные пещерные рыбы или живородящие, или вынашивают икру в жаберных щелях. Их глаза полностью или частично редуцированы.

Ухудшение экологического состояния водных объектов и прилегающих к ним территорий. Во многих странах мира отмечается ухудшение экологического состояния водных объектов и прилегающих к ним территорий, связанное именно со значительно возросшим антропогенным воздействием на природные воды. Оно проявляется в изменении как водных запасов и гидрологического режима водотоков и водоемов, так и качества вод. Своей производственной деятельностью человек оказывает влияние на все основные элементы гидрологического цикла: осадки, испарение, сток, однако степень этого влияния на разные компоненты далеко не одинакова. Нарастание дефи-

цита водных ресурсов и прогрессирующее ухудшение их качества объединяются под общим понятием деградации природных вод. В настоящее время наибольшее антропогенное воздействие испытывают речные системы по сравнению с меньшими масштабами воздействия хозяйственной деятельности на ресурсы и качество воды болот, озер и месторождения подземных вод.

Неэффективное использование водных ресурсов. Забор воды из всех источников мира составляет около 4000 км^3/год. Объем других широко используемых природных ресурсов, таких как уголь или нефть, примерно на три порядка меньше. За последние 80 лет сельскохозяйственное использование воды увеличилось в 6 раз, коммунальное – в 7 раз, промышленное – в 20 раз, а общее – в 10 раз. Громоздкость воды как ресурса приводит к необходимости использования его поблизости от местонахождения или к большим трудностям и высокой стоимости передачи воды на значительные расстояния. Таким образом, водные ресурсы локальны. В современном хозяйстве главными потребителями вод являются промышленность, сельское хозяйство и коммунально-бытовые службы. Они изымают из естественных и искусственных водоемов для своих нужд определенные объемы воды, которые составляют водозабор. Очень много воды идет на ирригацию (около 65 % всей забираемой воды), в аридных районах этот показатель намного выше и достигает нередко 98 %). Доля промышленности в водопотреблении мира составляет около 25 %. В странах с достаточным увлажнением, где интенсивное орошение не требуется, эта доля достигает 71–87 % от суммарного водопотребления. Городское население потребляет не более 10 % всего объема забираемой воды, но это очень дорогая вода, потому что строительство и эксплуатация сложных систем водоснабжения обходится весьма дорого. Хозяйственная ценность или качество водно-ресурсного потенциала региона тем выше, чем значительнее доля устойчивой составляющей стока. Ее величина количественно определяется объемом подземного стока и меженным русловым стоком. Общий объем доступных водных ресурсов оценивается в 41 тыс. км/год, из них лишь 14 тыс. км составляют их устойчивую часть.

Проблема водообеспеченности постепенно охватывает все большее число стран мира. Водообеспеченность изменяется от страны к стране на несколько порядков. Уровень 500 м^3 на человека/год и менее является чрезвычайно низким порогом для устойчивого развития; 1000 м^3 на человека – принимается в качестве критического, указывающего на состояние острого дефицита водных ресурсов. В настоящее время 15 стран (из 145, по которым были данные) с населением 110 млн чел. располагают менее чем 500 м^3 на чел. Весьма низкий уровень водных ресурсов (500–1000 м^3 на чел.) характерен еще для 12 стран с населением 120 млн чел. Для этих 27 стран дефицит водных ресурсов определяет существование их населения, это вопрос жизни и смерти и причина важнейших стратегических решений правительств. Еще 58 стран с населением 3,4 млрд чел. живут в условиях малого количества водных ресурсов (1000–5000 м^3/чел.). Всего к 1990 г. 85 стран с 70 % населения мира стояли перед проблемами дефицита водных ресурсов. Это в основном развивающиеся страны, где недостаток водных ресурсов является одним из важнейших препятствий их социального и экономического развития. К 2025 г. уже 1,4 млрд чел. в 45 странах мира будут располагать менее чем 1000 м^3 на чел/год. Около 75 % населения мира приблизительно в 100 странах будет жить в условиях дефицита воды, или, иными словами, под угрозой экологической, экономической и политической неустойчивости. Если существующие в настоящее время способы ведения хозяйства не изменятся, будет продолжаться и ухудшение качества воды, что еще более осложнит ситуацию.

Переброска части речного стока из водообеспеченных в вододефицитные регионы. Масштабы крупнейших перебросок в мире выросли на порядок, от 0,5–1 км^3/год в начале этого века примерно до 10 км^3/год. С одной стороны, этот процесс выполняет задачу увеличения и перераспределения объема возобновимых водных ресурсов, с другой –приносит много неблагоприятных последствий.

Загрязнение вод. Любое хозяйственное использование вод различными потребителями сопровождается появлением отработанных вод или стоков, перегруженных огромным количеством инородных веществ промышленного, сельскохозяйственного или коммунального происхождения, изменяющих физические и химические свойства водной массы. Различают *химические воздействия* (поступления в водные объекты загрязняющих веществ, вызывающих изменение химического состава вод, сформированного естественным путем) и *физические воздействия* (изменения физических параметров водных экосистем, которые приводят к нарушению естественных гидрохимических процессов и формированию вод нового состава). Существуют источники точечного и рассеянного загрязнения. Вследствие накопления в воде биогенных элементов происходит усиление биологической продуктивности водоемов. Эвтрофикация приводит к ряду неблагоприятных экономических последствий: ухудшению качества воды, снижению рекреационной ценности озера и рыбной популяции, блокированию водосбросов, каналов и даже навигационных путей.

Управление водными ресурсами касается стандартов качества воды – важного инструмента управления состоянием окружающей среды. Предприятия могут платить штрафы, если сбросы воды не соответствуют стандартам, или налоги, пропорциональные степени вклада в загрязнение воды. Эти меры помогают в решении проблем качества воды в развитых странах. Однако по ряду разнообразных причин они не действенны в большинстве развивающихся стран и стран с переходной экономикой.

Комиссия ООН по вопросам права сформулировала принципы международного сотрудничества в области водных ресурсов. Они включают четыре межгосударственных обязательства: 1) информировать соседние государства и консультироваться с ними, прежде чем предпринимать какие-либо действия, которые могут привести к изменениям состояния разделяемых водных ресурсов; 2) регулярно обмениваться гидрологическими данными; 3) избегать причинения ущерба другим пользователям водных ресурсов; 4) распределять воду из общего водного источника «разумно и справедливо».

Успешное водное хозяйство – это поддержание баланса между спросом и предложением без ухудшения состояния территории. Необходимо сбалансировать также различные, часто конфликтные интересы и задачи различных общественных групп и секторов экономики.

Проблемы Арала. Аральское море – ныне бессточное соленое озеро в Средней Азии, на границе Казахстана и Узбекистана. В историческую эпоху происходили существенные колебания его уровня. В середине кайнозойской эры (21 млн лет назад) Арал был соединен с Каспием. В конце XVI и начале XVII вв. из-за понижения уровня моря образовались острова Барса-Кельмес, Каскакулан, Козжетпес, Уялы, Бийиктау, Возрождения, а реки Жанадарья (с 1819 г.) и Куандарья (с 1823 г.) перестали впадать в Арал.

С начала систематических наблюдений (XIX в.) и до середины XX в. уровень Арала практически не менялся. Еще в 1950-х гг. это море было четвертым по площади озером мира, занимая около 68 тыс. км^2; его длина составляла 426 км, ширина – 284 км, наибольшая глубина – 68 м.

В 1930-е гг. началось масштабное строительство оросительных каналов в Средней Азии, которое особенно интенсифицировалось в начале 1960-х гг., и море стало мелеть из-за того, что вода впадавших в него рек во всевозрастающих объемах отводилась на орошение. До 1970-х гг. в Арале еще обитали 34 вида рыб, из них более 20 имели промысловое значение. В 1989 г. море распалось на два изолированных водоема – Северное (Малое) и Южное (Большое) Аральское море. На 2003 г. площадь поверхности Аральского моря составляла около четверти первоначальной, а объем воды – около 10 %. К началу 2000-х гг. абсолютный уровень воды в море снизился до отметки 31 м, что

на 22 м ниже исходного уровня в конце 1950-х. Рыбный промысел сохранился только в Малом Арале, а в Большом Арале из-за его высокой засоленности вся рыба погибла.

В 2001 г. Южное (Большое) Аральское море разделилось на западную и восточную части; в результате падения уровня воды о-в Возрождения соединился с материком (рис. 10.9). На этом острове бывший Союз испытывал бактериологическое оружие: возбудители сибирской язвы, туляремии, бруцеллеза, чумы, тифа, оспы, а также ботулинический токсин проверялись здесь на лошадях, обезьянах, овцах, ослах и других лабораторных животных. Это является причиной опасений того, что смертельно опасные микроорганизмы сохранили жизнеспособность и зараженные грызуны могут стать их распространителями в другие регионы.

Летом 2009 г. восточная часть Южного (Большого) Аральского моря высохла, что несколько повлияло на климат региона, который стал более континентальным: лето стало более сухим и жарким, зима – более холодной и продолжительной. С осушенной части бывшего морского дна ветрами в больших количествах на близлежащие регионы выносится пыль, содержащая морские соли, пестициды и другие химикаты. В результате обмеления резко (практически в 10 раз) выросла соленость Большого Арала, что вызвало вымирание многих видов флоры и фауны, приспособленных к меньшей солености. Большой Арал потерял рыбохозяйственное значение, порты его закрыты.

Согласно расчетам ученых спасти Аральское море пока невозможно. Даже если полностью отказаться от забора воды из Амударьи и Сырдарьи, то прежний уровень воды в нем восстановится не ранее, чем через 200 лет. Но и в этом прогнозе немалую роль играет то обстоятельство, что нынешнее потепление климата способствует таянию горных среднеазиатских ледников, являвшихся постоянными источниками питания Амударьи и Сырдарьи. Большинство специалистов не видят путей по восстановлению уровня всего моря, кроме советского проекта по повороту сибирских рек. В 1990-е гг. решено было спасти хотя бы северную часть моря (Малое море, или Малый Арал) (рис. 10.10).



Рис. 10.9. Спутниковые снимки Аральского моря: слева – 1989 г., справа – 2003 г.

В рамках проекта «Регулирование русла реки Сырдарьи и Северного Аральского моря» (РРССАМ) в 2003–2005 гг. Казахстан построил от полуострова Кокарал до устья Сырдарьи Кокаральскую дамбу (длина 17 км, высота 6 м, ширина 300 м) с гидротехническим затвором. Эта дамба отгородила Малый Арал от остальной части (Большого Арала) и сток Сырдарьи скапливается в Малом Арале, в результате уровень воды вырос до 42 м абс., соленость уменьшилась, что позволяет разводить здесь некоторые промысловые сорта рыб. В рамках реализации второй фазы проекта РРССАМ в 2010–2015 гг. планируется построить плотину с гидроузлом в северной части Малого Арала, отделить залив Сарышыганак и заполнить его водой по специально прорытому каналу из устья Сырдарьи, доведя уровень воды в нем до 46 м абс. От залива предполагается построить судоходный канал (ширина 100 м, длина 23 км) к порту Аральск. Для обеспечения транспортной связи между Аральском и комплексом сооружений в заливе Сарышыганак проект предусматривает строительство автодороги протяженностью около 50 км и шириной 8 м параллельно бывшей береговой линии Аральского моря.

Коллекторно-дренажные воды, поступающие с полей в русло Сырдарьи и Амударьи стали причиной отложений из пестицидов и различных других сельскохозяйственных ядохимикатов, появляющихся местами на 54 тыс. км^2 бывшего морского дна, покрытого солью. Пыльные бури разносят соль, пыль и ядохимикаты на расстояние до 500 км. Бикарбонат натрия, хлорид натрия и сульфат натрия переносятся по воздуху и уничтожают или замедляют развитие естественной растительности и сельскохозяйственных культур, нарушают развитие экосистемы. Местное население страдает от большой распространенности респираторных заболеваний, анемии, рака гортани и пищевода, а также расстройств пищеварения. Участились заболевания печени и почек, глазные болезни.

Практически, снижение уровня воды происходит из-за совпадения естественного маловодья в бассейне Арала с увеличением безвозвратных заборов воды из питающих море рек на орошение. В результате увеличилась соленость, изменился химический состав солей, уменьшилось содержание биогенных веществ, уменьшилась численность основных промысловых рыб. Арал потерял свое промысловое значение.

Проблемы Черного моря заключаются в большом содержании в его котловине сероводорода. Кислородной зоной ныне является всего лишь 80–150-метровая толща поверхностной воды.



Рис. 10.10. Северный (Малый) Арал в 2005–2006 гг.

Причина образования сероводорода в Черном море тесно связана с историй развития района его расположения в геологическом прошлом. Десятки миллионов лет тому назад на месте современных Средиземного, Мраморного, Черного, Азовского, Каспийского и Аральского морей простирался залив древнего моря Тетис, состоявший из двух частей – западной (современное Средиземное море) и восточной (остальная часть). Западная часть моря была соленой, восточная – опресненной за счет впадавших в нее рек. Около 13 млн лет назад в альпийскую складчатость связь между двумя частями Тетиса прервалась и вместо восточной части моря образовалось опресненное Сарматское море, а его обитатели частично вымерли, частично приспособились к опресненной воде.

Примерно 10 млн лет назад акватория прежнего моря постепенно сократилась, а соленость его значительно повысилась. Изменились и обитатели моря: одни из них приспособились к новой солености, другие вымери, третьи перешли в заливы, ближе к рекам. 8 млн лет назад образовалось Понтическое море (включало современные Черное и Каспийское моря, и почти пресное – соленость его была меньше солености Каспия), а нынешние горы Кавказа и Крыма выглядели тогда в виде островов.

Около 1 млн лет назад дальнейшее поднятие суши окончательно разъединило Черное и Каспийское моря, Каспий остался опресненным, а Черное море впоследствии несколько раз соединялось со Средиземным, все время осолонявшим его. Последний раз это произошло около 8 тыс. лет назад внезапно при землетрясении и образовании пролива Дарданеллы. Масса соленой средиземноморской воды хлынула тогда в котловину Черного моря, и это событие, произошедшее на глазах обитавшего здесь человека вполне возможно могло породить легенду о всемирном потопе (ведь его место в библии точно не указано). От быстрого притока соленой средиземноморской воды погибло тогда много черноморских пресноводных организмов, а мигровавшие осоленные погибли позднее, по мере опреснения Черного моря (ныне его соленость на поверхности – 17–18, в северо-западной части – 8–13, у дна – 22,5 ‰, что существенно меньше солености Мирового океана – 35–36 и Средиземного моря – 37–39 ‰). Разложение остатков этих организмов на глубине моря, лишенной кислорода, создало тот первоначальный запас сероводорода, который, постепенно пополняясь, продолжает существовать до сих пор.

Постоянный приток речных вод и пресных вод из Азовского моря в Черное сильно опресняет и формирует поверхностный слой последнего, который лежит на более плотном соленом нижнем слое, пополняющимся еще и плотными глубинными водами из Мраморного моря. Наличие двух слоев воды в Черном море при слабом их перемешивании (в основном не вертикальными движениями, а поперечными глубинными течениями) не способствует поступлению кислорода с поверхности воды на всю глубину и развитию там органической жизни. Большой теплозапас моря за летнее время не дает возможности в значительной степени охладится поверхностным водам за период короткой черноморской зимы и при их слабой солености приводит к очень небольшому увеличению плотности и, следовательно, к незначительному их опусканию (не более 150–200 м).

Таким образом, сероводород в Черном море имеет биохимическое происхождение. Обитающие в большом количестве в глубинах моря особые бактерии, живущие в безкислородной среде, разлагают постоянно падающие на дно моря остатки водных организмов на ряд более простых химических соединений, которые вступают во взаимодействие с солями морской воды. В результате этой реакции и образуется свободный сероводород. Содержание его достигает 7,5 $см^3$/л воды, а общее количество сероводорода в Черном море составляет миллиард т. На протяжении последних 1–2 тыс. лет эта величина сохраняется примерно постоянной за счет того, что непрекращающееся образование сероводорода на глубине идет одновременно с окислением его серобактериями в этой же акватории, превращая его в чистую серу.

Глубина залегания сероводородного слоя в Черном море разная: у берегов Крыма его верхняя граница лежит на глубине 150 м, у берегов Кавказа – 220 м, в центральной части моря – 80–100 м, т. е. поверхность этого слоя в море выпуклая за счет большого перемешивания вод в прибрежной части.

Ныне происходит слабое поднятие окружающих Черное море гор (несколько сантиметров или даже миллиметров в столетие), наряду с преобладанием повышения его уровня (20–25 см/столетие). Эти процессы в некоторых районах уравновешиваются (Анапа, Сочи), в отдельных случаях поднятие гор обгоняет повышение уровня воды.

Среди опасных явлений на Черном море и близлежащей с ним территории суши отмечается появление ***смерчей*** (чаще осенью) в результате неустойчивого состояния атмосферы при притоке холодного воздуха в район, занятый теплыми воздушными массами. Не менее специфическим явлением здесь продемонстрирован ***тягун***, который наблюдается у причалов как во время шторма, так и при полном штиле. Причина его возникновения заключается в подходе к воротам портов длиннопериодных морских волн, невидимых простым глазом. Сильное воздействие их на массу воды в пределах акватории портов, вызывает колебания пришвартованных судов, их движение вдоль причалов, а иногда и разрыв стальных швартовых концов, что приводит к прекращению грузовых операций и вынужденному выводу судов на рейд. Для борьбы с таким явлением разработаны практические рекомендации по швартовке судов при тягуне и по строительству портов, безопасных в отношении тягуна.

В отношении Черного моря принят ряд постановлений по мерам, предотвращающим его загрязнение нефтью (преимущественно балластными водами) и нефтепродуктами, неочищенными сточными водами, отходами с промышленных производств и сельского хозяйства. Тем не менее в морской котловине продолжает увеличиваться содержание сероводорода. По некоторым данным в отдельных местах кислородной зоной ныне является всего лишь 2–3-метровая толща поверхностной воды. Увеличивается загрязнение моря и бытовыми отходами.

Проблемы Каспийского моря заключаются в непостоянстве уровня моря (как результат неотектонических движений в Прикаспийской низменности), увеличении солености воды (залив Кара-Богаз-Гол), загрязнении воды нефтепродуктами.

Явление нестабильности водного баланса характерно для Каспия в прошлом, когда уровень моря был значительно ниже недавнего и поднимался значительно выше настоящего. За восемь лет с 1977 по 1985 г. уровень Каспийского моря поднялся на 1 м, и ныне он поднимается на 12,5 см/г. При сохранении этой скорости за 25–30 лет уровень моря достигнет отметок 1929 г., что обернется катастрофой и многомиллиардными убытками для обжитой прибрежной территории.

Формирование Каспийского моря происходило в течение длительной геологической истории, на протяжении которой отмечалась неоднократная смена трансгрессивных (наступление) и регрессивных (отступление) фаз его уровня различной величины и продолжительности. В третичном периоде (около 70 млн лет назад) произошло отчленение понто-каспийского бассейна от южных морей и океана Тетис. В конце понтического времени (10 млн лет назад) огромное внутреннее Сарматское море, охватывающее территории современных Черного и Каспийского морей, распалось на отдельные части, образовав автономный изолированный бассейн Каспийского моря с привычными для нас контурами. В тот период площадь морской акватории была меньше современной, а в отдельные века среднего плиоцена Каспий занимал лишь южную глубоководную Дербентскую котловину. Геоморфологические исследования показали, что размах колебаний уровня Каспия со временем сокращался, и за последние 500–700 тыс. лет он превышал 100 м, в голоцене (последние 10 тыс. лет) достигал 15 м (между отметками –20 и –35 м), за последние 2 тыс. лет – 12 м, а за время инструментальных наблюдений (с 1830 г. по настоящее время) примерно 4 (рис. 10.11, 10.12).

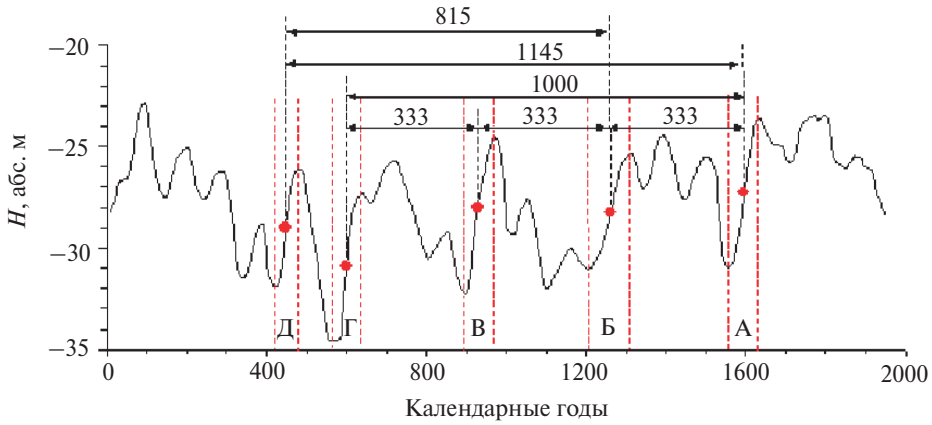


Рис. 10.11. Колебания уровня Каспия за последние 2000 лет. Хронологическая структура трансгрессий. Красным пунктиром ограничены трансгрессии, красными кружками показаны годы, соответствующие средней величине подъема уровня Каспия. Линии со стрелками на концах и цифры над ними – временные интервалы между трансгрессиями

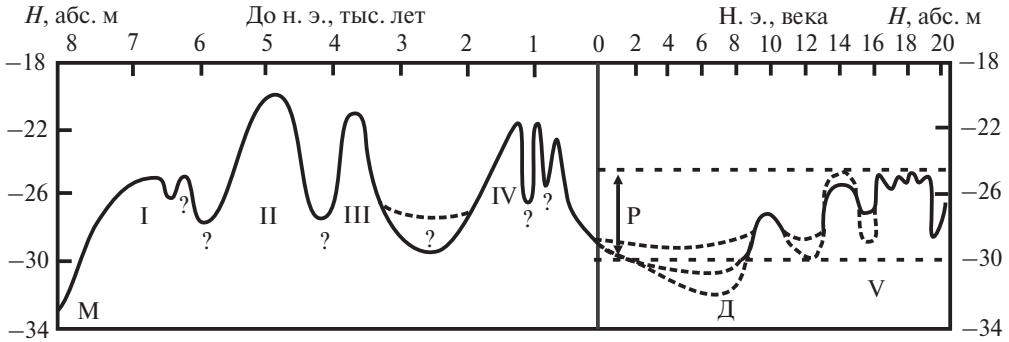


Рис. 10.12. Колебания уровня Каспия за последние 10 тыс. лет (Рычагов, 1997):
P – естественный размах колебаний уровня Каспия при климате субатлантической эпохи голоцена (зона риска), I–V – стадии новокаспийской трансгрессии; М – мангышлакская, Д – дербентская регрессии

Очевидно, процесс формирования Каспийского моря, с одной стороны, определялся глобальными геологическими явлениями, с другой – региональными особенностями. Потому считается, что на колебание уровня Каспийского моря в раннем неогене преобладающее влияние оказывали тектонические и климатические факторы, на современном этапе – климатические и антропогенные. Человек был свидетелем крупнейшей регрессии моря в 1958 г., когда в северном Каспии исчезли заливы, на морских картах сейчас вместо них показаны ссоры; весной после таяния снегов здесь расстилалась заболоченная равнина, к берегу моря невозможно было пройти.

С 1977 г. уровень Каспия начал повышаться. Природа как бы сама восстанавливает ранее нарушенное равновесие, однако человек обжил большую часть побережья, и повышение уровня моря несет ему новую катастрофу. Тем не менее есть возможность направить в северо-восточную часть излишки вод, поступающие сейчас в Каспий.

Чрезвычайную остроту в последние годы приобрела проблема сохранения экологического здоровья уникального природного объекта, каким является Каспийское море.

Его углеводородные ресурсы и биологические богатства не имеют аналогов в мире, и он – старейший в мире нефтедобывающий бассейн. В Азербайджане, на Апшеронском полуострове, добыча нефти началась более 150 лет назад и в нее впервые направлялись иностранные инвестиции. К промышленной разработке на шельфе приступили в 1924 г.

Проблема Каспия ныне очень актуальна, и зависит от решения вопроса о его международно-правовом статусе, о разделении нефтяных ресурсов между прикаспийскими государствами (Азербайджан, Россия, Казахстан, Иран и Туркменистан), предотвращении кризисных экологических ситуаций (загрязнение вод, проникновение чужеродных организмов, перелов рыбы и браконьерство, изменение естественных биогеохимических циклов, эвтрофикация), которые отразятся на личных планах каждого государства и его перспективах развития.

Главным загрязнителем моря является нефть, которая подавляет развитие фитобентоса и фитопланктона Каспия, представленных синезелеными и диатомовыми водорослями, что снижает выработку кислорода, ведет к гибели редких рыб (особенно осетровых) и других живых организмов (водоплавающих птиц) или приводит к их болезни, отрицательно сказывается и на тепло-, газо-, влагообмене между водной поверхностью и атмосферой. Из-за распространения на значительных площадях нефтяной пленки скорость испарения морской воды снижается в несколько раз.

Еще до недавнего времени Каспийское море использовалось в качестве полигона для вселения новых видов, предназначенных для увеличения рыбопродуктивности бассейна. Но когда в эту акваторию проникли чужеродные организмы и началось массовое размножение гребневика мнемиопсиса, впервые появившегося в Азовском море лет десять назад, по всей вероятности, путем завоза вместе с балластными водами на судах из Северной Америки, и в течение 1985–1990 гг. буквально опустошившего Азовское и Черное моря. Гребневик питается в основном зоопланктоном, потребляя ежесуточно пищи примерно 40 % от собственного веса, уничтожая пищевую базу каспийских рыб. Быстрое размножение и отсутствие естественных врагов поставили его вне конкуренции с другими потребителями планктона. Поедая также планктонные формы бентосных организмов, гребневик представляет угрозу и для наиболее ценных рыб – осетровых, как через уменьшение их кормовой базы, так и через прямое их уничтожение. Если ситуация на Каспии повторит таковую на Азовском и Черном морях, то полная потеря рыбохозяйственного значения моря произойдет уже к 2015 г.

Перелов и браконьерство – одна из главных причин резкого сокращения улова осетровых в Каспийском море. На его долю приходится около 80 % улова осетровых.

В результате массированного гидростроительства на Волге (а затем на Куре и других реках) изменились естественные биогеохимических циклы в этом бассейне: рыбы лишились своих естественных местообитаний, начались процессы заиливания русла.

Высокий уровень загрязнения моря и впадающих в него рек уже давно вызывал опасения нарастания формирования безкислородных зон в Каспии (особенно в районах южнее Туркменского залива), что выразится в нарушении баланса синтеза и распада органического вещества и приведет к усилению процесса эвтрофикации.

Химически нестойкие фенолы (токсичные летучие и нелетучие гидроксильные производные ароматических углеводородов) являются распространенными загрязняющими веществами, поступающими в природные воды со сточными водами нефтеперерабатывающих и других предприятий. В водной среде они подвергаются активному распаду. Процесс самоочищения морской воды от фенолов протекает по пути биохимического окисления под влиянием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) фенолов в питьевой воде и воде рыбохозяйственных водоемов составляет 1 мкг/л. В Северном Каспии (ADL, 1994) содержание фенолов в воде на мелководных участках моря достигало 8 мкг/л, и даже – 60 мкг/л, а характерное для вод этого района среднее значение составляет 3 мкг/л. Согласно данным Казгидромета (Ежегодник качества вод за 1992 г.), средняя концентрация фенолов в воде увеличилась за последнее время до 6 ПДК (0,006 мг/л); в 1996 г. вблизи восточного побережья Каспия – 3,9 мкг/л (3,9 ПДК); за период 1985–1990 гг. – менялось в пределах 3,0–9,0 мкг/л; максимальные концентрации – 30,0 мкг/л – отмечены в морской части устья реки Урал и в Уральской бороздине. Но уже в ходе выполнения полевой программы мониторинга состояния окружающей среды были повсеместно зафиксированы показатели содержания фенолов ниже 20,0 мкг/л.

В морской среде Каспия, наряду с углеводородами, загрязнителями являются тяжелые и переходные металлы – продукты как естественного происхождения (растворенные и осадочные формы), так и привнесенные в виде компонентов промышленных отходов с речным стоком. Металлы склонны к физическим, химическим, биологическим видам воздействия и преобразования окружающей среды. Как микроэлементы, они имеют большое значение в жизни рыб и других гидробионтов. Они входят в состав ферментов, витаминов, гормонов, участвуют в биохимических процессах, протекающих в организмах рыб. Но, находясь в воде в больших количествах, денатурируют белки, блокируют тиоловые группы, оказывают антибиотическое влияние на проявление жизненных процессов и вызывают генетические изменения.

Наибольшие концентрации тяжелых и переходных металлов (медь и цинк – 20 мкг/л, барий – 50 мкг/л) обнаружены в воде Восточного Каспия при ПДК – 10 мкг/л. Остальные элементы присутствуют в меньших количествах: мышьяк и хром – менее 6; свинец, ванадий, никель – менее 10; кадмий – менее 1,5; ртуть – менее 0,1 мкг/л, что не превышает рыбохозяйственных ПДК. Приводятся данные о содержании тяжелых металов в воде в северной части Каспийского моря в следующих значениях: медь – 7 мкг/л, цинк – 22 мкг/л, свинец – 1,3 мкг/л, кадмий – 0,5 мкг/л. Концентрация меди в настоящее время существенно выше приведенного авторами уровня, а показатели по цинку сопоставимы с указанными величинами.

Процесс сорбции и осаждения комплексных соединений с органическим веществом в Каспии ведет к образованию значительных концентраций меди. Максимальные показатели приурочиваются к взвеси прирусловых участков рек, минимальные в Уральской бороздине. Низкие содержания никеля отмечены в песках и ракушниках, повышенные – в мелкоалевритовых и глинистых илах. В осаждении и накоплении никеля участвуют и гидробионты.

Исключительно важную роль в истории Каспийского моря играет залив Кара-Богаз-Гол, оказывая огромное влияние на его водный и солевой балансы. Каждый кубический километр морской воды приносит в залив 13–15 млн т различных солей. Кара-Богаз-Гол полностью лишен притоков и через узкий пролив зависит от поступления вод из Каспия. В рамках решения проблемы Каспия с целью замедления снижения его уровня в 1980 г. пролив был перекрыт глухой плотиной и поступление Каспийских вод в залив прекратилось. Нарушение экологического равновесия привело к сокращению его площади. Для решения проблемы стали подавать воду из Каспия в Кара-Богаз-Гол по трубам, затем построили в плотине шлюз для увеличения и регулирования подачи воды. Был нарушен процесс осаждения мирабилита. Существует огромное нефтяное загрязнение со стороны Сочи, так как нефть в этом районе добывается более 100 лет.

В Казахстанской части Каспия по всему периметру полуострова Мангышлак продолжается массовая гибель тюленей от неустановленного болезнетворного вируса, что

грозит существованию всей популяции. Численность погибших животных, останки которых удалось извлечь из воды и уничтожить, составляет около 1800. Разгадку болезни обещают дать занимающиеся ее исследованием ученые России и Великобритании.

Другие проблемы Казахстанского Прикаспия заключаются в следующем:

- сокращение популяции осетровых, каспийских тюленей, сайгаков и других животных;
- загрязнение Каспия (в связи с подъемом уровня воды) при затоплении и подтоплении объектов нефтегазового и энергетического комплекса;
- загрязнение атмосферного воздуха при сжигании попутного газа и в результате пыления токсичных промышленных отходов;
- загрязнение и деградация почвенно-растительного покрова в результате деятельности предприятий нефтегазового, химического и энергетического комплексов;
- истощение подземных вод в результате неконтролируемого извлечения и использования на питьевые и технические нужды.

В решении данных проблем наиболее актуальны мероприятия: по консервации затопленных нефтяных скважин и токсичных промышленных отходов, ликвидация нефтяных загрязнений, утилизация попутных газов, предотвращение аварийных ситуаций и загрязнения окружающей среды, экстренное реагирование на чрезвычайные ситуации, восстановление биоразнообразия растительного и животного мира акватории и региона Каспийского моря, завершение строительства и пуск осетровых рыбоводных заводов на реке Урал, улучшение состояния естественных нерестилищ, борьба с браконьерством.

Проблемы Балтийского моря. Эта глубоко вдающаяся в северо-западную часть Евразиатского материка акватория находится в пределах материкового шельфа, имеет площадь около 415 тыс. км^2, объем воды в 21 тыс. км^3, среднюю глубину 52 м, но около 17 % акватории не глубже 10 м; имеется несколько котловин с глубинами 200 м (Ландсортская – 470 м, Готландская – 249 м, в Ботническом заливе – 254 м). Дно в южной части моря равнинное, на севере – неровное, скалистое.

Небольшие глубины моря не способствуют быстрому водообмену, полное обновление воды может произойти за 30–50 лет, и это обусловливает чрезвычайную чувствительность Балтики к антропогенному воздействию. Почти весь кислород, необходимый для нормального обитания организмов в глубинной части Балтики, приходит вместе с водами Северного моря весьма нерегулярно, и только под воздействием сильных западных ветров. Поступающие более соленые и более плотные воды погружаются и в нижнем слое создаются хорошие условия для жизни организмов. Но когда проникновение североморских вод в Балтику замедляется, то весь имеющийся в глубинных слоях кислород расходуется на окисление органических веществ и эти участки моря практически лишены жизни.

Качество воды в Балтике, особенно в поверхностных слоях, как и условия обитания организмов, а также общее состояние акватории определяются чистотой речного стока – основного источника пополнения моря. Около 250 крупных и малых рек, впадающих в море, несут большую часть загрязняющих веществ, образующихся в результате антропогенной деятельности на окружающей территории. До середины XX в. состояние Балтийского моря не вызывало серьезных опасений. Но в конце 60-х гг. вследствие того, что поступление загрязнителей превысило природную способность акватории к самоочищению, и в результате сверхэксплуатации ресурсов на Балтике разразился экологический кризис, и в 1973 г. море было объявлено чрезвычайным районом Мирового океана. Главными проблемами сегодняшней Балтики являются:

- избыточное поступление в акваторию азота и фосфора в результате смыва с удобряемых полей, с коммунальными стоками городов и отходами предприя-

тий; биогенные элементы не полностью перерабатываются и при дефиците кислорода разлагаются, выделяя сероводород, губительный для морских обитателей. Мертвые сероводородные зоны уже занимают дно крупнейших впадин Балтийского моря;

- ежегодное накопление тяжелых металлов (ртути – «всего» 33 т, свинца – 3 тыс. т, меди – 4 тыс. т, цинка, кадмия – около 50 т, кобальта, никеля), попадающих в море с атмосферными осадками и при прямом сбросе в акваторию или с речным стоком бытовых и промышленных отходов; эти металлы даже в ничтожных концентрациях крайне опасны для человека и морских организмов;
- загрязнение нефтью в результате различных стоков в акваторию до 600 тыс. т/год, приводящее к покрытию поверхности водного зеркала пленкой, не пропускающей кислород вглубь и задерживающей испарение с поверхности воды, в результате чего накапливаются токсичные для живых организмов вещества, резко снижается процесс фотосинтеза в наиболее продуктивных и в то же время уязвимых районах моря;
- захоронение на дне Балтики химического оружия, объема которого хватит для отравления всей Европы.

Проблемы Байкала – загрязнение воды от промышленных химических и деревообрабатывающих предприятий, снижение численности эндемиков в озере. Здесь сосредоточено 20 % пресной воды Земли, качество которой находится под угрозой. Байкал – одно из древнейших озер мира, существует уже около 20–25 млн лет и не выказывает никаких признаков старения, предполагается, что оно является зарождающимся новым океаном в результате расхождения тектонических плит со скоростью 6 мм/год.

Одна из главных проблем Байкала – загрязнение его водами р. Селенга и ее притоками от металлургических и деревообрабатывающих предприятий с содержанием загрязняющих веществ (фенолы, ионы меди, железо, свинец, нитраты, цинк и нефтепродукты, фосфор, нитраты) в концентрациях, несколько раз превышающих ПДК. Дельта р. Селенга является уникальным природным объектом – на ее мелководье находятся основные нерестилища байкальского омуля, причиной гибели икры которого стали отходы промышленности, сельскохозяйственной деятельности и животноводства (тяжелые металлы, хлорорганические соединения и химические вещества), отрицательно влияющие на качество воды Байкала.

Загрязнение 200 км акватории Байкала воздушными выбросами происходит из населенных пунктов, расположенных непосредственно вокруг озера, особенно вдоль южной его части, а также в результате выбросов предприятий теплоэнергетики, угольной, горнодобывающей, алюминиевой, химической, машиностроительной, металлообрабатывающей, легкой и пищевой промышленности (до тысяч тонн в 2000 г.).

В пределах 200 км зоны воздушного бассейна Байкала пять городов (Иркутск, Шелехов, Ангарск, Усолье-Сибирское и Черемхово (Иркутско-Черемховский промышленный узел) (загрязняют его выбросами предприятий теплоэнергетики, угольной, горнодобывающей, алюминиевой, химической, машиностроительной, металлообрабатывающей, легкой и пищевой промышленности.

Последствия строительства Иркутской ГЭС (1950 г., проектная мощность – в 1959 г.) заключаются в подъеме уровня Байкала на 1 м, затоплении 220 тыс. га ценных пойменных сельскохозяйственных земель и почти 500 тыс. га ценных лесов с ягодным и охотничьими угодьями. Плотина ГЭС, не имеющая рыбопропускных устройств, преградила пути миграции рыб в верховья Ангары, поэтому нерестилища и воспроизводство рыбной массы находятся под угрозой; в водохранилищах ценные породы рыб (осетровые и сиговые) вытесняются окунем, сорогой и ершом. Резкие колебания уровня воды Байкала наносят непоправимый урон его флоре и фауне (снижение способствует обсыханию нерестилищ ценных пород рыб, гибели икры и молоди), ведут к смешиванию водных масс, сильному разрушению берегов.

Загрязнение хозяйственно-бытовыми стоками проявляется в сбросе селами и небольшими городами на берегах Байкала (около 80 000 чел.) около 15 млн $м^3$ стоков/год в связи с отсутствием или очень низким качеством очистки бытовых и промышленных сточных вод.

Сброс загрязненных вод с судов осуществляется постоянно в виде балластных вод и нефтепродуктов (160 т/год). Навигация более 300 судов без маломерного флота, длится здесь около 6 месяцев. Работа на всем Байкале одной-единственной станции по очистке и сбору отходов (баржа «Самотлор») прекращена из-за отсутствия финансирования.

Вырубка лесов в водосборном бассейне Байкала, где первичная древесина является главным источником дохода Бурятии, по данным съемок со спутника и показаниям местных жителей, продолжает оставаться значительной (более 3 млн $м^3$ леса в год по данным Гринпис России) и после присвоения в 1996 г. Байкалу статуса объекта всемирного наследия. При этом не ведется постоянного наблюдения и контроля как за легальной вырубкой леса, так и за нелегальными операциями с лесом (почти весь лес из Бурятии вывозится в Китай). В последние годы все чаще возникают лесные пожары из-за неосторожного обращения с огнем.

Промысловое и любительское изъятие биоресурсов существенно влияет на численность и состав фауны Байкала, 60 % из которых – эндемики. В результате легальной и, в основном, нелегальной охоты в постсоветский период в тайге Байкальского региона общее число ***северного оленя*** сократилось на 16 %, ***соболя*** – на 21 %, ***лося*** – на 33 %, ***медведя*** – на 44 %, ***кабана*** – на 62 %. На состояние популяций ***рыб*** влияют чрезмерный вылов, уничтожение нерестилищ, количество эпишуры (ракообразные, ими питается молодь омуля), радиационный и температурный баланс в верхнем слое воды, разведение нетипичных видов рыбы и загрязнение.

Проблемы Северного Ледовитого океана. В настоящее время Северный Ледовитый океан приобретает все большее значение в масштабах мировой экономики. Ранее данная акватория имела значение только в разрезе возможности использования двух основных ***транспортных путей*** – Северного морского (или Северо-Восточного прохода длиной около 5600 км, связывающего российские города Мурманск и Владивосток в период навигации продолжительностью лишь 2–4 месяца в год, а на отдельных участках дольше, но с помощью ледоколов) и Северо-Западного (морской путь через Северный Ледовитый океан вдоль северного берега Северной Америки через Канадский Арктический архипелаг). Оба морских прохода соединяют Атлантический и Тихий океаны).

Однако если в отношении Северного морского пути в мировом сообществе все ясно и споров о его вхождении в территориальные воды Российской Федерации не возникает, то Северо-Западный путь остается предметом жарких дискуссий в мировом сообществе и его судьбу еще предстоит решить. По данным Европейского космического агентства в 2007 г., область арктического морского льда сократилась до минимального уровня за промежуток около 30 лет спутниковых наблюдений, что сделало Северо-Западный проход судоходным. Но поскольку этот морской путь входит в территориальные воды Канады, то будущее международное судоходство его может быть затруднительным.

Ныне же в результате развития технического потенциала Северный Ледовитый океан, помимо основного промысла морских животных, начинает рассматриваться политиками и экономистами как ***источник полезных ископаемых***, и в особенности колоссальных запасов углеводородного сырья, что делает эту акваторию и прилегающий шельф предметом раздела на зоны влияния прибрежных государств – России, Норве-

гии, Исландии, Дании (контролирует Гренландию), Канады, США, а кроме того, Финляндии и Швеции за определенные участки континентального шельфа. По оценкам ученых, под полярной шапкой может залегать до 25 % мировых запасов углеводородов, которые из-за глобального потепления в Арктике и таяния льдов становятся доступнее для добычи. Кроме того, через Арктику пролегает Северный морской путь – самая короткая трасса из Европы в Америку и Азию, поэтому очень важно, кто именно контролирует арктический шельф. Если России удастся доказать свои претензии, она получит права на разработку огромных месторождений нефти и газа на треугольнике Чукотка – Мурманск – Северный полюс площадью в 1,2 млн км^2.

Конвенция ООН по морскому праву закрепляет суверенитет прибрежных стран над территориальным морем и исключительными экономическими зонами (ИЭЗ). Граница территориального моря установлена в 12 морских милях (1 морская миля – 1,852 км), а ИЭЗ – в 200 морских милях от береговой линии. Конвенция предоставляет прибрежным государствам также право контроля над континентальным морским шельфом, «естественным продолжением» его территории.

Пока ни одна страна мира не получила от Комиссии ООН права на владение шельфом, выходящим за пределы 200 морских миль. Прорыв совершило явление Эль-Ниньо в 1972 г., полностью уничтожившее популяцию анчоуса, и Чили и Перу объявили 200-мильную зону в океане своей, поскольку весь планктон образуется возле берегов, а вся питающаяся им рыба принадлежит Перу. Комиссия ООН аргументацию Чили и Перу признали правомочной, всем прибрежным странам также присвоили 200-мильные экономические (порядка 350 км) зоны и 12-мильные политические (Конвенция ООН по морскому праву, 1982 г.). Это приобрело важное значение, когда технологии позволили добывать в океане нефть уже и на глубинах от 400 до 3000 м.

Страны, чьи шельфы выходят за границу 200-мильной зоны, занимаются продлением своих морских границ. Их претензии будут законным образом удовлетворены, для чего и создали в 1997 г. Комиссию ООН по границам континентального шельфа.

Что касается вод Северного Ледовитого океана, то самым спорным моментом в настоящее время является принадлежность хребта Ломоносова, на который, кроме Дании, претендует, нужно заметить не без оснований, и Россия. Хребет Ломоносова – горное плато на океаническом дне. Глубина его прохождения – километр и меньше. Хребет пересекает Арктику, соединяя Россию с Гренландией. Если доказать, что хребет Ломоносова – затонувшее продолжение континента, Россия поделит его с Данией. При этом граница России в океане пройдет почти так, как рисовали ее на картах СССР.

Чтобы хребет Ломоносова был признан российским, Комиссии ООН по границам континентального шельфа необходимо доказать, что кора на хребте – континентальная. А именно: толстая – 20–40 км, в отличие от тонкой коры океанического дна – 5–7 км; сложенная из гранитно-гнейсовых пород, а не из базальтовых – как кора океанического дна; тянется непрерывно, без разломов. Кроме этого, необходимо доказать, что фрагменты хребта Ломоносова – не утолщенная океаническая кора, как Гавайский архипелаг или Исландия. Именно такой контраргумент выдвинуло международное научное сообщество на заявку России в 2001 г. о присоединении к ее территории хребта Ломоносова.

Морские биологические ресурсы и экологическая ситуация в Северном Ледовитом океане – не менее важная проблема. Антропогенная нагрузка на биологические ресурсы Арктики была велика уже в доисторические времена. На заре освоения океана его основное богатство составляли морские млекопитающие. Еще в XVI–XVII вв. куп-

цы направляли специальные экспедиции для исследования северных морей и поисков прохода на Дальний Восток, которые сопровождались открытием крупных местообитаний китов в морях Баффина и Беринговом и в районе Шпицбергена. Если аборигены Арктики веками умеренно использовали морские биологические ресурсы, то европейцы быстро приблизили опасность полного уничтожения популяций ***морских котиков*** и ***гренландского кита***. Ныне запрещена охота на моржей, нарвалов и тюленей.

Из других характеризующих черт экологического состояния вод нынешнего Северного Ледовитого океана и его побережий следует выделить следующие – **начавшееся постоянное таяние ледников и угроза радиационной катастрофы.**

Исчезновение льдов было настолько интенсивным, что Северный морской путь почти полностью открылся для судоходства. Стало свободным и северное побережье Канады. По утверждениям метеорологов, к концу сентября льдов станет еще меньше и вся прибрежная зона в той или иной мере будет свободна для прохождения крупнотоннажных судов. Ранее предполагалось, что арктические судоходные пути избавятся ото льдов примерно к 2070 г., но за последние 30 лет проведения замеров уровня льда со спутников таяние льдов этого года самое ожесточенное. Оно уже привело к потере почти трети льдов на Севере от зимнего состояния, и если все пойдет таким же образом, то Арктика станет судоходной уже к 2030 г. (Гаврилов, 2007).

Согласно новым картам Арктики, сделанным со спутниковых снимков, площадь ледового панциря в 2007 г. уменьшилась до 4,4 млн км^2 (в 2005 г. – 5,3 млн км^2, в 1979 г. – 7,2 млн км^2), т. е. почти в два раза. Нечто подобное творится и с ледниками материковой части, а также на северных островах и в Гренландии. Баланс массы между приходом снега и его отходом в океан получается отрицательным. То есть тысячелетние шапки льда на островах убывают. С чем все это связано, сказать достоверно пока вряд ли кто-то сможет, ***никаких теплых течений из Атлантики не поступает, и чрезмерный нагрев полюса произошел из-за солнечной активности.*** Вследствие этого идет перераспределение воздушных масс в атмосфере, меняются давно сложившиеся потоки, что неизменно сказывается на толщине льда – она также сократилась почти в два раза. В этом есть плюсы для судоходства, но при этом возрастают другие риски. В перспективе же страны с низким уровнем ландшафта будут вынуждены защищать себя от возможного частичного затопления ее прибрежных территорий.

По оценкам американских специалистов из Денвера, процесс избавления Арктики от ледового покрова уже перешел в необратимую стадию. Российские же ученые не придерживаются столь пессимистического взгляда, полагая, что потепление имеет циклический характер и сейчас мы находимся на его пике. Нечто похожее уже было в новейшей истории, когда в 1930-х гг. по Северному морскому пути тоже можно было ходить на обыкновенных судах без сопровождения ледоколов.

Проблемы таяния Арктики в мировом масштабе представлены и данными МЧС России, согласно которым к 2030 г. на севере России, в связи с глобальным потеплением, могут начаться **катастрофические разрушения**. Уже сейчас в Западной Сибири ***вечная мерзлота*** оттаивает на 4 см/год, а в ближайшие 20 лет ее граница сдвинется на север на 80 км; предполагается, что через двадцать лет более четверти ***жилого фонда на севере*** региона может подвергнуться разрушениям в связи со строительством домов и промышленных объектов на вбитых в вечную мерзлоту сваях, а не на массивном фундаменте. При увеличении же среднегодовой температуры всего на 1–2° несущая способность этих свай снижается сразу на 50 % и дополнительным разрушениям могут подвергнуться аэропорты, дороги, подземные хранилища, складские помещения.

Другая проблема – резкое ***увеличение риска паводков***. К 2015 г. сток северных рек возрастет на 90 %; время ледостава сократится более чем на 15 дней, что приведет

к увеличению опасности паводков в два раза и соответственно в два раза больше станет транспортных аварий и затоплений прибрежных поселений. Кроме того, таяние вечной мерзлоты вызовет ***повышение выделения метана (парникового газа) из почвы***, увеличение концентрации которого отразится на повышении температуры нижних слоев атмосферы, а также скажется на здоровье северян.

По мере расширения ядерной деятельности (серия взрывов в 1955–1990 гг.) и приближения к ядерному паритету, экологические проблемы стали приобретать все большее значение. Это выразилось, в первую очередь, в заключении Договора 1963 г. о запрещении ядерных испытаний в трех средах (атмосфере, в космосе и под водой) и переходе только к подземным испытаниям. Этот же подход стимулировал и ответственное отношение к проектам мирного (народно-хозяйственного) использования ядерных взрывов, ограничив реальные проекты в основном использованием подземных ядерных взрывов, продолжавшихся вплоть до 1990 г. В настоящее время работа полигона по испытанию ядерного оружия закрыта, на о-ва Новой Земли возвращаются поселенцы, однако нет сомнений в чрезвычайном уровне радиационного загрязнения данного региона, а процесс «очищения» вод океана от последствий таких испытаний затянется на несколько сотен лет.

Проблемы Антарктиды. По договоренности мировых стран здесь не ведется промышленная разработка полезных ископаемых (богатых залежей нефти и газа), а только разносторонние научные исследования. В последние годы отмечено увеличение скорости движения материкового льда от центра к его окраинам и сползание льда в Южный океан, в результате чего образуются новые айсберги (с большим объемом пресной воды, используемой населением засушливых районов Южного полушария), повышающие уровень Мирового океана.

Последнее географическое открытие XX в. – обнаружение боровой скважиной озера Восток в Антарктиде под слоем льда мощностью 3,5– 4 км. Поднятый керн льда накопился в течение последних 0,4–1 млн лет. Образцы воды из озера были выявлены в керне (несколько более темноватого цвета) в виде вмороженных вкраплений в нижнюю часть льда с глубины 3,6 км. В нем под электронным микроскопом ученым Дж. Прископом были найдены ***крупные кристаллы*** (иногда 1 м льда представлял собой один кристалл!) и ***сотни белых микроорганизмов***, сидетельствующих о наличии новых форм жизни.

Беларусь также ежегодно участвует в экспедиционной и научной деятельности в Антарктиде, получено много значимых результатов в сфере физики атмосферы и морских биологических ресурсов, во время второго сезона 2008–2009 г. была открыта и сертифицирована станция дистанционного зондирования атмосферы на базе «Гора Вечерняя», планируется строительство собственной базы на шестом континенте.

Как бы то ни было, но предполагаемое таяние льдов Антарктиды и Гренландии приведет к исчезновению природных изотопно-кислородной и изотопно-углеродной хронологических шкал за последний миллион лет, разработанных на основе специального изучения керна льда. С другой стороны, если в течение столь долгого времени в материковом льду Северного и Южного полушарий стабильно (без перерывов) фиксировалось изменение параметров этих газов в разных по возрасту оледенениях и межледниковьях, то даже в самое теплое межледниковье плейстоцена (превышение температуры года на 4–5°) толща льда (ныне в Антарктиде – до 500 м) не была подвержена полному растаиванию, сохранив летопись периодичности и последовательности похолоданий и потеплений разного ранга.

Таким образом, ***проблемы гидросферы Земли оказываются*** весьма остры. Если вопросы сохранения фауны можно решить путем запретов на ее промысел, а сохране-

ния разнообразия и объема растительности – путем защиты ее от загрязнения и уничтожения, сохраняя мировое воспроизводство кислорода на планете, то другие (таяние льдов и вечной мерзлоты, радиационное и промышленное загрязнение, выделение метана из активных зон океана и материковой вечной мерзлоты) могут оказаться не столь быстро решаемыми, и создают проблему всему человечеству. Устойчивость геосистемы Мирового океана основана на постоянстве среды. Это состояние учитывает поступление в океан вредных веществ, но в концентрациях, не вызывающих неблагоприятные последствия. Воздействие загрязнителей на биоту океана зависит от степени опасности, стойкости, агрегатного состояния, масштаба, продолжительности воздействия загрязнения и вида организма.

В настоящее время существуют международные соглашения по отдельным морям, регулирующие совместные действия по борьбе с загрязнением, предотвращению и ликвидации экологических катастроф, по организации совместных наблюдений за качеством воды, по охраняемым акваториям и территориям и другим вопросам, требующим совместных согласованных, действий. Помимо региональных, существуют и другие международные соглашения, регулирующие различные экологические проблемы морей и океанов.

ГЛАВА 11

ПРОБЛЕМЫ БИОСФЕРЫ

11.1. Границы и строение биосферы

По В. И. Вернадскому, **биосфера** есть оболочка Земли – область существования живого вещества. Биосфера, охватывающая весь земной шар, небеспредельна, ее границы определяются распространением жизни как по горизонтали, так и по вертикали (рис. 11.1). Однако поскольку Земля имеет форму геоида, говорить о горизонтальных границах следует с некоторыми допущениями. Ведь если в экваториальных, тропических и умеренных широтах жизнь распространена повсеместно, то в отношения приполярных областей, т. е. территорий, расположенных вокруг Северного и Южного полюсов, следует сделать уточнения.

Воды Северного Ледовитого океана с постоянным ледовым покровом на большей его части в течение круглого года довольно обильно заселены морскими животными. Низкие температуры не препятствуют распространению живых организмов и над ледовым покровом, и на суше. Даже в Верхоянске, который до недавнего времени считался полюсом холода и где абсолютный минимум достиг –71 °С, растут лиственничные северотаежные леса. Занесение спор мхов, грибов, лишайников и водорослей, которые могут выдержать вероятно еще более низкие температуры, вполне вплоть до Северного полюса. Там, где есть каменистый субстрат, например на северных побережьях островов архипелагов Северная Земля и Шпицберген, образуется, хотя и разреженно, мохово-лишайниковая растительность. В Антарктиде лишайники встречаются даже в 360 км от Южного полюса на высоте 2000 м над уровнем моря. Поэтому можно утверждать, что хотя концентрация и разнообразие живых организмов на различных по природным условиям территориях и акваториях изменяются в довольно значительных пределах, жизнь существует на всем земном шаре. Следовательно, **горизонтальных границ у биосферы нет** и речь следует вести только о ее вертикальной размерности: верхнем, атмосферном, и нижнем, литосферном, пределах.

Верхняя граница распространения жизни в атмосфере определяется не столько низкими температурами, сколько губительным действием радиации. Так, пыльца цветковых и голосеменных растений, споры грибов, мхов, папоротников и лишайников, бактерии и простейшие животные организмы постоянно или с сезонной ритмикой присутствуют в воздухе. Над сушей и акваторией в дожде, снеге, в облаках и туманах, кроме пыльцы и спор, обнаружены микроорганизмы. Вся воздушная среда представляет собой суспензию жизнеспособных пыльцы, спор и микроорганизмов, содержание которых уменьшается с высотой. Интенсивность радиации, создаваемой космическими лучами, на высоте 9 км в десятки раз больше, чем на уровне моря, а на высотах 15–18 км возрастает уже в сотни раз. Высотное распространение микроорганизмов ограничивается в основном потоком жесткой ультрафиолетовой радиации Солнца, убивающей все живое.

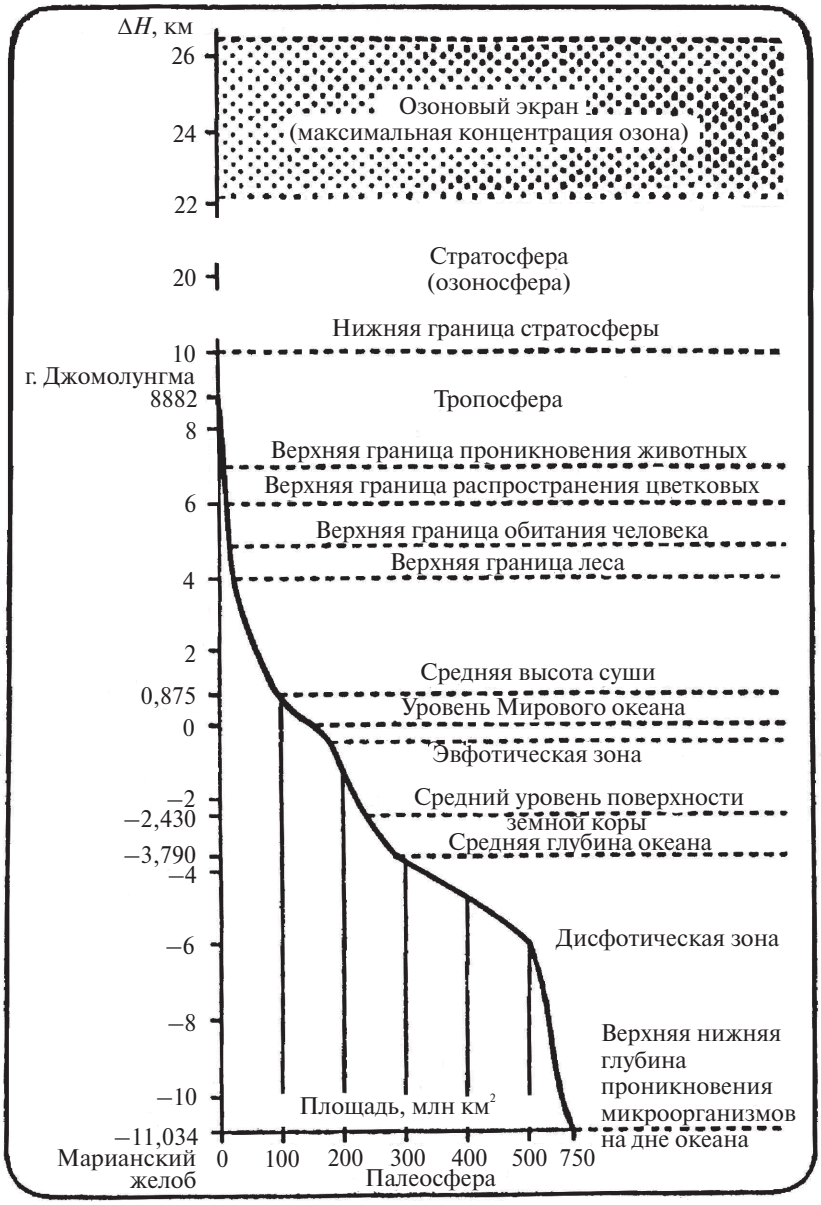


Рис. 11.1. Вертикальная размерность биосферы и гипсометрическая кривая Земли

В. И. Вернадский отмечал, что границы биосферы обусловлены прежде всего полем существования жизни, т. е. полем, где возможно размножение организмов. Можно утверждать, что вся тропосфера, высота которой 8–10 км в полярных широтах и 16–18 км у экватора, в большей или меньшей степени населена живыми организмами, которые находятся в ней либо временно, либо постоянно (см. рис. 11.1). Уже в тропопаузе резко изменяются физические и температурные характеристики биосферы, прекращается интенсивное турбулентное перемешивание воздушных масс. Стратосфера, находящаяся выше тропопаузы, вряд ли пригодна для существования микроорганизмов.

Верхний предел биосферы, или поля существования жизни, довольно ясно просматривается в тропопаузе. Однако верхний предел занесения спор и микроорганизмов, определяющий «поле устойчивости жизни» (живые организмы существуют, но не размножаются), возможен до верхней границы стратосферы.

Таким образом, область распространения живых организмов ограничена в основном тропосферой. Например, верхняя граница полета орлов находится на высоте 7 км; растения в горных системах и насекомые в воздушной средстве распространены выше 6 км; верхняя граница постоянного обитания человека – 5 км, обрабатываемых им земель – 4,5 км, леса в горных системах тропиков не растут выше 4 км.

Тропосфера представляет собой воздушную среду, в которой осуществляется только передвижение организмов, нередко при помощи своеобразно приспособленных для этого органов. Настоящего аэропланктона, постоянно обитающего и размножающегося в воздушной среде, видимо, нет. В противном случае тропосфера представляла бы собой «кисель», максимально насыщенный микроорганизмами. Весь цикл своего развития, включая размножение, организмы осуществляют только в литосфере и гидросфере, а также на границе воздушной среды с этими оболочками.

Верхние слои тропосферы и стратосферы, в которые возможно занесение микроорганизмов, а также наиболее холодные и жаркие районы земного шара, где организмы могут существовать лишь в покоящемся состоянии, называются **парабиосферой**.

Биосфера по вертикали разделяется на две четко обособленные области: верхнюю, освещенную светом, – **фотобиосферу**, в которой происходит фотосинтез, и нижнюю, «темную», – **меланобиосферу**, в которой фотосинтез невозможен. На суше граница между ними проходит по поверхности Земли.

В состав биосферы полностью включается гидросфера – озера, реки, моря и океаны. В морях и океанах наибольшая концентрация жизни приурочена к эвфотической зоне, куда проникает солнечный свет. Обычно ее глубина не превышает 200 м в морях и континентальных пресноводных бассейнах. Именно в фотобиосфере, где возможен фотосинтез, сосредоточены все фотосинтезирующие организмы и продуцируется первичная биологическая продукция.

Афотическая зона (**меланобиосфера**), начинающаяся с глубины 200 м, характеризуется темнотой и отсутствием фотосинтезирующйх растений. Она представляет собой водную среду обитания активно перемещающихся животных. Вместе с тем через нее непрерывным потоком опускаются на дно морей и океанов отмершие растения, выделения и трупы животных.

О нижнем, литосферном, пределе биосферы, ясного представления пока нет. В большинстве работ, посвященных биосфере, указывается, что ее нижний предел на континентах составляет в среднем 2–3 км. Здесь в условиях низких, по сравнению с более глубокими слоями, температуры и давления, но при участии живых организмов (микроорганизмов) и воды, прекращается миграция химических элементов. Микробиологические исследования свидетельствуют о том, что микроорганизмы присутствуют также в пластовых водах, омывающих нефть, хотя сама нефть стерильна.

Под океанами литосферный предел биосферы, вероятно, распространяется на 0,5–1,0 км и, возможно, на 3,0 км ниже дна. Однако существует более обоснованное предположение, что заселенным микроорганизмами может оказаться только 200–250-метровый слой донных осадков. Достоверно установлено, что микрофлора обитает в донных осадках мощностью от 5 см (Черное море) до 10–12 м (Тихий и Индийский океаны) и 114 м (Каспийское море). О более глубоком проникновении жизни в литосферу, несмотря на интенсивные буровые работы, достоверной информации нет. Точную массу и объем биосферы установить очень трудно, поскольку неизвестно точное положение ее вертикальных границ. Можно говорить только о приближенных

значениях этих характеристик. Масса всей биосферы (атмосфера + гидросфера + литосфера в границах биосферы) составляет $3 \cdot 10^9$ млрд т (или 0,05 % массы Земли), а объем – 10 млрд км^3 (или 0,4 % объема Земли).

Ниже литосферной границы биосферы лежит «область былых биосфер» (т. е. палеосфера), под которой В. И. Вернадский понимал оболочку Земли, в геологическом прошлом подвергшуюся воздействию жизни. Ученый отмечал, что земная кора, мощностью в несколько десятков километров, с осадочными породами и гранитной оболочкой когда-то была на поверхности планеты и входила в состав более древней биосферы. Каменный уголь, нефть, мрамор, доломит, известняк, мел, железная руда и другие горные породы осадочного происхождения – свидетели существования жизни в «былых биосферах».

Некоторые ученые (В. А. Ковда, А. Н. Тюрюканов) в состав биосферы включают не только область жизни, но и другие структуры Земли, генетически связанные с живым веществом, т. е. «былые биосферы», в настоящее время лишенные жизни. Такую многослойную оболочку Земли, сформировавшуюся в результате деятельности живого вещества, предложено было называть **мегабиосферой**. Она включает в себя: а) анобиосферу – верхнюю часть атмосферы Земли выше уровня распространения форм жизни в состояние анабиоза; б) парабиосферу; в) биосферу; г) метабиосферу, соответствующую «области былых биосфер» (или палеосферу) В. И. Вернадского.

В научных работах, посвященных географической оболочке, биосфера долго рассматривалась как совокупность живых организмов (или органической материи). При таком подходе недостаточно полно учитывались особенности биосферы как планетарного образования. В современном представлении географов понятие «биосфера» отражает лишь частный, биоцентрический взгляд на географическую оболочку, которая представляет собой единственную на Земле геосистему планетарного уровня (Исанко, 1991).

11.2. Проблемы органического мира

Все составные части биосферы испытывают на себе воздействие антропогенного фактора, главным из которых является снижение биоразнообразия на суше и в водной среде.

Последствием хозяйственной деятельности человека является уменьшение на Земле площадей, покрытых **лесом**. Если 1,5–3 тыс. лет назад лесистость суши составляла 47 %, то к настоящему времени она уменьшилась до 26 %. Только за последние 200 лет площадь лесов уменьшилась в два раза (Рябчиков, 1976). Такие страны, как Англия, Греция, Китай, ранее в значительной степени покрытые лесами, сейчас почти безлесны в результате интенсивных рубок и лесных пожаров.

Выкорчевывание лесов в Месопотамии, Греции, Малой Азии и в других местах для получения таким путем пахотных земель положило начало нынешнему запустению этих стран, лишив их, вместе с лесами, центров скопления и сохранения влаги. Вырубка на южном склоне альпийских гор хвойных лесов, так заботливо охраняемых на северном, подрезала основу высокогорного скотоводства и на большую часть года оставила без воды горные источники, которые в период дождей могли бы изливать на равнину значительные потоки воды.

Наряду с резким уменьшением лесистости существенно изменился и состав лесов. На больших площадях коренные леса сменились производными, вторичными, уменьшилось количество ценных пород, снизилась роль спелых насаждений и возросла – молодых.

Не меньшие изменения, чем растительный покров, претерпел **животный мир**. За последние 400 лет было уничтожено в мире более 500 видов зверей и птиц, под угрозой

истребления сейчас находится около 600 видов (данные Л. К. Шапошникова; Юренков, 1982). Исчезли дикий бык тур (*Bos primigenius*) – предок крупнорогатого скота, дикая лошадь тарпан (*Equus gmelini*), морская корова (*Rhytina stelleri* – стеллерова корова). В результате чрезмерной охоты полностью уничтожены странствующий голубь (*Ectopistes migratorius*), дронт (*Raphus cocullatus*), дадо (*Raphus solitarius*) и другие виды животных. Сильно уменьшилось количество особей ценных видов охотничье-промысловых животных (лось, антилопа сайгак, речной бобр и др.), которые некогда в большом количестве водились в России. Неумелое применение ядохимикатов и удобрений, вырубка лесов, загрязнение водоемов и некоторые другие аспекты человеческой деятельности отрицательно сказываются на рыбном хозяйстве – уменьшение рыбопродуктивности, сокращение ценных видов рыб (осетр, белуга, севрюга, лосось, судак и др.) и увеличение доли малоценных.

Человек преднамеренно или случайно способствует изменению ареала разных видов животных. Примером преднамеренного расселения животных является их акклиматизация и реакклиматизация. Так, речной бобр вновь поселился в своих прежних местах, в России «прописалась» североамериканская ондатра (*Ondatra zibethica*), байкальский омуль (*Coregonus migratorius*) прижился в Онежском озере, приморская енотовидная собака (*Nyctereuntes procyonoides*) в большом количестве размножилась на Восточно-Европейской равнине и т. д. Непреднамеренные изменения ареала животных происходят с изменением природных угодий деятельностью человека. Так, вслед за расширением посевных площадей стали расширяться и ареалы грызунов, уменьшение лесов способствовало расширению ареала птиц, местами обитания которых являются луга, и др.

11.3. Редкие и исчезнувшие животные планеты Земля

И до настоящего времени многие факты из истории развития органического мира Земли и самой Земли не являются достаточными для их подтверждения, что говорит о существовании еще «белых пятен» в открытиях и легендах уже нового, но и не полностью изведанного XXI в.

На карте (рис. 11.2) представлены самые крупные из позвоночных, найденные за последние сто лет. Ученые не теряют надежды, что в малодоступных уголках нашей планеты еще скрываются последние могикане из уничтоженных человеком видов, а также те, с которыми он еще не встречался (Сандерсон, 1977).

Только в конце прошлого века стало известно, что самый крупный из бурых медведей не гризли, а **медведь кодьяк** (*1*). Он достигает в длину более трех метров и веса в 700 кг. Гризли почти в полтора раза меньше.

Снежный человек (йети или большеног) (рис. 11.3) остается легендой, хотя о его пребывании говорят почти на всех материках и, возможно, именно он заснят на отдельных кинокадрах (*2*, *3*, *32*).

Трехпалый – этот **неодинозавр** оставлял отпечатки своих лап на многих побережьях и в таких населенных местах, как п-ов Флорида и о-ов Нантакет (*4*, *18*, *40*, *44*, *46*).

Доказательство реальности существования **гигантских кальмаров** (до 18 м) – это следы их присосок на теле кашалотов (*5*).

В лесах Южной Америки, по слухам, водятся **змеи**, способные утащить под воду быка (*6*). Известным десятиметровым анакондам это не под силу.



Рис. 11.2. Карта расположения редких и исчезнувших видов животных

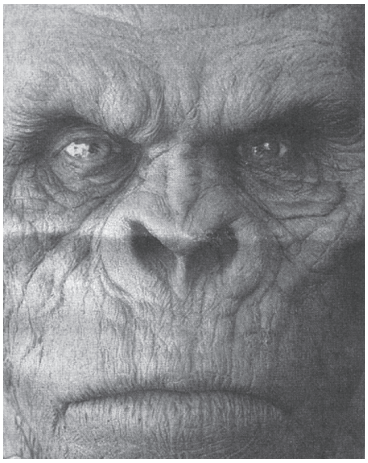


Рис. 11.3. «Снежный человек»



Рис. 11.4. Бескрылая гагарка

Только в 1940 г. в руки ученых попала шкура и череп **горного волка Гагенбека**. Подробности жизни этого обитателя суровых гор до сих пор неизвестны (*7*).

Еще один **волк** Южной Америки – **гривистый** – также стал известен лишь в этом веке (*8*).

Гигантские броненосцы вымерли совсем недавно, уже при человеке. Некоторые ученые приписывают следы, иногда находимые в лесах, именно этим животным (*9*).

В конце XX в. в одной из пещер Южной Патагонии были обнаружены куски шкуры **гигантского ленивца** (*10*).

Судя по рассказам очевидцев, морских змей в океанах водится несколько видов. Среди них есть **гигантские морские змеи**, которые напоминают вымерших плезиозавров (*11*).

Бескрылая гагарка – существующая ныне птица, истребление которой завершилось «с триумфом»: за ее чучело коллекционеры платят теперь больше, чем за 20 первоклассных автомобилей. Всего 120 лет назад на незамерзающих берегах Северной Шотландии, Исландии, Гренландии и Ньюфаундленда бескрылые гагарки обитали в огромном количестве. Сейчас от них осталось лишь сотня чучел, чуть больше яиц и множество скелетов (*12*) (рис. 11.4).

Еще один «морской змей» – знаменитое **Лох-Несское чудовище**. В июле 1977 г. в южной части Тихого океана в сети траулера попали останки неизвестного морского животного длиной около 10 м, длина хвоста – 2 м, а шеи – 1,5 м. Вес животного около 2 т. С животного сделано несколько снимков. По образцу ткани плавника этой необычной находки ихтиологи пришли к выводу, что это животное отличается от всех ныне известных. Одни считают найденное животное рыбой, а другие пресмыкающимся. По пропорциям тела оно удивительно напоминает **плезиозавра**, морского хищника, жившего в период мезозоя, а также легендарное чудовище Несси, которое, как многие считают, обитает в шотландском оз. Лох-Несс. Плезиозавры во множестве обитали в морях к востоку от нынешней Австралии около 100 млн лет назад. И вот уже в течение многих лет тысячи глаз и объективов постоянно следят за поверхностью оз. Лох-Несс, в него спускались аквалангисты и водолазы и даже подводные лодки. Но Несси пока неуловим. Множество неясных фотографий и километры кинопленки – вот и все, что свидетельствует о его реальном существовании (*13*).

Многие зоологи настолько уверенны в существовании в центре Европы полуметровой **ядовитой ящерицы – татцельвурма**, что включили ее описание в свои монографии. Имеется много показаний очевидцев и, по слухам, одна хорошая фотография (*14*).

40 лет назад в Африке было поймано восемь **павлинов**, хотя местом обитания этих птиц считалась только Азия (*15*).

Длина самого большого в мире **белого носорога Коттона** – 5 м, высота – 2 м, вес – более 2 т, длина переднего рога – свыше 1,5 м. Он обнаружен в 1900 г. (*16*).

Двурогие белые носороги прежде были широко распространены в Южной Африке; в настоящее время сохранилось около 200 экземпляров в двух заповедниках Наталя.

Первый европеец увидел **карликового бегемота** в 1911 г. (*17*).

М'куу-м'бембу – так называют местные жители **гигантского динозавра**, якобы обитающего в реках и озерах Центральной Африки (*19*). На воротах храма древневавилонской богини Иштар среди множества изображений реальных животных есть одно неизвестное. Его называли сирруш. По мнению некоторых ученых, художники и здесь не отошли от истины: на воротах изображен м'куу-м'бембу (*22*).

Самая большая из диких свиней открыта лишь в начале XX в. Длина **гигантской лесной свиньи** – 2,5 м, высота – 1,20 м (*20*).

Последняя африканская зебра **квагга** умерла в лондонском зоопарке в прошлом веке. Но сейчас из Южной Африки поступают сведения, что охотники встречают этих полосатых животных (*21*).

В 1901 г. в Центральной Африке найдена самая большая в мире обезьяна – **горная горилла –** ростом 2 м, обхват груди – 1,7 м, окружность бицепсов – 65 см, вес – до 200 кг (*23*).

Газель геренук – самая длинношеяя из газелей, была найдена в конце XX в. (*24*).

Окапи – сейчас всем хорошо известное животное, найдено лишь в начале XX в. (*25*).

Еще одна **человекообразная обезьяна – карликовый шимпанзе**, на треть меньше обыкновенного (*26*).

Мадагаскар является страной множества **лемуров**. Местные легенды рассказывают еще об одном – **третретре**. Он самый крупный из известных, днем прячется, а ночью ходит по лесу (*27*).

История крупных **нелетающих голубей** (**дронтов**) Маскаренского архипелага трагична. Моряки палками убивали сотни пудовых птиц, завезенные колонистами свиньи уничтожали птенцов. В начале XVIII в. несколько птиц было привезено в Европу и из одной для Оксфорда было сделано чучело, которое позднее стало непригодным. Отрезанные от него голова и две лапы (одна из них хранится в Лондоне), а также череп (хранится в Копенгагене) – вот и все остатки некогда многочисленных птиц (*28*).

До 1867 г. аборигены Мадагаскара утверждали, что в лесах обитает **эпиорнис** – одна из самых больших птиц на Земле высотой до 3 м, а в ее яйце вмещалось 8 л жидкости (*29*).

Самая большая зоологическая сенсация XX в. – **кистеперая рыба** (**целакант**, или **латимерия**), пойманная в 1938 г. у берегов о-ва Мадагаскар, а позднее – у о. Целебес (*30*), в районе Коморских островов. Считалось, что все они исчезли 100–120 млн лет назад. Сейчас достоянием науки стали более 70 особей. Повторно названа в честь ее открывателя Латимер – ученой из Франции (рис. 11.5, 11.6).



Рис. 11.5. Кистеперая рыба (целакант или латимерия) в водной среде



Рис. 11.6. Кистеперая рыба (целакант или латимерия) в воздушной среде

Чепрачный тапир – обычный обитатель лесов и болот Южной Азии – был открыт в начале XX в. (*31*).

Носатая обезьяна Восточного Тибета ускользала от внимания исследователей до конца XX в. (*33*).

В России также, возможно, обитают **чудовищные ящеры**. По единичным сообщениям, в оз. Хайыр на Таймыре водится что-то похожее на крокодила (*34*), а в оз. Ворота (верховья Индигирки) – совершенно непонятное существо – то ли гигантская рыба, то ли амфибия (*35*).

Родина **оленя Давида** неизвестна. Рога у этого необычайного животного, как у оленя, но смена их происходит два раза в год; хвост – коровий, а копыта, как у козы. Стадо этих оленей обитало в императорском парке в Пекине. В конце прошлого века несколько оленей были доставлены в Европу. В 1895 г. от наводнения погибла большая часть зверей в Пекине, остатки были уничтожены во время восстания 1900 г. Часть оленей Давида, попавших в Англию, сохранилась, и сейчас их насчитывается около 250 голов (*36*).

В 1937 г. была поймана первая **панда**. Сейчас этот забавный обитатель лесов живет в нескольких зоопарках (*37*).

Такина, обитающего в Индии и Китае, можно отнести и к быкам, и к баранам, и к антилопам. Пока он считается бараном, правда, ростом он с небольшого буйвола. Открыт в 1850 г. (*38*).

В 1935 г. в лесах Камбоджи был открыт один из самых крупных **диких быков – коупрей** (*39*).

Самая большая **ящерица** была найдена на о-ве Комодо в 1912 г. **Варан Комодо** (или **дракон**) достигает 5 м, питается кабанами и оленями (*41*). Среди ныне существующих ящериц семейства *Varanus* варан один из самых древних – ему около 60 млн лет.

Сумчатый тигр (тилацин, тасманский или **сумчатый волк)** водился совсем недавно по всей Австралии (до вселения динго в плейстоцене), Тасмании и Новой Гвинее. Туловище удлиненное, голова сходна с собачьей, длина тела 100–130 см, хвоста – 50–60 см. Правительство Тасмании выдавало премии за каждого убитого сумчатого волка, который уничтожался фермерами как хищник, поедающий овец. В результате сумчатые волки к началу XIX в. уцелели только в самых глухих горных лесах о-ва Тасмания, а после 40-х гг. XX в. их вообще никто здесь не встречал: предполагают, что последнего сумчатого волка застрелили в 1930 г. Следы же их видели два последних раза в 1948 и 1957 гг. вблизи Хобарта. Многие зоологи считают, что все сумчатые волки уже вымерли (*42*) (рис. 11.7).

Золотоискатели рассказывают о встречах с **«гигантскими кроликами»**. Палеонтологам известны **дипродонты**, недавно водившиеся в тех местах. Это громадные травоядные, напоминающие тапиров (*43*).

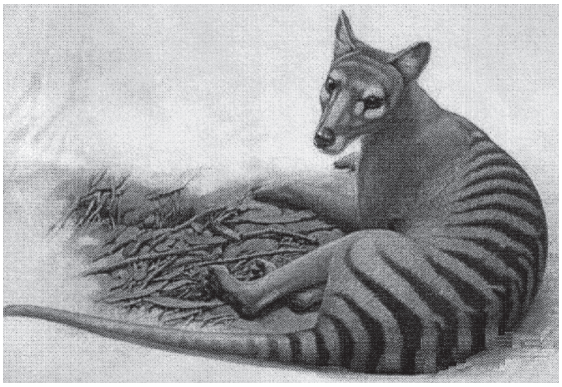


Рис. 11.7. Сумчатый тигр (тилацин, тасманский или сумчатый волк)

Моа – страусы Новой Зеландии, были разных размеров. Самые крупные птицы весили до трехсот килограммов. Было предпринято множество экспедиций на поиски оставшихся моа, но обнадеживающих находок пока нет (*45*).

Стеллерова корова (*Rhytina stelleri*) – самое большое травоядное животное Земли было открыто экспедицией Беринга в 1741 г. Это малоподвижное беззубое темно-бурое животное длиной 6–8 м с раздвоенным хвостом обитало в мелких бухтах Командорских островов, питаясь морской капустой – ламинарией. Нырять стеллерова корова почти не умела, роды происходили в воде. О жизни морской коровы известно лишь по описанию натуралиста экспедиции Г. Стеллера, в честь которого она и получила свое видовое название. Вкусное мясо, ценная кожа и жир стали причиной гибели этих гигантов. Всего за 27 лет XX в. она была полностью истреблена, последняя морская корова убита в 1768 г. Сохранились разрозненные останки этих животных, рассказы путешественников и зарисовки морской коровы (рис. 11.8). В последние годы поступают сообщения от китобоев Дальнего Востока, что похожих животных иногда видели в бухтах Берингова моря и это странное огромное животное похоже на рыбу. А в 1963 г. в журнале «Природа» была помещена заметка о том, что летом с китобойца «Буран» недалеко от мыса Наварин видели «группу очень крупных животных необычного вида», по всем признакам похожих на вымерших 200 лет назад стеллеровых коров (*47*).

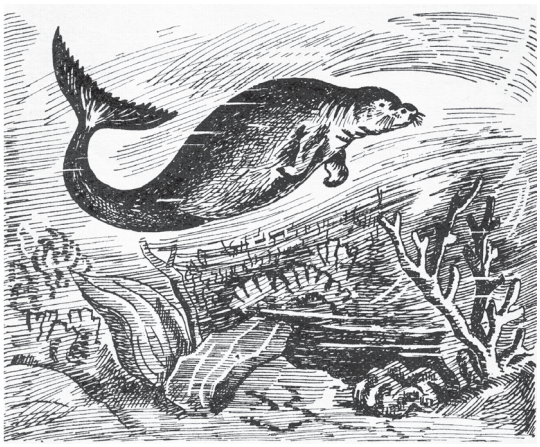


Рис. 11.8. Корова Стеллера (морская корова)

Одним из сотрудников лаборатории тропической биологии в США пойман редкий вид ***осьминога – аргонавт***. Это единственный головоногий моллюск, имеющий уникальную раковину, которой обладают только женские особи. Самцы гораздо меньше по размеру и встречаются крайне редко. Пойманный экземпляр имел раковину с поперечником около 13 см. Раковина служит аргонавту и домом, и гнездом для яиц, а также и гидростатическим приспособлением, позволяющим животному плавать на поверхности воды или висеть в нескольких метрах под ее поверхностью. Этот осьминог дрейфует в океане по воле течения и ветров.

Антилопы импала еще в сравнительно недавние времена населяли бескрайние равнины Африки. Способность совершать гигантские прыжки (до 3 м в высоту и до 10 м в длину) не спасла это грациозное животное от охотников. В конце XX в. из 1000 стад уцелело не более 1,5 тыс. голов, главным образом в заповедниках.

В 1963 г., когда **американский журавль** уже давно был взят под защиту закона, общая численность его составляла всего 33 птицы. Американские орнитологи и любители природы предприняли чрезвычайные меры: каждый журавль стал охраняться «персонально» как в гнездовом районе, так и на местах зимовок, а во время перелета птиц сопровождали патрульные самолеты и браконьерское убийство журавля, казалось бы, полностью было исключено. Однако оказалось, что в 1965 г. американских журавлей было уже всего 20, а главное – среди них не было молодых птиц! Видимо, размножение этого вида прекратилось.

Черепахи относятся к самым долговечным животным на Земле, а **галапагосским** великанам принадлежит рекорд – они доживают до 200–250 лет.

Рассказы о **странствующих голубях** похожи на фантастические. Когда голуби появлялись на небе, темнело, как при затмении. Летящие птицы покрывали почти весь небосвод от горизонта до горизонта. Голуби летели часами и не было видно ни начала, ни конца их походной колонии. Американский орнитолог Вильсон утверждал, что одна стая голубей пролетала над ним 4 часа, растянувшись на 360 км, и состояла примерно из 2 230 272 000 птиц! Странствующих голубей уничтожали всеми способами, которые для этого годились: в них стреляли из пушек и ружей, ловили сетями, и даже били жердями, когда доверчивые птицы летели низко. Странствующие голуби кормились желудями, каштанами, буковыми и другими орехами, которые в изобилии производили нетронутые леса Северной Америки. Голубям часто приходилось менять места кормежек, но ночевать они прилетали обычно в одну и ту же местность. И здесь их с нетерпением поджидали толпы заготовителей мяса. В 1880 г. в Америке еще встречались стаи странствующих голубей, но уже через 20 лет от них не осталось и следа. В начале XX в. в зоопарках и у различных любителей жило еще несколько странствующих голубей. Последний представитель этого вида умер в г. Цинциннати в 1914 г. (рис. 11.9).

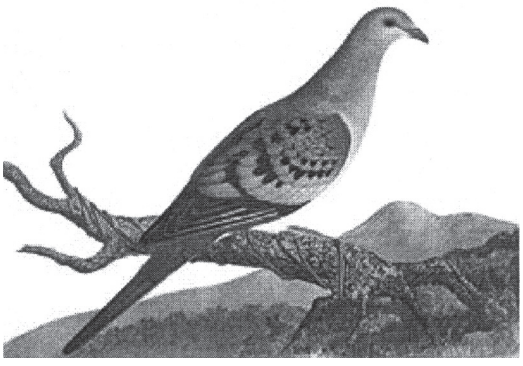


Рис. 11.9. Странствующий голубь

Украина – единственное место в Европе, где **дикие кони** дожили до второй половины XIX в. Это знаменитые **тарпаны** (или **турпан** – по-татарски). Тарпан – некрупная, но выносливая и отважная лошадка, мышастой масти, пепельно-серая с темной полосой вдоль хребта, грива, хвост и ноги до «колен» черные или черно-бурые, а на передних ногах у некоторых тарпанов замечали еще и темные поперечные полосы – чуть приметная зеброидность. Еще совсем недавно тарпаны жили в южнорусских степях, лесостепях и даже лесах Литвы и Беларуси, по всей Украине, степному Крыму, Предкавказью, Дону, Нижнему Поволжью – на восток до Волги и, возможно, даже до Урала. А за Уралом водились уже другие дикие лошади – **джунгарские тарпаны**, более известные под именем **лошадей Пржевальского** (рис. 11.10). В этих местах еще в начале XIX в. топтали ковыль их многочисленные стада, а в 1879 г. последний вольный тарпан был уничтожен.

Белые поселенцы в Тасмании невзлюбили **гиен**, убивали их при каждом случае за то, что те нападали на разводившихся здесь овец.

О представителях животного мира, также вымерших к концу XX в. или находящихся на грани вымирания, можно узнать из уникальной Красной книги с яркокрасным переплетом**,** которая «сигнализирует» об опасности. Это список видов, численность которых катастрофически мала, видов, которые стоят на грани исчезновения. Но эта книга не просто перечень, это своего рода программа борьбы за их спасение. В ней собраны все имеющиеся сведения о прошлом и современном распространении этих видов, приведены данные об общей численности, интенсивности размножения, причинах сокращения численности, о проводимых в настоящее время охранных мероприятиях.

В Красной книге приведены сведения о количестве животных редких видов, содержащихся в зоопарках, и о потенциале размножения в неволе. Всего в нее на 1977 г. занесено 211 видов млекопитающих (из 3000) и 312 видов птиц (из 10 000), численность которых ниже 2000 особей. Из птиц фауны Союза в Красную книгу попали **стерх**, **черный журавль**, **уссурийский журавль** и **красноногий ибис**.

Больше 100 разновидностей **птиц** исчезли с лица земли, бесспорно, при содействии человека. Так, например, по данным американского ученого Джеймса Гринвея, полностью истреблены 107 видов и подвидов; по-видимому, истреблены – 19, вымерли за последние 300 лет – 27, очень редкие и вымирающие виды, которые нуждаются в охране и защите – 512.

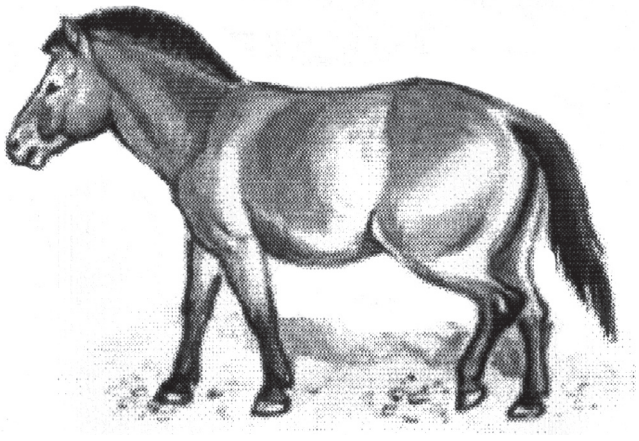


Рис. 11.10. Лошадь Пржевальского (джунгарский тарпан)

По данным за 1970 г. в США специально нанятыми охотниками было уничтожено 190 763 крупных млекопитающих, среди них:

койотов – 89 653,	рысей – 20 780,	скунсов – 19 052,
лисиц – 24 273,	енотов – 10 078,	опоссумов – 7615,
барсуков – 6941,	дикобразов – 6685,	волков – 2779,
бобров – 1170,	медведей – 942,	пум – 294,
		других животных – 601.

Охота на **орлов** с самолета долгое время была в Техасе своего рода «приятным развлечением». И хотя она уже запрещена, некоторые скотоводы время от времени нанимают пилотов для варварского уничтожения беззащитных птиц. Около 800 орлов было убито только одним пилотом в Колорадо и Вайоминге в 1971 г. Скотоводы уничтожили орлов с помощью отравы, капканов, ружей в 32 округах Техаса. Один из пилотов вертолета в Вайоминге был свидетелем уничтожения с самолета более 5000 орлов.

Много животных гибнет на автомобильных дорогах: в Дании ежегодно – более миллиона разных птиц, в ФРГ – до 1 млн, кроме того, находят смерть около 300 тыс. зайцев и 720 ежей. В Швеции жертвами автомобилистов в 1963 г. стали 1700 косуль и 1000 лосей.

В некоторых районах Новой Англии значительно сократилась численность бобров, поскольку охотники на мотосанях в состоянии в кратчайший срок расставлять капканы. Та же участь постигла рысь и лисиц. Разведение бобров на Беларуси ныне можно считать довольно успешным.

За уничтожение выдры охотникам даже платили премии. Поэтому она повсеместно (в Азии, Европе, Америке) подверглась почти полному истреблению. Теперь она находится под защитой закона, но ей грозит смертельная угроза с другой стороны – загрязнение водоемов ядовитыми промышленными отходами.

Маленький серенький грызун шиншилла на весь мир прославился мехом, которым природа наделила его. Мех у шиншиллы дороже и ценнее, чем у бобра, норки, выдры, соболя. Горные индейцы племени чинчас тысячу лет назад первыми испытали редкие качества меха шиншилл. А когда несколько лет спустя их покорили инки, имя порабощенного народа унаследовали открытые им зверьки. С течением веков, кочуя из одного языка в другой, «чинчас» превратилось в «шиншилла». Пришедшие позже испанцы, разгромив государство инков, стали его грабить и в Европу отправляли караваны судов, груженные драгоценностями, золотом и шкурками шиншилл. В Европе серебристый мех оценили довольно быстро: спрос на него был так велик, что королям пришлось издать указы, запрещавшие людям простого звания носить шиншиллу. Шкурки грызунов, в которые индейцы чинчас одевались с ног до головы, стали прерогативой монархов. В Андах на шиншилл охотились без пощады: в 1894 г. лишь из Чили вывезли 400 тыс. шкурок шиншилл и примерно столько же из Боливии и Перу. Шиншиллы стали большой редкостью.

Советские биологи решили развести шиншилл на территории бывшего Союза и в октябре 1963 г. американских шиншилл привезли в Узбекистан. Чтобы они хорошо росли в неволе, им перед едой необходимы ежедневные песочные ванны, а также мягкие камни для точки зубов.

После 1917 г. зоологи России совсем уже собрались занести соболя в списки вымерших видов, принимая во внимание почти полное его истребление. А в 1927 г. начались массовые мероприятия восстановления поголовья соболя в сибирских лесах – таежной Нижне-Амурской области, на о-ве Карагинском, а также в Тюменской, Иркутской, Читинской, Кемеровской, Томской, Свердловской областях, в Бурятии, Якутии, в Красно-

ярском крае и даже в Казахстане. Еще до Великой Отечественной войны свыше четырех тысяч соболей было расселено по таежным лесам и урочищам России и стран СНГ.

Имеются и примеры длительного истребления морских животных Антарктиды представителями практически всех континентов Земли.

Ныне для защиты животных принята **Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения**, – это международный договор по защите диких животных и растений, подписанный в 1973 г. в Вашингтоне, и Россия также участвует в ней с 1976 г.

В 1976 г. в соответствии с этой Конвенцией Беларусь запретила на территории республики (за исключением случаев, предусмотренных конвенцией) добычу, продажу, покупку (обмен) следующих видов животных и растений, их частей или дериватов: гигантской ночницы, среднеевропейского лесного кота, зубра, змееяда, орлана-белохвоста, беркута, дрофы, сапсана, лобелии Дортмана, а также всех видов семейства ятрышниковых.

В Беловежской пуще в 1970–1973 гг. резко возросла численность копытных (благородного оленя, косули европейской и др.), но при этом почти полностью были уничтожены такие деревья, как ясень, клен вяз, ива, осина, рябина, дуб и даже можжевельник, поскольку указанные животные на своих кормовых местах использовали растения с поверхностной корневой системой. Впоследствии эти безлесые участки первоначально заселила береза, нередко ива, а вслед за ними – преимущественно сосна.

Достоверно известно, что за последний миллион лет (плейстоценовый период) на территории Беларуси в теплые межледниковые эпохи разнообразие растительного покрова было существенно бóльшим и отличалось от состава современной флоры значительным числом экзотических форм, которые постепенно исчезали из региона (Еловичева, 2001; 2010) в результате сурового климата ледниковых эпох. Предшествовавшая гляциоплейстоцену богатейшая неогеновая флора характеризовалась наличием большого числа восточноазиатских (*Keteleeria*, *Platycarya*, *Engelhardtia*, *Sciadopitys*, *Ginko*, *Glyptostrobus*, *Cryptomeria*, *Metasequoia*), американо-средиземно-азиатских (*Liquidambr*, *Rhus*, *Cotinus*, *Cupressus*), средиземно-азиатских (*Cedrus*), американо-восточноазиатских (*Nyssa*, *Libocedrus*), североамериканских (*Taxodium*, *Sequoiadendron*), тропических и субтропических (*Podocarpus*, *Gleichenia*, *Palmae*) географических элементов. Под влиянием последующих оледенений количество экзотов сокращалось и около 700–800 тыс. лет назад (брестское время) флора содержала еще представителей восточноазиатских (*Eucommia*), североамериканских (*Sequoia*, *Taxodium*), американо-средиземно-азиатских (*Morus*, *Rododendron*, *Buxus*, *Liquidambar*, *Cupressus*) растений.

610–670 тыс. лет назад (корчевское межледниковье) наступил временной предел развития таких экзотов, как американо-евроазиатских (*Pinus sect. Cembrae*, *Pinus sect. Strobus*, *Picea sect. Omorica*, *Taxus*, *Ilex*), американо-средиземно-азиатских (*Celtis*, *Vitis*), европейских (*Pilularia*) и не определенных географических элементов (*Selaginella sp.*, *Azolla sp.*, *Osmunda sp.*).

480–550 тыс. лет назад (беловежское межледниковье) сохранялись еще американо-евроазиатские (*Taxus*, *Pinus sect. Cembrae*), евроазиатские (*Ligustrum*), американо-средиземно-азиатские (*Zelkova, Vitis*) и не определенные географические элементы (*Pinus prosibirica Anan.*, *P. longifoliaformis Zakl.*, *Selaginella sp.*).

400–470 тыс. лет назад (ишкольдское межледниковье) характерными экзотами были американо-евроазиатские (*Picea sect. Omorica*), американо-восточноазиатские (*Tsuga*), восточноазиатские (*Osmunda claytoniana*), европейские (*Tilia platyphyllos*, *T. tomentosa, Quercus pubescens*), панголарктические (*Betula sect. Costatae*) географические элементы.

340–380 тыс. лет назад (александрийское межледниковье) свойственно присутствие таких географических элементов, как американо-средиземно-азиатские (*Zelkova*, *Vitis*

sylvestrys, *Celtis*, *Pterocarya*, *Juglans cinerea*, *J. regia*, *Castanea sativa*, *Buxus sempervirens*), американо-восточноазиатские (*Tsuga canadensis*, *Carya*), американо-евроазиатские (*Taxus baccata*, *Osmunda regalis*, *Azolla filiculoides*, *Hedera*, *Picea sect. Omorica*, *Ilex aquifolium*), евроазиатские (*Carpinus orientalis*, *Picea orientalis*), азиатские и восточноазиатские (*Ligustrina amurensis*, *Osmunda claytoniana*, *O. cinnamomea*, *Euryale ferox*), панголарктические (*Myrica*), европейские (*Tilia platyphyllos*, *T. tomentosa*, *Quercus pubescens*, *Carpinus minima*), а также неопределенные (*Pinus montana*, *Coniogramma*, *Adianthum*, *Abies sp.*, *Cotoneaster sp.*).

240–290 тыс. лет назад (смоленское межледниковье) флора содержала в своем составе американо-евроазиатские (*Picea sect. Omorica*, *Pinus sect. Strobus*), восточноазиатские (*Osmunda claytoniana*, *O. cinnamomea*, *Ulmus propinqua*), европейские (*Tilia platyphyllos*, *T. tomentosa*, *Quercus pubescens*), панголарктические (*Betula sect. Costatae*), евроазиатские (*Picea orientalis*, *Ligustrum*), американо-средиземно-азиатские (*Zelkova*) географические элементы.

125–180 тыс. лет назад (шкловское межледниковье) количество экзотов резко сократилось и свое значение сохранили следующие растения: американо-средиземноазиатские (*Ostrya*), американо-евроазиатские (*Ilex*, *Picea sect. Omorica*, *Pinus sect. Strobus*, *Pinus sect. Sula*, *Pinus sect. Cembrae*, *Azolla filiculoides*), восточноазиатские (*Ulmus propinqua*, *Eriocaulaceae*, *Woodsia cf. manschuriensis*, *Osmunda cinnamomea*), европейские (*Quercus pubescens*, *Tilia tomentosa*, *T. platyphyllos*, *Pilularia*), панголарктические (*Betula sect. Costatae*), евроазиатские (*Ligustrum*) и неопределенные (*Coniogramma*, *Adianthum*).

70–110 тыс. лет назад (муравинское межледниковье) экзотических растений отмечалось еще значительно меньше, в это время сохранили свое значение американо-евроазиатские (*Ephedra*), американо-восточноазиатские (*Brasenia*), восточноазиатские (*Osmunda cinnamomea*), евроазиатские (*Betula sect. Fruticosae*, *Picea obovata*), европейские (*Tilia platyphyllos*), панголарктические (*Larix*, *Cornus*) географические элементы.

С 10 тыс. лет назад и до настоящего времени (голоценовое межледниковье) флора даже во время климатического оптимума (атлантический период) практически была сходна с современной. Она сохранила в своем составе таких представителей растений, известных еще с неогена, как американо-евроазиатских (*Acer*, *Fraxinus*, *Fagus*), европейских (*Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Ulmus laevis*, *U. campestris*, *Picea exelsa*), евроазиатских (*Alnus glutinosa*, *Tilia cordata*), панголарктических (*Abies*, *Salix*, *Betula pubescens*, *B. verrucosa*, *Alnus incana*, *Viburnum*, *Juniperus*, *Lonicera*, *Rhamnus*, *Euonymus*, *Rubus*, *Pinus sylvestrys*).

В поздне- и раннеледниковые этапы деградации и формирования льдов различных эпох плейстоцена на территории Беларуси существовал особый тип растительности – перигляциальный, объединявший представителей лесной, тундровой и степной флор. Характерными ее компонентами, не свойственными ныне современной флоре республики и произрастающими значительно севернее нее, являлись следующие арктобореальные растения: *Betula nana*, *B. humilis*, *Alnaster fruticosus*, *Pinus sibirica*, *Lycopodium pungens*, *L. alpinum*, *Selaginella selaginoides*, *S. sibirica*, *Dryas*, *Botrychium cf. simplex*, *B. virginianum*, *B. cf. robustum*, *Abies sibirica*, *Picea orientalis*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*, *Betula cf. exilis*, *Nymphaea tetragona*, *Cornus cuecica*. Следует отметить и присутствие в составе ископаемой флоры растений горных частей Европы, Дальнего Востока, Японии и Китая: *Selaginella helvetica*, *S. aitchisonii.* Особую группу среди перигляциальной флоры слагали степные растения (ксерофиты, галофиты, мезоксерофиты), ныне произрастающие южнее Беларуси. В ее составе отмечены *Chenopodium acuminatum*, *Salicornia herbaceae*, *Kochia prostrata*, *Axyris ammaranthoides*, *Echinopsilon hirsuta*, *Corispermum hyssophifolium*, *Polycnemum*, *Salsola*, *Suaeda*, а также *Hippophae rhamnoides.*

Некоторые растения гляциоплейстоцена, сохранившиеся до настоящего времени, относятся к числу редко встречаемых и исчезающих водно-болотных и наземных видов растений в составе современной флоры Беларуси и занесены в ее Красную книгу. Это *Betula nana*, *B. humilis*, *Rubus chamaemorus*, *Polycnemum*, *Salsola*, *Drosera anglica*, *Sanguisorba officinalis*, *Trapa natans*, *Salvinia natans*, *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphoides*, *Aldrovanda vesiculosa*, *Drosera anglica*, *Lycopodium selago*, *Botrychium simplex*, *Polypodium vulgare*, *Osmunda regalis*, *Isoetes lacustris*, *Rhododendron luteum* и др.).

Ныне забота об увеличении биоразнообразия является важной функцией государственных природных заповедников.

Заповедник – участок территории (акватории), на котором сохраняется в естественном состоянии весь его природный комплекс. Заповедники обычно объявляются на местности, типичной для данной географической зоны (области) или содержащей ценные в научном отношении природные объекты (виды растений и животных, типы ландшафтов, минералы и т. п.). К заповедникам относят также музеи-заповедники, которые могут включать целый город или какую-либо его часть, усадьбу, парк, представляющие особую историческую, историко-художественную или мемориальную ценность.

Заповедник – одна из форм охраны природы; в них ведется разностороннее комплексное изучение географической среды. Особое значение заповедники и аналогичные им охраняемые природные участки приобретают в связи с тем, что сеть их охватывает практически все природные зоны. В Советском Союзе на 1973 г. насчитывалось около тысячи заповедников площадью свыше 2,5 млн га.

В Красной книге в составе ландшафтных памятников природы отмечены очень редкие растения – ветреница лесная (*Anemone sylvestris*), горечавка крестообразная (*Gentiana cruciata*) и прострел луговой (*Pulsatilla pratensis*) («Полуостров Черевки» в Мядельском районе), колокольчик широколистный (*Campanula latifolia*) («Полесские холмы» в Поставском районе), линнея северная (*Linnaea borealis*) («Береговой уступ озера Нарочь» в Мядельском районе), морошка (*Rubus chamaemorus*) («Дягилевская ложбина» в Мядельском районе) и др.

Заповедники полностью изымаются из хозяйственного использования. Всякая деятельность, нарушающая природные комплексы заповедника или угрожающая сохранению природных объектов, законом запрещена как в пределах территории заповедника, так и в пределах установленной вокруг него охранной зоны. На территории заповедника запрещена всякая охота, ловля и уничтожение каким-либо способом зверей и птиц, разорение гнезд и нор, рыбная ловля, сбор яиц и пуха, рубка, повреждение кустарников и деревьев, добыча насекомых, пастьба скота и сенокошение. Запрещается также строительство промышленных сельскохозяйственных и других объектов, не связанных с деятельностью заповедника. Проезд и проход на территории заповедника разрешается только по дорогам общего пользования. Посторонние лица могут находиться на территории заповедника с разрешения его администрации. Лица, не имеющие такого разрешения, при наличии у них ружей или орудий лова считаются браконьерами.

Основные задачи заповедников:

- охрана эталонных или наиболее типовых участков естественной природы со всей совокупностью их компонентов;
- изучение природных процессов в их естественном состоянии;
- охрана всех природных объектов на территории заповедников и сохранение заповедного режима;
- научно-исследовательская работа;
- пропаганда основ заповедного дела, проблемы охраны природы и рационального природопользования;
- подготовка научных кадров.

Заповедники дают возможность уберечь генетический фонд животных и растений, содействовать поддержанию экологического равновесия в определенных регионах, осуществлять контроль за состоянием биосферы, разрабатывают научные основы природопользования.

Выделяют биосферные, ландшафтно-гидрологические, гидрологические, мемориальные заповедники.

Первые государственные заповедники возникли в древнем Вавилоне, Греции, Индии. На территории России сведения об организации частично охраняемых природных территорий известны с XI–XII вв. (Киевская Русь). В дореволюционной России был официально утвержден только Баргузинский заповедник. В СССР были созданы также Пензенский, Астраханский, Ильменский, Таймырский, Аскания-Нова, Байкальский, Кавказский, Репетекский и другие заповедники, находящиеся под охраной государства. Заповедники мирового значения – Большой Габийский (Монголия), Йеллоустонкий, Сиренгейский и др.

В конце XIV в. заповедным лесным массивом была объявлена Беловежская пуща, позднее имевшая статус заповедника, а с 1991 г. она имеет ранг национального парка. В разных зонах Беларуси созданы: Березинский биосферный, Припятский ландшафтно-гидрологический заповедники, Купаловский мемориальный заповедник «Вязынка», Купаловский мемориальный заповедник «Левки». Кроме того, действуют Заславский и Полоцкий историко-археологический заповедники. Охрана заповедников осуществляется специальной службой – госинспекторы, егери. Научная работа в заповедниках имеет комплексный характер, главное ее направление – исследования по программе «Летопись природы» (сбор сведений о состоянии природных объектов на протяжении десятилетий). В научных фондах заповедников сохраняются карты и схемы размещения растительности и животного мира, фотодокументы ландшафтов, метеорологические и гидрологические данные и коллекционные материалы (гербарии, зоологические коллекции, почвенные монолиты и др.). Большая роль заповедников Беларуси в сохранении и возобновлении ценных и редких видов животных (бобер, зубр, лось, благородный олень, косуля и др.) и растений, исследованиях по лесоведению, флористике, геоботанике, фаунистике, экологии, охотоведению, почвоведению и др. Заповедники Беларуси участвуют в международных программах по защите природы в рамках ЮНЕП, МАП, ЮНЕСКО.

ГЛАВА 12

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА НА ПРИРОДУ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН

Восточно-Европейская равнина достаточно давно заселена человеком, имеет высокую плотность населения и наиболее им освоена. Именно поэтому природа здесь претерпела самые существенные изменения, которые коснулись всех без исключения ее компонентов. Антропогенное влияние затронуло практически все природные зоны, а тайга и тундра равнины были вовлечены в сферу хозяйственной деятельности раньше, чем аналогичные зоны Сибири.

13.1. Зоны Арктики, субарктики, тундры и лесотундры

Север Евразии, расположенный в пределах арктической (рис. 12.1), субарктической (рис. 12.2), тундровой (рис. 12.3) и лесотундровой (рис. 12.4) зон, заселен человеком позднее, чем территория средней полосы и юга и до настоящего времени характеризуется слабой хозяйственной освоенностью. Современные же молодые ландшафты этих зон во многом обусловлены вмешательством человека, воздействие которого заметнее всего проявилось на животном мире и растительности.



Рис. 12.1. Арктическая пустыня (Гренландия)



Рис. 12.2. Тундра (Якутия)



Рис. 12.3. Лесотундра (Хибины)

Под влиянием охоты на территории указанных зон сократилась численность промысловых животных. Типичное животное тундровой зоны – **северный олень** (*Rangifer tarandus*) в европейских тундрах в диком состоянии в настоящее время встречается редко. Почти истреблен в Баренцевом море **морж** (*Odobenus rosmarus*), на которого долгое время велся неограниченный промысел. Вымирающим зверем Арктики становится **белый медведь** (*Ursus maritimus*), в европейской ее части известный только на Земле Франца-Иосифа и северо-восточном побережье Северного острова Новой Земли. Весной в Арктике обитает не более 5–8 тыс. белых медведей. Уменьшение площади из-за возможного расстаивания поверхностного льда Северного Ледовитого океана в результате потепления климата изменит место воспроизводства потомства белой медведицы – с норы в снежном сугробе арктических льдов на прибрежную зону материка. Уже в 2009 г. человек стал свидетелем начала смены окраса белого медведя: у него появились бурые пятна на белой шкуре, отражая процесс приспособления последнего к цвету побережья.

Большие изменения внес человек в растительный покров тундр. В результате пастьбы домашних северных оленей во многих местах тундр сильно нарушен или даже уничтожен лишайниковый покров (рис. 12.2). Если еще в начале XIX в. припечерские тундры были почти сплошь покрыты лишайниками, то уже к концу XX в. эти районы обладали ничтожными их запасами. За последние годы покрытие лишайниками северного Канина и Тимана сократилось с 50–60 до 20–30 %. При усиленной пастьбе домашних оленей помимо лишайников страдают кустарнички и мхи, происходит олуговение тундрового растительного покрова.

Сильно пострадал от человека лес на северной границе распространения (рис. 12.3), где с давнего времени человек беспощадно истреблял лесотундровые редколесья, употребляя древесину на топливо и строительные цели. Большой вред древесному подросту нанесли также стада домашних оленей. Вследствие затрудненного лесовозобновления в тундре и лесотундре многие сведенные человеком лесные острова на севере окончательно исчезли, отступание северной границы редколесий на юг стало очевидным, и современное северное положение лесотундровой зоны является границей не природной, а антропогенной (Мильков, 1967).

Антропогенный фактор во взаимоотношениях тундры и леса в настоящее время получает решающее значение, подавляя существующую в природе тенденцию к наступлению леса на тундру под влиянием потепления климата, что установлено в тундрах Северного полушария. И тем не менее вопреки естественному движению лесной границы к северу, она под напором топора и пилы катастрофически отступает на юг (Тихомиров, 1956).

Вблизи населенных пунктов в тундровой и лесотундровой зонах резко активизировались процессы современной овражной эрозии, мало характерные для естественных ландшафтов севера. Быстро растущие свежие овраги стали серьезной угрозой для городского транспорта, в то время как в нетронутой тундре свежих эрозионных размывов нет вовсе.

Для улучшения теплового (недостаток тепла) и водного (избыток влаги) режима почв в тундре и лесотундре желательны сочетание раннего и мощного снегонакопления осенью с ускоренным его таянием весной, сброс поверхностных и внутрипочвенных вод, перевод внутрипочвенного стока в поверхностный. Первоочередным мероприятием этих зон служит искусственное лесоразведение и охрана существующих лесов.

12.2. Зоны тайги, смешанных и широколиственных лесов

До вмешательства человека эти зоны были сплошь покрыты хвойными, хвойно-широколиственными и широколиственными лесами, перемежавшимися с верховыми и низинными болотами. В настоящее время ландшафты лесной зоны в целом в сильной степени освоены и изменены человеком, а степень их преобразования возрастает при движении с севера на юг (рис. 12.4, 12.5). В средней тайге (подзона подзолистых почв) леса сейчас занимают 65 % площади подзоны, болота – 23 %; на долю пашни приходится менее 1 %. На юге тайги и в зоне смешанных лесов (подзона дерново-подзолистых почв) лесистость снижена до 49 % при возрастании доли пашни до 18 %.

На фоне уменьшения лесистости тайги и смешанных лесов, под влиянием человека коренные изменения претерпел и качественный состав сохранившихся лесов. Вырубка и пожары антропогенного происхождения привели к резкому сокращению площади еловых и сосновых лесов, к замене этих ценных типов леса вторичными березняками и осинниками. Данный процесс продолжается и далее.

Даже типичные «коренные» леса зоны тайги и смешанных лесов (старые ельники и сосновые боры) часто сохраняют признаки воздействия со стороны человека. При длительное время практиковавшейся в тайге и смешанных лесах подсечно-огневой системе земледелия, пашня, отвоеванная у тайги с помощью огня, вскоре забрасывалась и вновь захватывалась лесом. Поэтому в старых сельскохозяйственных районах совсем не редки высокоствольные и, казалось бы, по-настоящему «девственные» ельники с угольными прослойками в почвенных горизонтах как свидетельства пашни на гарях



Рис. 12.4. Северная тайга



Рис. 12.5. Тайга предгорная (Саяны)

в отдаленном прошлом. Большая часть ныне существующих лесов Прибалтики имеет именно такое же «вторичное» происхождение, и земли различных угодий претерпели здесь под влиянием антропогенного фактора не одну трансформацию (рис. 12.6, 12.7).

Далеким от девственного состояния является возрастной состав большинства современных южнотаежных и смешанных лесов. Вместо вековых, перестойных древостоев здесь вследствие неумеренной эксплуатации приобрели большое, а местами и преобладающее значение малопроизводительные молодняки. Последние в лесах Беларуси занимают уже 60 % всей лесопокрытой площади.

На поймах лесных рек вырубка лесов с последующей пастьбой скота и сенокошением привела к созданию новых антропогенных ландшафтов – *пойменных лугов*, которые дают большие урожаи высококачественного сена. Значительные площади суходольных лугов и пустошей на водоразделах также образовались на месте сведенных лесов.

Широкое распространение гарей и вырубок с развитым травостоем, замена хвойных лесов мелколиственными существенным образом изменили ход почвообразования, усилив развитие дернового процесса. При этом нельзя отрицать естественную, зональную природу дерново-подзолистых почв, свойственных южной тайге и смешанным лесам, однако несомненно формирование их и при участии человека.

Наиболее существенные изменения претерпел почвенный покров земель, используемых под пашню длительное время. Смена их водного режима, состава растительных остатков, идущих на образование гумуса, постоянное внесение органических и минеральных удобрений способствовали повышению мощности гумусовых горизонтов (в среднем на 4–6 см по сравнению с лесными почвами на тех же породах) и насыщенностью кальцием окультуренных дерново-подзолистых почв, развивающихся за счет уменьшения их подзолистых горизонтов, если они сохранялись в профиле окультуренных почв.

Распашка и неумеренная пастьба на склонах активизировали на юге тайги и в зоне смешанных лесов водно-эрозионные процессы – плоскостной смыв почв и овражкообразование. Эти территории по густоте овражно-балочной сети не уступают наиболее расчлененным возвышенностям лесостепного юга Восточно-Европейской равнины, а смытые почвы вместе с балками занимают до 25–40 % всей площади землепользования.

Уменьшение площади лесов, нерациональная их эксплуатация, пастьба в них скота снизили водорегулирующую способность территории: увеличился поверхностный сток за счет снижения подземного, половодье рек на юге тайги, в зонах смешанных и широколиственных лесов стало более бурным (рис. 12.8). В тайге каждые 10 тыс. км лесов увеличивают подземный сток на 0,7–0,8 км^3 воды/год. Хозяйственная деятельность человека вызвала снижение годовой суммы осадков и несколько усилила континентальность климата всей лесной зоны.



Рис. 12.6. Средняя тайга



Рис. 12.7. Южная тайга



Рис. 12.8. Смешанный лес

Изменился под влиянием человека и животный мир зоны тайги, смешанных и широколиственных лесов. Некоторые животные подверглись полному истреблению: это **дикая лесная лошадь – тарпан** (*Equus przewialskii silvaticus*) и дикий бык **тур** (*Bos primigenius* – предок крупнорогатого скота), обитавшие на западе зоны смешанных лесов. Другие животные резко изменили свой ареал: искусственно сибирским животным стал **соболь** (*Martes zibelina*), который еще в конце XVIII в. встречался в лесах Литвы и Беларуси, а в первой половине XIX в. добывался в Кемском и Холмогорском уездах Архангельской губернии; **росомаха** (*Gulo gulo*), которая сейчас обитает в тайге и отчасти лесотундре, менее двух столетий назад была широко распространена в зоне смешанных лесов Восточно-Европейской равнины (Кириков, 1960). Значительно сократился ареал **косули** (*Capreolus capreolus*), **лося** (*Alces alces*), **кабана** (*Sus scrofa*), **медведя** (*Ursus aretos*), на грани исчезновения оказались **речной бобр** (*Castor fiber*), **выхухоль** (*Desmana moschata*), **зубр** (*Bison bonasus*). Последний по мере заселения человеком все большего пространства отступал в глубь нетронутых лесов: в степи Восточной Европы зубр исчез в XVI–XVII вв., в лесостепи – в конце XVII – начале XVIII вв., в Западной Европе он был уничтожен еще ранее – в VI в. во Франции, в XVIII вв. в Румынии, и только в Беловежской пуще и на Западном Кавказе зубр в естественном состоянии дожил до начала XX в. Ныне в Беловежской пуще восстановленное стадо зубров находится на вольном содержании.

Группа животных в составе **зайца-русака** (*Lepus europaeus*), **тетерева** (*Lyrurus tetrix*) и **серой куропатки** (*Perdix perdix*) благодаря деятельности человека мигрировала с юга на север смешанных лесов и южной тайги в так называемые «лесопольные» районы. Эти природные комплексы настолько изменены вмешательством человека, что данная территория рассматривается в виде особой *лесопольной географической зоны*, качественно отличной от исходной, девственной природной основы.

Не все районы тайги, сохранившей наибольшую площадь географической зоны Евразии, освоены человеком по использованию таких богатых и перспективных сырьевых ресурсов, как лесных и земельных. Различают три типа освоения таежных земель (Сочава, 1964):

1) сплошное индустриально-сельскохозяйственное освоение, ныне характерное для некоторых районов южной тайги, впоследствии оно захватит частично и среднюю тайгу;

2) выборочное индустриальное освоение, связанное с созданием в тайге мощных энергопромышленных комплексов (строительство ГЭС, добыча каменного угля, нефти, металлов); сельское хозяйство здесь будет носить подсобный характер по снабжению населения свежими овощами и молоком;

3) освоение спонтанной тайги, выражающееся в эксплуатации ее естественных ресурсов, в первую очередь древесины и пушнины.

Вследствие избыточного увлажнения во многих районах тайги возникает необходимость в осушении почв, а при недостатке тепла – проведении мероприятий по улучшению теплового режима осваиваемых земель. Бедные питательными веществами кислые подзолистые и дерново-подзолистые почвы при их распашке нуждаются во внесении органических и минеральных удобрений, известковании, в улучшении структуры. Часто пахотно-пригодные земли требуют предварительной очистки от лесокустарниковой растительности и валунного материала.

Большие площади в зоне тайги, особенно на ее северо-востоке, заняты многолетней (вечной) мерзлотой, создающей дополнительные трудности при строительстве зданий, шахт, прокладке железных дорог. Инженерная геокриология разработала рекомендации по преодолению неблагоприятных воздействий мерзлоты при освоении территории.

Значительная работа предстоит в тайге по улучшению древостоя и состава лесов, охране и обогащению промысловой фауны, борьбе с гнусом, от которого летом страдают человек, дикие и домашние животные.

Избыточно увлажненная зона тайги стала предметом рассмотрения проектов по использованию ее в качестве крупного экспортера влаги севера в соседние южные засушливые зоны. Предполагались серьезные изменения в гидрографической сети таежной зоны – переброска вод Печоры и Вычегды в Каспийское море, обводнение и орошение полупустынной и пустынной зон водами Обь-Иртышского бассейна. Но в 60–70 гг. XX в. такие научные разработки еще не были готовы к техническому их внедрению и не нанесли урона природной среде. Так, при планировании наполнения Каспия северными водами остался спорным вопрос о сохранении уникального солевого природного источника Кара-Богаз-Гола, который существовал как при низком, так и высоком уровне моря, а гидрологический режим его испытывал регулярные ритмичные изменения и без вмешательства человека. Усиленная же мелиорация на Полесье позволила резко снизить заболевания малярией, расширить площади для освоения их населением, но и привела к таким непредусмотренным явлениям, как быстрое понижение уровня подземных вод, иссушение торфяников, резкая смена четырехлетней высокой урожайности возделываемых на них культур на низкую, развевание торфа, появление и усиление пыльных бурь, выдувание почвенного горизонта, активное движение песков и наступление их на окультуренные площади (сады, огороды) и даже забрасывание старых мест проживания и миграция населения на более недоступные для эоловых процессов возвышенные места. В Полесьях Восточно-Европейской равнины стоит теперь не менее сложная задача по обводнению уже осушенных болот.

Особое внимание уделяется проблеме изменения *зоны широколиственных лесов*, как наиболее богатой и разнообразной по своему видовому составу растений и плодородию развитых под ними почв (рис. 12.9). Европейские широколиственные леса – исчезающие лесные экосистемы, хотя несколько веков назад они занимали бóльшую часть Европы. Неблагоприятная ситуация с широколиственными лесами тесным образом связана с историей использования земель в зоне хвойно-широколиственных и широколиственных лесов, которая, в отличие от таежной зоны, имела гораздо большую длительность (во Владимирском Ополье и окрестностях Великого Новгорода – уже в течение тысячи лет) и сложность.

Естественные широколиственные и хвойно-широколиственные леса сформировались в период от 5 до 8 тыс. лет назад (оптимум голоценового межледниковья), и широколиственные породы смогли далеко мигрировать на север (примерно в район Санкт-Петербурга). В постоптимальное время (последние 5 тыс. лет) климат изменился в сторону похолодания и зона широколиственных лесов, постепенно сокращая свою площадь, мигрировала на юг, уступая место смешанным и таежным лесам.



Рис. 12.9. Хвойно-широколиственный лес

Поскольку под широколиственными лесами сформировались наиболее плодородные из всей лесной зоны почвы (серые, темно-серые и бурые лесные, реже черноземы), то в IX–X вв. (после начала проникновения в центр Восточно-Европейской равнины славянских племен) они осваивались в первую очередь, и уже в течение первой половины второго тысячелетия большая часть центра и севера равнины прошла через фазу сельскохозяйственного использования в виде подсеки, перелога, а местами и трехпольной системы земледелия. Леса интенсивно вырубались под пашню, при распашке земель происходило значительное преобразование почв, и сегодня на большей части равнины распространены окультуренные почвы. Помимо вырубки лесов для расширения пахотных земель, они шли и на заготовку топлива, а дуб как одна из наиболее прочных пород широко использовался в строительстве. Сокращение площадей широколиственных лесов в северной части их зоны (Новгородская, Московская, Владимирская области) особенно усилилось в период массового притока населения, бежавшего сюда с юга во время монгольского нашествия (XIII–XV вв.). Благодаря уходу населения из южной части ареала, широколиственные леса сохранились в относительно нетронутом состоянии в пограничной полосе (линии искусственно созданных лесных завалов), длительное время проходившей в районе Тульских засек в качестве опорных рубежей на протяжении XIV–XV вв. после образования централизованного Русского государства с центром в Москве и расширения его на юг и восток.

Еще одной причиной изменения растительного покрова явился перевыпас скота, приведший к смене ценных кормовых растений, плохо поедаемыми, сорными. Антропогенное воздействие сказалось и в механическом повреждении растительного покрова транспортными средствами, а также при добыче полезных ископаемых.

С XVI в. началось интенсивное заселение и освоение новых присоединенных к Русскому государству земель. Леса продолжали использовать на постройки, выжигание поташа (карбоната калия как удобрения), под пашни. Однако ввиду относительно небольшой плотности населения и большого количества лесов, их деградация еще не достигала критических масштабов.

Развитие парусного флота в правление Петра I и последующие годы способствовало как резкому усилению охраны сохранившихся лесов от их полного уничтожения, так и интенсивному использованию корабельных рощ для приисковых заготовок, которые вели к постепенной деградации насаждений в результате столетних последовательных вырубок лучших деревьев. Постоянно увеличивавшееся население лесостеп-

ной и широколиственной зон усилило расчистку лесов, не входивших в охраняемые корабельные рощи, превращая их в пашни и луга, а после завершения эпохи парусного флота к середине XIX в. и отмены охраны корабельных рощ сведение лесов приняло еще более широкомасштабный характер.

С конца XIX в. местами начинают возникать благоприятные условия для сохранения широколиственных лесов. В северной части распространения дубовых лесов после отмены крепостного права началась интенсивная миграция населения на более плодородный юг и площадь пашни сократилась. Сильнодеградированные широколиственные леса, часто с пониженной способностью к восстановлению, уступали в заселении забрасываемых сельскохозяйственных земель пионерным (березе и осине) и хвойным (ели и сосне) породам, хотя почвенные и климатические условия были благоприятны для дуба. Без искусственного содействия возобновить свои позиции в зоне широколиственные породы уже были не в состоянии.

В центральной и южной части зоны необходимость целенаправленных работ по сохранению и восстановлению дубрав достаточно широко была осознана в конце XIX в. по причине истощения запасов высококачественной дубовой древесины при еще достаточно высокой продуктивности дубрав. Однако уже первые опыты показали, что восстановление вырубаемых дубовых насаждений путем простой посадки желудей и последующего выращивания поросли – дело весьма сложное и проблемы не решает. Молодые дубовые рощицы массово гибли из-за частых и сильных засух, а надежды на естественное восстановление также часто не оправдывались.

Второй, еще более мощной причиной роста интереса к восстановлению дубовых лесов стали все более частые, широкомасштабные и длительные засухи и следовавший за этим массовый голод населения. К началу XX в. некогда единый и обширный пояс широколиственных лесов распался и характеризовался сильной фрагментацией. Попытки выращивания новых дубовых насаждений продолжались, но бесперспективно, а проведенные под руководством В. В. Докучаева исследования причин их гибели показали, что они были связаны с изменениями гидрологического режима и климата территории при ведении длительного и широкомасштабного сведения лесов. Тем не менее большую часть XX в. интересы лесозаготовок с их очевидно истощительным характером стали первоочередными. В итоге к 50-м гг. XX в. большая часть спелых и перестойных насаждений (естественных старовозрастных дубрав) была вырублена, а деградация еще сохранившихся продолжилась ускоренными темпами.

Лесное хозяйство вновь смогло приступить к восстановлению лесов только в 50-е гг. XX в. в связи с началом реализации государственного плана преобразования природы – создания лесных насаждений для борьбы с засухой. Но обширные и сплошные промышленные рубки второй половины XX в. нанесли еще один мощный удар по широколиственным породам: немногочисленное возобновление дуба и его спутников заглушалось быстро растущей порослью осины, березы и ольхи, объедалось увеличившимся поголовьем лосей. Под пологом леса широколиственные породы почти не давали семян и возобновлялись только порослью, но эти деревья отличались низкорослостью, недолговеностью и неустойчивостью к болезням. При повторных рубках широколиственные породы исчезали или вырождались в кустарниковые формы, как коен или липа. Их размножение семенами стало практически невозможным. Последовавшие затем вспышки насекомых – вредителей (дубовая листовертка), последствия холодных зим (особенно 1978 г.) привели к резкому усилению процесса естественного отпада, который в последние десятилетия приобрел катастрофический характер. К сожалению, оценка современного состояния этих лесов в ряде регионов дает основание прогнозировать гибель в ближайшее время еще одной трети от пока сохранившихся насаждений.

Современные широколиственные леса приурочены к влажным и умеренно влажным районам с ослабленной континентальностью, равномерным распределением осадков в течение года и относительно высокими температурами, поскольку не выдерживают зимних морозов и глубокого промерзания почвогрунтов. В Северном полушарии они образуют широтную ландшафтную зону в приморских и умеренно континентальных долготных зонах, распространены в восточной части Северной Америки, Северном Китае, Японии и на Дальнем Востоке, а наиболее обширная их площадь, хотя и в сильно фрагментированном состоянии, занимает более половины Западной Европы, простирается от самого запада Европы (северная Португалия и Испания) и, постепенно сужаясь на восток, выклинивается близ Уральских гор, примыкая с юга к таежным лесам. Широколиственные леса также образуют высотные зоны в Карпатах, Крыму и на Кавказе. Обладая наибольшей комфортностью ландшафтов, эти леса густо обжиты и в большей степени сведены, сохранившись лишь в сильнопересеченных, неудобных для землепашества районах и в заповедниках. На территории Европы сохранилось лишь 10 млн га дубовых лесов (с преобладанием дуба черешчатого – *Quercus robur*) умеренного пояса, наибольшие площади которых в виде массивов старовозрастных лесов, близких к естественно-природному состоянию, находятся на территории России (3,7 млн га, в том числе в Чувашии, Татарии, Тульской и Калужской областях), Франции (2,1 млн га), Украины (1,7 млн га), Германии (0,9 млн га), Беларуси и Польши (Беловежская пуща) (рис. 12.10, *а*, *б*).

Широколиственные леса образованы листопадными (летне-зелеными) деревьями с широкими листовыми пластинками в разном сочетании – дуб, бук, клен, липа, ильм (вяз), каштан, ясень и др. (1–2-й ярусы); обычные кустарники в подлеске – лещина, бересклет, калина, черемуха, крушина и др. (3-й ярус); хорошо развит густой и высокий травянистый и кустарничковый ярусы с господством мезофильных эвтрофных или мезотрофных видов – пролесник, сныть, зеленчук, копытень, медуница, ясменник, осока волосистая и др. (4–5-й ярусы); напочвенный покров (6-й ярус). Широколиственным лесам свойственны также весенние эфемероиды-геофиты: виды рода хохлатка, ветреница, зубянка, подснежник, пролеска, гусиный лук и др., которые успевают пройти цикл развития (от распускания листьев до созревания семян) весной, до развертывания листовых деревьев. В Европе преобладают буковые, дубовые, реже грабовые и липовые широколиственные леса. В подзоне хвойно-широколиственных лесов значительную часть древостоя составляют сосны, ели, лиственницы.

Сегодня на некоторых участках, где раньше произрастали широколиственные леса, распространились вторичные леса и искусственные насаждения, в которых



Рис. 12.10. Широколиственный лес

преобладают хвойные породы деревьев. Восстановить структуру и динамику естественно-природных дубовых лесов не только России, но и всей Европы (где они испытали еще более сильное антропогенное влияние) уже вряд ли удастся. Очевидно, что при таком положении дел дуб и его спутники совершенно исчезнут из наших лесов. Тем не менее на фоне происходящей ныне широкомасштабной деградации дубовых лесов в Европе человечеству весьма важно знание о функционировании этих экосистем в естественно-природном состоянии.

12.3. Зоны лесостепи и степи

В формировании лесостепной и степной географических зон роль антропогенного фактора особенно велика, поскольку давность освоения и воздействия сочетается здесь с широкими размерами хозяйственного освоения территории (рис. 12.11, *а*, *б*). Запад лесостепной зоны является родиной **земледелия** на Восточно-Европейской равнине, возникшего в раннем неолите (от 2,5 до 6,6 тыс. лет назад). Археологические раскопки трипольской (мотыжное земледелие) неолитической культуры позволяют утверждать, что уже в 3–2 тысячелетии до н. э. на правобережной Украине существовала не девственная, а сильно нарушенная человеком лесостепь.

В отличие от лесных зон севера с практиковавшейся подсечно-огневой системой земледелия, в степях, в типичной и южной лесостепи была распространена переложная система земледелия. Распаханная степь через несколько лет забрасывалась, превращалась в залежь, которая вскоре приобретала облик вторичной степной типчаково-ковыльной целины (старовозрастная залежь, а не девственная целинная степь), которая встречалась преимущественно в Заволжье и Западной Сибири до начала 50-х гг. XX в. – районе массовой распашки целинных земель.

В изменении природы лесостепной и степной зон, помимо распашки, большую роль сыграло **скотоводство**, известное здесь также с раннего неолита. Умеренная пастьба, нарушавшая целостность мертвого растительного войлока, тем не менее не угнетала травяной покров степи, а регулировала его нормальное развитие. Однако отрицательное воздействие пастьбы сказалось лишь при усиленном выпасе, к которому наиболее чувствительны **ковыли** (*Stipa*), уступавшие при этом свое господство в травяном покрове **типчаку** (*Festuca sulcata*).



а *б*

Рис. 12.11. Лесостепь:
а – северная; *б* – южная

Воздействие на степной травостой оказывало и сенокошение, в результате которого, как и при пастьбе, нарушается мертвый растительный покров и угнетаются или даже совсем исчезают **перистые ковыли** (*Stipa pennata*).

Особо мощным фактором воздействия человека на природу лесостепной и степной зон являлись палы (огонь), которые первоначально использовались первобытным человеком для охоты на животных, а с развитием земледелия и скотоводства применялись с целью улучшения пастбищ и как подготовительное мероприятие к распашке целины. Пал, уничтожая растительный войлок, способствует более раннему развитию степных трав, увеличивает высоту и густоту травостоя, повышает урожайность растительной массы и ее кормовую ценность. Вместе с тем палы обедняют степную почву влагой, а при отсутствии ветоши снег зимой сдувается с ровной поверхности степей в овраги и балки; весной почва, лишенная предохранительного войлока, быстро иссыхает.

Огонь всегда был более древним врагом для лесов лесостепи, чем топор, но в совокупности огня, топора и пастьбы скота подавляющая часть лесов была давно истреблена человеком. В лесостепных губерниях Европейской России за одно столетие (с 1774 по 1874 г.) лесная площадь сократилась на 20–35, а местами даже на 50 %.

Установить картину лесистости девственных ландшафтов лесостепной и степной зон проблематично. Почвенный метод В. В. Докучаева не всегда дает положительные результаты, поскольку активно протекавшие на протяжении веков процессы прогрессивной деградации стерли в почве всякие следы прохождения лесной стадии. Но на планах генерального межевания 1783 г. на месте лесов, существовавших еще в историческое время в степях Центрально-Черноземного заповедника под Курском есть несколько пунктов, где сейчас размещаются черноземы без ясных признаков деградации. На ныне безлесных водоразделах, покрытых мощными черноземами, неоднократно найдены остатки больших перегнивших дубовых пней.

Основываясь на фактах более широкого в прошлом распространения лесов, высокой залесенности лесостепной и степной зон и возможности прогрессивной деградации лесных почв, появилась антропогенная гипотеза безлесия степей, согласно которой южнорусские степи в далеком прошлом были покрыты лесами, но затем искусственно обезлесены человеком. Но по общему мнению специалистов, безлесие степей есть явление зональное, обусловленное целым рядом неблагоприятных для леса природных факторов, важнейшим из которых служит сухой климат.

Современные леса лесостепной зоны (и отчасти степной) уже не напоминают девственные дубравы Восточно-Европейской равнины или березовые рощи Западной Сибири. Прежде всего, среди древостоев преобладает молодняк (моложе 40 лет). В Тульской и Воронежской областях при общей лесистости территории 9–11 %, молодняк занимает 70–80 % лесопокрытой площади, а спелые и перестойные древостои (старше 80 лет) – всего 4–6 %. Сохранившиеся естественные массивы лесов (Шипов и Борисоглебский леса на юго-востоке Воронежской области) уже не являются эталоном девственного леса. В начале XVIII в. в них начались неограниченные рубки дуба для строительства азовского флота, и к концу 70-х гг. XVIII в. здесь остался один дровяной молодняк, который в 1810–1830 гг. вновь был вырублен местным населением. Имеющиеся сейчас спелые насаждения представляют собой вновь молодую поросль дуба.

На месте степной целины с ее мертвым растительным войлоком, предохранявшим почву от потери влаги, и лесов в лесостепной и степной зонах ныне преобладают агрокультурные ландшафты, сенокосы и пастбища. Пашня, залежь, огороды и сады занимают 52 % общей площади. На западе Восточно-Европейской равнины распаханность лесостепной и степной зон увеличивается до 70–80 % и более. До середины XX в. большие площади степной целины сохранялись в Заволжье и Западной Сибири, но с 1954 г. и они подверглись распашке.

Проведенные наблюдения в лесных массивах Воронежской области (Усманский и Хреновской боры, Шипов лес) указали на прямую связь атмосферных осадков с лесами: за лето их выпадает на 12 % больше по сравнению с прилегающими к ним безлесными местами. Очевидно, что до сведения человеком лесов в лесостепной и степной зонах атмосферных осадков выпадало больше, чем сейчас. Создание развитой сети полезащитных лесных полос приведет к увеличению годовой суммы осадков только за счет усиления вертикальных движений воздуха на 5–10 % от существующих величин.

Искусственное сведение лесов и распашка занимаемой ими ранее территории существенным образом изменили поверхностный сток, влажность почвы и микроклимат местности. Короче стал период снеготаяния, уменьшились подземный сток и влажность почвы, половодье рек стало более бурным и кратковременным. Одновременно с этим резко возрос смыв почв, началось энергичное овражкообразование. Проявилось некоторое повышение температуры воздуха, снижение его относительной влажности, что способствовало росту повторяемости засух и суховеев.

Овраги стали бичом пахотных земель лесостепи и степи при низкой культуре земледелия. Совершенно новым и неизвестным в доагрикультурное время явлением отмечены пыльные бури, которые выдувают с пашни и переносят в другие районы огромные массы плодороднейшего мелкозема. Грандиозность их масштабов представляют пыльные бури марта–апреля 1960 г., охватившие территорию степей от Северного Кавказа до Молдавии и повредив посевы на площади свыше 4 млн га, а у лесных полос создав эоловые валы высотой до 3,5–4,0 м.

Под влиянием длительной агрокультурной обработки почв серые лесные почвы и черноземы лесостепной и степной зон утратили естественную ореховатую и мелкозернистую структуру (рис. 12.12, *а*, *б*). Замена лесной растительности культурной, внесение удобрений способствовали широкому развитию процессов *реградации почв*, характеризующихся повышением содержания гумуса и слабым проявлением процессов выноса (в деградированных оподзоленных черноземах лесостепи Правобережной Украины). Процессы *проградации* почв под влиянием деятельности человека играют решающую роль в образовании серых лесных почв – зональных почв северной лесостепи. Первоначально слабо оподзоленные почвы лесостепи возникли под лесами, но затем они подверглись воздействию со стороны вторично-степной, образовавшейся после сведения лесов травянистой растительности, придавшей им черты черноземных почв (Мильков, 1967).

Изменился и животный мир лесостепной и степной зон: полностью истреблен степной подвид **тарпана** (*Equus przewalskii Gmelini*), оттеснена в полупустыню **антилопа**



а *б*

Рис. 12.12. Степь:
а – северная; *б* – южная

сайгак (*Saiga tatarica*), типичнейший обитатель степной целины **сурок** (*Martoma bobas*) на Восточно-Европейской равнине известен сейчас только в нескольких колониях. В XVII–XVIII вв. в лесостепи редко, но еще встречались **соболь** (*Martes zibelina*) и **росомаха** (*Gulo gulo*); **бурый медведь** (*Ursus arctos*) в XVI–XVIII вв. водился не только в лесостепной, но и в степной зоне (имеется описание «степных медведей», в XVI в. встречавшихся на Перекопском перешейке, в Поднепровье и под Очаковом. Некоторые животные под влиянием деятельности человека расширили свой ареал и стали более многочисленными в искусственно обезлесенных районах (например, в Орловской области). К их числу принадлежат **малый**, **крапчатый** и **рыжеватый суслики** (*Citellus pygmaeus*, *Cit. suslicus*, *Cit. major*).

В ходе хозяйственной деятельности человека произошла коренная перестройка всех компонентов ландшафтных комплексов лесостепной и степной зон. В отличие от тундры и лесотундры, северной и средней тайги, здесь наблюдается трансформация природных зон, которая шла по линии остепнения лесостепных ландшафтов и иссушения степных.

Полагается, что под влиянием антропогенного фактора произошло смещение лесостепной и степной зон в северном направлении не менее чем на 100 км при уменьшении на этой территории количества атмосферных осадков на 50–60 мм и повышении суммы активных температур на 70° на протяжении вегетационного периода. Характер антропогенной трансформации ландшафтов по отдельным подзонам лесостепной зоны выглядит следующим образом.

В *северной лесостепи* на серых лесных почвах сейчас лесистость составляет около 41 %, пашни, залежи, огороды и сады занимают почти 44 %. Почвенно-климатические условия здесь весьма благоприятны для произрастания леса, и, скорее всего, в девственном состоянии она была почти сплошь покрыта лиственными и сосновыми лесами, лишь местами прерывавшимися болотами, а солнечные склоны представляли вид остепненных полян на оподзоленных черноземах.

Типичная лесостепь на оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземах в настоящее время сильно обезлесена: под лесами и кустарниками находится лишь около 6 % площади, а под пашнями, залежами и садами – 63 %. В девственном состоянии лесистость этой подзоны была не менее 50 %, преобладающим типом почв являлись серые лесные почвы. Таким образом, на месте современной типичной лесостепи в доагрикультурное время размещалась северная лесостепь.

Южная лесостепь на обыкновенных черноземах ныне отличается минимальной залесенностью и высокой распаханностью территории. На Восточно-Европейской равнине многие исследователи южную лесостепь на обыкновенных черноземах относят к степной зоне, с чем невозможно согласиться, поскольку здесь продолжают встречаться водораздельные леса, занимавшие в недавнем прошлом значительно большие площади. До вмешательства человека ландшафты южной лесостепи приближались к современным типично лесостепным, с широким распространением типичных и отчасти выщелоченных черноземов.

Как известно, лесостепь и степь, получающие достаточное количество тепла, но имеющие неустойчивое, а на юге даже недостаточное увлажнение, ныне нуждаются в мероприятиях по снижению поверхностного стока и переводу его во внутрипочвенный. При условии высокой агротехники хороший хозяйственный эффект в борьбе с засухами и суховеями дают орошение, полезащитные лесные полосы и снегозадержание. Такая работа уже проделана, и крупные массивы орошаемых земель созданы в степях Украины и Заволжья. Полезащитные лесные полосы на Восточно-Европейской равнине уже посажены на площади около 750 тыс. га, и в будущем ее величину планируется увеличить до 4 млн га, поскольку лесостепная и степная зоны сильно поражены эрозионными процессами (Васильев, 1963).

12.4. Зоны полупустынь и пустынь умеренного пояса и субтропиков

В полупустынях и пустынях много тепла и солнца при резком недостатке влаги (рис. 12.13–12.15). Несмотря на слабую заселенность, воздействие человека на пустынные ландшафты заметно повсеместно и имеет две отличительные особенности: наряду с общим изменением зоны, здесь не произошла коренная перестройка структуры естественных ландшафтов, кроме того, человек создает здесь на сравнительно больших территориях качественно новые антропогенные ландшафты – орошаемые оазисы.

В песчаных пустынях большие площади **саксаульников** (*Haloxylon*) сведены на топливо. Неумеренная пастьба скота нарушила естественный растительный покров и вызвала на больших площадях развевание песков. Изменился животный мир



а *б*

Рис. 12.13. Полупустыня:
а – северная; *б* – южная



Рис. 12.14. Пустыня

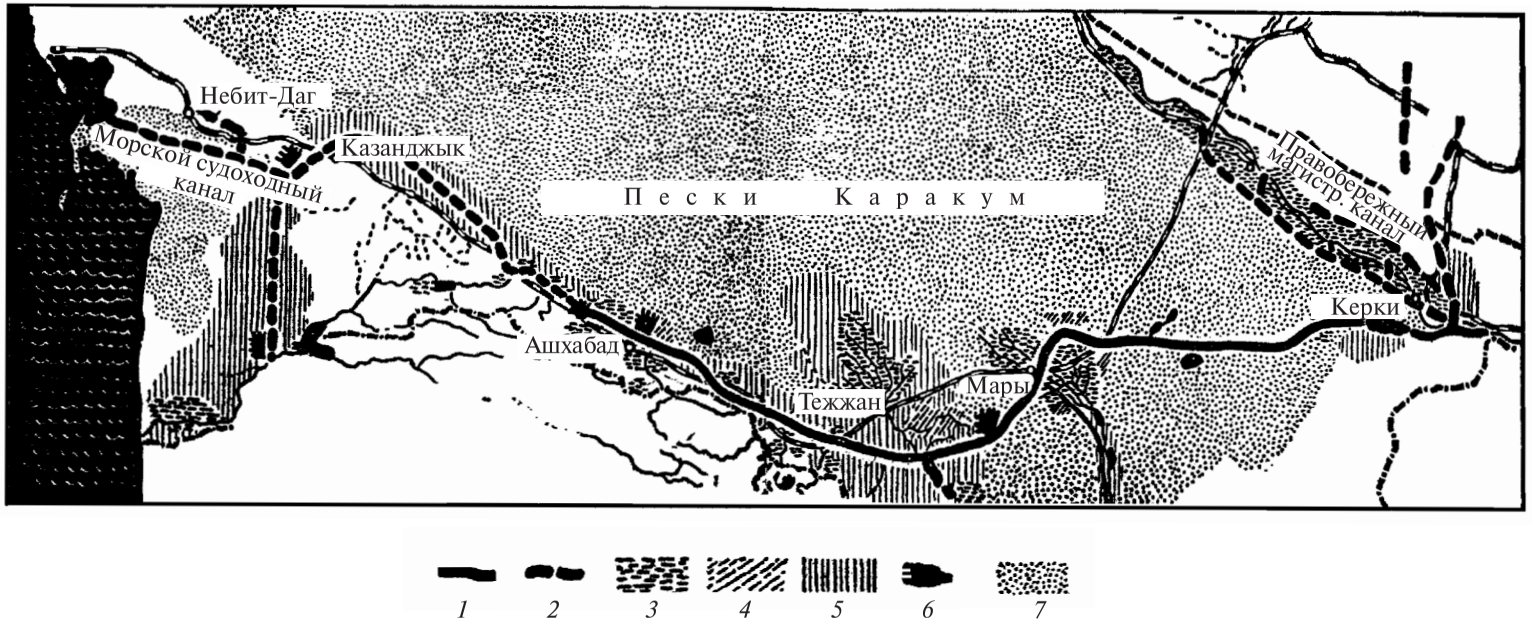


Рис. 12.15. Схема Каракумского канала:

1 – построенный ирригационный канал; *2* – проектируемые ирригационная и судоходная части канала; *3* – земли существующего орошения; *4* – пригодные для орошения земли; *5* – осваиваемые земли; *6* – построенные и проектируемые водохранилища; *7* – песчаные массивы

пустынь: широко распространенный в прошлом **кулан** (*Equus hemionus*) уцелел только в Бадхызе, резко сократилась численность **антилопы джейран** (*Gazella subgutturosa*), близок к полному истреблению **тигр** (*Felis tigris*), **гепард** (*Acinonyx jubatus*), еще во второй половине XIX в. проникавший на север до низовий Сарысу, сейчас известен только в зоне субтропических пустынь.

Оазисы с орошаемыми землями в пустынях представляют собой антропогенный тип местности, отличающийся от смежных территорий всем комплексом природных условий. Наличие воды, садов и посевов создает в оазисах особый климат, которому свойственны более высокая абсолютная и относительная влажность воздуха, более умеренная летняя температура воздуха, меньшая скорость ветра, меньшая запыленность воздуха и т. д. В июле и августе температура воздуха в крупных среднеазиатских оазисах на 3° ниже по сравнению с температурой воздуха в пустыне.

Наиболее примечательны в оазисах их староорошаемые почвы в виде «антропогенного аллювия» (агроирригационный слой), образовавшегося за счет отложения наилка из воды, подводимой для орошения полей. Девственная почва здесь выступает материнской породой для агроирригационного слоя, увеличение мощности которого до 1–2 м и более происходит на протяжении многих столетий и даже тысячелетий. Староорошаемые почвы – плодороднейшие почвы мира за счет высокой микробиологической активности.

Развитие земледелия в зонах полупустынь и пустынь требует искусственного и лиманного (на севере полупустынь) орошения почвы, а для развития животноводства – обводненных пастбищ. Площадь орошаемых земель за 20–70-е гг. XX в. возросла примерно в 4 раза и составила в 60-х гг. 9,5 млн га (Васильев, 1963; Мильков, 1967).

Несмотря на рост орошаемых земель, огромные площади пустынь и полупустынь по-прежнему будут использоваться в качестве пастбищ с развитием устойчивого животноводческого хозяйства, что возможно лишь при условии создания базы страховых кормов в пределах самой пастбищной территории, используя местные подземные воды и выпадающие атмосферные осадки. Преимущественно за счет последних может быть решена и другая важная хозяйственная задача – создание водопоев.

Обширные площади в полупустынях и пустынях заняты развеваемыми песками, закрепление и освоение которых представляет сложную, но вполне по силам человека выполнимую задачу.

Одним из ярких примеров реального преобразования природы Средней Азии явилось строительство самого длинного (840 км) бесплотинного Каракумского канала (1954–1973), который был рассчитан на переброску через пустынные пески вод р. Амударьи по остаткам (цепочкам солончаковых котловин) ее древнего русла в маловодные бассейны Мургаба, Теджена и других малых рек, стекающих с Копет-Дага (Герасимов, 1967). В перспективе имеются еще многие нерешенные проблемы этой огромной территории Средней Азии. Так, оказалась недостаточно подготовленной к разработке проблема Аральского моря (играет ли оно существенную роль в общем обмене влаги, будет ли переброска сибирских рек его реальным спасением), изучение общего кругооборота влаги этого региона и его целенаправленное использование (взаимообмен влаги на равнинах и горах, использование транспирационной влаги из Атлантики, регулирование таяния снега и ледников в горах за счет уменьшения альбедо путем запыления порошкообразными материалами темного цвета их поверхностей и др.). Все это требует тщательного научного прогноза и экономического анализа, в особенности в нынешних условиях глобального потепления климата.

12.5. Основные задачи общества в преобразовании природы

О возможности и необходимости воздействия человека на природу, о ее преобразовании в интересах человеческого общества писали многие русские географы, среди которых А. И. Воейков и В. В. Докучаев много лет назад показали правильный путь преобразования природы – воздействие не на один какой-либо компонент природы, а на весь ландшафтный комплекс. При этом неоднократно указывалось, что при изучении природных факторов и влиянии на них необходимо всегда иметь в виду всю единую, цельную и нераздельную природу, а не разрозненные ее части.

Указания прогрессивных ученых на возможность преобразования природы в условиях дореволюционной России оставались простыми пожеланиями, далекими от реализации. А. А. Измаильский и В. В. Докучаев, настаивавшие на воплощении в жизнь залесения и обводнения степей, высказывали опасения, что степи несравненно раньше успеют превратиться в бесплодную пустыню, чем силами частной предприимчивости они будут достаточно обводнены и залесены. Практическая реализация проекта стала возможна во второй половине XX в. и в особенности на нынешнем этапе развития общества, когда за довольно короткое время в странах СНГ была проделана огромная работа по преобразованию природы: а) осушение заболоченных земель; б) регулирование стока рек; в) залесение степей; г) борьба с водной и ветровой эрозией почв (закрепление оврагов; развеваемых песков); е) реконструкция фауны; ж) увеличение площади орошаемых земель и обводнение пастбищ в засушливых зонах; з) строительство водоемов (прудов, водохранилищ).

Успешное и рациональное выполнение этих работ требовало глубоких и всесторонних научных знаний об истории становления, развития и специфике природы, осознания человеком значения тех фихико-географических процессов, которые играют ведущую роль в формировании ландшафта, и в первую очередь – теплового и водного режимов земной поверхности, и конкретные методы преобразования для практического использования и др. (Герасимов, 1956; 1967). Конечной целью исследований являлось развитие теоретических направлений в физической географии (Мильков, 1967):

- посторение научной синтетической теории формирования природных зон и ландшафтов;
- обоснование новых принципов физико-географического районирования;
- создание новых генетических методов физико-географического изучения и описания территорий;
- создание стационарных (мониторинговых) исследований для увязки региональных изменений теплового и водного балансов с эрозионными (денудационными) и почвообразовательными процессами, а также с развитием растительности.

Сегодня основные задачи современной географической науки с позиции И. П. Герасимова (1972) следующие:

- дальнейшее выявление естественных ресурсов, необходимых для производственной деятельности общества, разработка системы мероприятий по наиболее рациональному их использованию;
- изучение стихийных природных явлений, разработка путей их прогноза и методов активного воздействия на них с целью предупреждения нежелательных последствий;
- изучение воздействия производственной деятельности современного общества на окружающую среду и ее изменений, вызываемых этим воздействием;

• преобразование окружающей среды, обеспечивающее рациональную эксплуатацию природных ресурсов, ликвидацию и ослабление отрицательных антропогенных изменений и создание благоприятных условий для жизни населения;

• охрана природной среды в целях ее дальнейшего научного изучения и использования.

Значительная часть мероприятий по преобразованию природы направлена на повышение биологической продуктивности существующих ландшафтов, в особенности к росту растительной массы на единицу площади. Задача эта очень сложная, так как биологическая продуктивность ландшафтов зависит от большого числа тесно взаимодействующих факторов. Помимо этого, всевозрастающее значение имеют мероприятия по преобразованию природной среды в интересах промышленного, дорожного, жилищно-курортного строительства, в медико-санитарных целях и т. д.

Теоретическая и практическая важность выдвинутых задач очевидна, поскольку изменения климата (балансы тепла и влаги) лежат в основе всех физико-географических процессов, совершающихся в ландшафтной сфере, и изучение их в зональном аспекте позволило бы научно обосновать для каждой географической зоны необходимую систему мелиорации – мероприятий по преобразованию природы в желательном для нужд развитого хозяйства направлении.

Процесс уже оказанного воздействия человека на природу отличается всесторонним характером, повсеместностью, пространственностью, древним возрастом, через призму общественных отношений. И здесь оказалось весьма важным лозунг «Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее – наша задача» осознанно не использовать лишь в потребительских целях и в своем наибольшем объеме, сохраняя в процессе дальнейшего развития Земли созданный природой богатейший ресурсный потенциал.

ЛИТЕРАТУРА

Авенариус, *И. Г.* Палеогеография Северной Евразии в позднем плейстоцене – голоцене и географический прогноз / И. Г. Авенариус, М. В. Муратова, И. И. Спасская. М., 1978.

Агаджанян, *А. К.* Териофауна плейстоцена / А. К. Агаджанян, А. Н. Мотузко ; под ред. К. К. Маркова, Н. П. Наумова. М., 1972.

Андреев, *В. Н.* Тундры / В. Н. Андреев // Карта растительности Европейской части СССР, 1 : 2 500 000. Пояснительный текст. М. ; Л. 1950.

Аношко, *В. С.* Географические основы мелиорации / В. С. Аношко. Минск, 1974.

Антропогенные изменения рельефа озерно-аллювиальных равнин Белорусского Полесья / И. Г. Тановицкий [и др.] // Морфогенез на территории Белоруссии. Минск, 1983.

Анучин, *Д. Н.* Люди зарубежной науки и культуры / Д. Н. Анучин. М., 1960.

Арманд, *Д. Л.* Наука о ландшафте / Д. Л. Арманд. М., 1975.

Арманд, *Д. Л.* Природные комплексы и современные методы их изучения / Д. Л. Арманд, В. С. Преображенский, А. Д. Арманд // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1969. № 5.

Арманд, *Д. Л.* Физическая география в наши дни / Д. Л. Арманд. М., 1968.

Атлас «География материков и стран» (Учеб. пособие для 7 класса общеобразовательной школы). Минск, 2001.

Базилевич, *И. И.* Географические аспекты изучения биологической продуктивности / И. И. Базилевич, Л. Е. Родин, Н. Н. Розов. Л., 1970.

Берг, *Л. С.* Географические зоны Советского Союза : в 2 т. / Л. С. Берг. М., 1947.

Богдасаров, *А.* Радон / А. Богдасаров. Брест, 2008.

Большая Советская Энциклопедия. М., 1969–1978.

Будыко, *М. И.* Влияние человека на климат / М. И. Будыко, Ф. Ф. Давтая // Международная география-1976. М., 1976.

Будыко, *М. И.* Изменение климата / М. И. Будыко. Л, 1978.

Васильев, *П. В.* Ресурсы растительного покрова / П. В. Васильев // Природные ресурсы Советского Союза, их использование и воспроизводство. М., 1963.

Величко, *А. А.* Глобальные изменения климата и реакция ландшафтной оболочки / А. А. Величко // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1991. № 5.

Вернадский, *В. И.* Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. М., 1989.

Виноградов, *Б. В.* Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б. В. Виноградов. М., 1984.

Воейков, *А. И.* Воздействие человека на природу / А. И. Воейков. М., 1963.

Вронский, *В. А.* Основы палеогеографии / В. А. Вронский, Г. В. Войткевич. Ростов-на-Дону ; М., 1997.

Вульф, *Е. В.* Опыт деления земного шара на растительные области на основе количественного распределения видов / Е. В. Вульф // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Сер. 1. Вып. 2. Л., 1934.

Гвоздецкий, *Н. А.* В защиту типологического понимания ландшафта / Н. А. Гвоздецкий // Изв. ВГО. 1961. Т. 93. Вып. 2.

Гвоздецкий, *Н. А.* Основные проблемы физической географии / Н. А. Гвоздецкий. М., 1979.

Гвоздецкий, *Н. А.* Современные проблемы физической географии / Н. А. Гвоздецкий, К. Н. Дьяконов. М., 1989.

Геллер, *Ю. С.* Вопросы преобразования природы и освоения естественных ресурсов засушливых районов / Ю. С. Геллер, Л. В. Дунин-Барковский, Н. Т. Нечаева // Материалы к IV съезду Географического общества СССР. Л., 1964.

Геология Беларуси. Минск, 2001.

Геохронология СССР. М., 1974.

Герасимов, *И. П.* География в Советском Союзе / И. П. Герасимов // Советская география. Итоги и задачи. М., 1960.

Герасимов, *И. П.* Конструктивная география как наука о целенаправленном преобразовании и управлении окружающей среды / И. П. Герасимов // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1972. № 3.

Герасимов, *И. П.* Новейшие тектонические движения и их роль в развитии современного рельефа северного Тянь-Шаня / И. П. Герасимов // Вопросы геоморфологии и палеогеографии Азии. М., 1955.

Герасимов, *И. П.* Преобразование природы и развитие географической науки в СССР / И. П. Герасимов. М., 1967.

Герасимов, *И. П.* Советская географическая наука и проблемы преобразования природы / И. П. Герасимов // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1961. № 5.

Герасимов, *И. П.* Тепловой и водный режим земной поверхности, его роль в динамике природных процессов, географические различия и методы преобразования для практических целей / И. П. Герасимов // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1956. № 4.

Глобальные изменения природной среды / под ред. Н. Л. Добрецова, В. И. Коваленко. Новосибирск, 2001.

Гожев, *А. Д.* Природа поверхности Земли / А. Д. Гожев. М., 1963.

Григорьев, *А. А.* Закономерности строения и развития географической среды / А. А. Григорьев. М., 1966.

Григорьев, *А. А.* Проблема взаимообмена вещества и энергии в литосфере, гидросфере и ее значение в общей теории физической географии / А. А. Григорьев // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1952. № 4.

Гроссгейм, *А. А.* Анализ флоры Кавказа / А. А. Гроссгейм // Труды Ботанического института Азербайджанского фил. АН СССР. Т. 1. Баку, 1936.

Гумилев, *Л. Н.* Этносфера. История людей и история природы / Л. Н. Гумилев. М., 1993.

Гурский, *Б. Н.* Геология / Б. Н. Гурский, Г. В. Гурский. Минск, 1985.

Гурский, *Б. Н.* Геология общая и историческая / Б. Н. Гурский, Д. М. Корулин. Минск, 1982.

Гурский, *Б. Н.* Историческая геология с элементами палеонтологии / Б. Н. Гурский. Минск, 1979.

Давтая, *Ф. Ф.* Атмосфера и биосфера – прошлое, настоящее и будущее / Ф. Ф. Давтая. Л., 1975.

Дьяконов, *К. Н.* Мелиоративная география / К. Н. Дьяконов, В. С. Аношко. М., 1995.

Дьяконов, *К. Н.* Современные методы географических исследований / К. Н. Дьяконов, Н. С. Касимов, В. С. Тикунов. М., 1996.

Евдокимов, *С. П.* Развитие методологии палеогеографии / С. П. Евдокимов. Саранск, 1991.

Еловичева, *Я. К.* Геохронологические методы исследований. Курс лекций / Я. К. Еловичева. Минск, 2003.

Еловичева, *Я. К.* Особенности динамики растительности палеоводоемов Беларуси / Я. К. Еловичева // Водные экосистемы : трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия : сб. науч. работ Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы : проблемы и перспективы исследований», 24–28 ноября 2008 г., Вологда, 2008.

Еловичева, *Я. К.* Проявление антропогенной трансформации ландшафтов Беларуси на основе палинологических данных / Я. К. Еловичева // Региональная физическая география в новом столетии. Вып. 3. Минск, 2008.

Еловичева, *Я. К.* Эволюция Белорусского региона в Европе в познании стратиграфии и палеогеографии антропогена / Я. К. Еловичева // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых : материалы Междунар. науч. конф. к 100-летию со дня рождения К. И. Лукашева, 14–16 марта 2007 г., Минск, 2007.

Еловичева, *Я. К.* Эволюция природной среды антропогена Беларуси / Я. К. Еловичева. Минск, 2001.

Жаков, *С. И.* Перспективные преобразования природы и режим атмосферного увлажнения европейской территории СССР / С. И. Жаков // Вестник МГУ. Вып. 1. 1964.

Забелин, *И. М.* Основные проблемы теории физической географии / И. М. Забелин. М., 1957.

Забелин, *И. М.* Теория физической географии / И. М. Забелин. М., 1959.

Забелин, *И. М.* Физическая география в современном естествознании / И. М. Забелин. М., 1978.

Зябловский, *Е. Ф.* Новейшее землеописание Российской империи : в 2 ч. / Е. Ф. Зябловский. СПб, 1807.

Иодо, *И. А.* Основы градостроительства / И. А. Иодо. Минск, 1983.

Исаченко, *А. Г.* Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование / А. Г. Исаченко. М., 1971.

Исаченко, *А. Г.* Развитие географических идей / А. Г. Исаченко. М., 1976.

Кадацкий, *В. Б.* Некоторые вопросы техногенного морфогенеза / В. Б. Кадацкий, К. И. Лукашев // Геологическое изучение территории Белоруссии. Минск, 1979.

Калесник, *С. В.* Задачи географии и полевые географические исследования / С. В. Калесник // Ученые записки ЛГУ. Сер. геогр. науки. Вып. 2, 1940.

Калесник, *С. В.* Общие географические закономерности Земли / С. В. Калесник. М., 1970.

Кириков, *С. В.* Изменения животного мира в природных зонах СССР. Лесная зона и лесотундра / С. В. Кириков. М., 1960.

Кириков, *С. В.* Изменения животного мира в природных зонах СССР. Степная зона и лесостепь / С. В. Кириков. М., 1959.

Котлов, *Ф. М.* Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека / Ф. М. Котлов. М., 1978.

Котляков, *В.* Ученые разморозят тайны Земли / В. Котляков // АиФ. № 32. 2009.

Краснов, *А. Н.* Из поездки на Дальний Восток Азии / А. Н. Краснов // Землеведение. Вып. 1–2, 3. М., 1894.

Краснов, *А. Н.* Опыт истории развития флоры южной части восточного Тянь-Шаня / А. Н. Краснов // Записки Русского геогр. об-ва, т. 19, 1888.

Кузнецов, *В. Л.* Звери Киргизии / В. Л. Кузнецов. М., 1948.

Кузнецов, *Н. Т.* Проблемы комплексного использования и охраны водных ресурсов / Н. Т. Кузнецов, М. И. Львович // Природные ресурсы Советского Союза, их использование и воспроизводство. М., 1963.

Кузнецов, *П. С.* Методологические проблемы ландшафтоведения / П. С. Кузнецов. Саратов, 1978.

Лиштван, *И. И.* Торф / И. И. Лиштван // Белорусская ССР : Краткая энциклопедия. Минск, 1979.

Логинов, *В. Ф.* Оценка антропогенного «сигнала» в изменении климата / В. Ф. Логинов // Научные и прикладные аспекты оценки изменений климата и использования климатических ресурсов : Тез. докл. междунар. науч. конф. 31 октября – 3 ноября 2000 г., Минск, 2000.

Лукашев, К. И. Генетические типы и фации антропогеновых отложений / К. И. Лукашев. Минск, 1960.

Марцинкевич, *Г. И.* Классификация природных и антропогенных ландшафтов БССР / Г. И. Марцинкевич // Вестник БГУ. 1984. № 2.

Матвеев, *А. В.* История формирования рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев. Минск, 1990.

Матвеев, *А. В.* Техногенный рельеф Белоруссии / А. В. Матвеев, Э. А. Левков // Современные рельефообразующие процессы. Минск, 1986.

Махнач, *В. В.* Глобальные изменения климата Земли за геологическую историю – от архея до наших дней / В. В. Махнач, Я. К. Еловичева // Региональная физическая география в новом столетии. Вып. 4. Минск, 2010. Сборник (рукопись) для депонирования в БелИСА. Минск, 2010.

Меннер, *В. В.* Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит / В. В. Меннер. М., 1962.

Методы изучения геологического прошлого Земли : учеб. пособие / Я. К. Еловичева [и др.]. Минск, 2001.

Мещеряков, *Ю. А.* Состояние знаний о современных движениях земной коры / Ю. А. Мещеряков, М. И. Синягина // Современные тектонические движения земной коры и методы их изучения. М., 1961.

Мильков, *Ф. Н.* Ландшафтная сфера Земли / Ф. Н. Мильков. М., 1970.

Мильков, *Ф. Н.* О понятии физико-географического ландшафта и системе ландшафтных единиц / Ф. Н. Мильков // Известия Чкаловского Отдела Географического общества СССР. 1948. Вып. 2.

Мильков, *Ф. Н.* Основные проблемы физической географии / Ф. Н. Мильков. М., 1967.

Мильков, *Ф. Н.* Человек и ландшафты / Ф. Н. Мильков. М., 1973.

Морфологическая структура географического ландшафта / Г. Н. Анненская [и др.] ; под ред. Н. А. Солнцева. М., 1962.

Никитин, *Д. П.* Окружающая среда и человек / Д. П. Никитин, Ю. В. Новиков. М., 1980.

Николаев, *Н. И.* Карта новейшей тектоники СССР / Н. И. Николаев, С. С. Шульц. Известия АН СССР. Сер. геогр. 1961, № 4.

Николаев, *Н. И.* Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР / Н. И. Николаев. М., 1962.

О пространственной неоднородности некоторых параметров глобальной изменчивости современного климата / В. И. Бышев [и др.] // Доклады АН России, 2009, т. 426, № 4.

Пидопличко, *А. П.* Торфяные месторождения Белоруссии / А. П. Пидопличко. Минск, 1961.

Пирожник, *И. И.* География Мирового океана : пособие для студентов / И. И. Пирожник, Г. Я. Рылюк, Я. К. Еловичева. Минск, 2007.

Пирожник, *И. И.* География Мирового океана : учеб. пособие / И. И. Пирожник, Г. Я. Рылюк, Я. К. Еловичева. Минск, 2006.

Практическая стратиграфия / под ред. И. Ф. Никитина, А. И. Жамойды. Л., 1984.

Рич, *П. В.* Каменная книга / П. В. Рич, Т. Х. Рич, М. А. Фентон. М., 1997.

Розов, *Н. Н.* Земельные ресурсы / Н. Н. Розов // Природные ресурсы Советского Союза, их использование и воспроизводство. М., 1963.

Рылюк, *Г. Я.* Физическая география Мирового океана : учеб. пособие / Г. Я. Рылюк, Я. К. Еловичева. Минск, 2005.

Саушкин, *Ю. Г.* Географическая наука в прошлом, настоящем и будущем / Ю. Г. Саушкин. М., 1980.

Северцов, *Н. А.* Об орографическом образовании Высокой Азии и его значении для распространения животных / Н. А. Северцов. М., 1880.

Сідаровіч, *С.* На бабравінах / С. Сідаровіч // Родная прырода. 1985. № 6. С. 8–9.

Сочава, *В. Б.* Новейшие вертикальные движения земной коры и растительный покров / В. Б. Сочава // Землеведение. Новая серия. Т. 3 (43), 1950.

Справочник по геофизике. М., 1965.

Стихарев, *А. Т.* Изучение техногенных движений земной поверхности на нефтяных месторождениях Припятской впадины / А. Т. Стихарев // Комплексные геодинамические полигоны. М., 1984.

Страхов, *Н. М.* Основы теории литогенеза : в 2 т. / Н. М. Страхов. М., 1962. Т. 2. : Закономерности состава и размещения гумидных отложений.

Судакова, *С. С.* Общее землеведение / С. С. Судакова. М., 1987.

Юренков, *Г. И.* Основные проблемы физической географии и ландшафтоведения / Г. И. Юренков. М., 1982.

Якушко, *О. Ф.* Белорусское Поозерье / О. Ф. Якушко. Минск, 1971.

Якушко, *О. Ф.* Озероведение / О. Ф. Якушко. Минск, 1981.

Are we now living in the Anthropocene? / Jan Zalasiewicz [et al.] // GSA Today : Vol. 18, №. 2, Feb. 2008. P. 4–8.

Benton, *Michael J.* Introduction to paleobiology and the fossil record / Michael J. Benton, David Harper. Hong Kong, 2009.

Chackleton, *N. Y.* Oxygenisotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core v 28–238 ; Oxygen isotope temperature and ice volumes on a 10^5 and 10^6 gear scall / N. Y. Chackleton, N. D. Opdyke // Quatern. Res. 1973. Vol. 3.

Kulczynski, *S.* Stratigrafia torfowisk Polesia / S. Kulczynski // Praca Biura meljoracji Polesia, resz. 2. Brzesc nad Bugiem, 1930.

Yelovicheva, *Ya.* Geological monuments of the nature and their conservation police in Belarus / Ya. Yelovicheva, V. Vinokurov, Ye. Drozd // Geological heritage concept, conservation and protection policy in Central Europe : Abstracts and Field trip guide–book of International Conference Cracow, Poland, October 3–4, 2003. Warsawa, 2003.

Yelovicheva, *Ya. K.* Pleistocene nature events of the Central and Middle–East Europe for the comprehension of their development in the future (by palynological data) / Ya. K. Yelovicheva // Quaternary stratygraphy and paleontology of the southern Russia: connections between Europe, Africa and Asia : Volume of Abstracts of the 2010 annual meeting SEQS, 21–26 June 2010, Rostov-on-Don, Russia. 2010.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
Глава 1. Исторический взгляд на географию и физико-географическая система наук 5
Глава 2. Методологические основы и методы наук изучения географии Земли 18
2.1. Диалектический материализм и география 18
2.2. Основные научные концепции о геологическом и географическом прошлом Земли 19
2.3. Роль эволюционного учения в развитии географических идей 21
2.4. Научные школы 25
2.5. Методы изучения географии Земли 44
2.6. Методы относительной геохронологии 54
2.6.1. Палеонтологические (биостратиграфические) методы 54
2.6.2. Непалеонтологические (геолого-стратиграфические) методы 60
Глава 3. Особенности географической оболочки и ее дифференциация на природно-территориальные комплексы 66
3.1. Важнейшие особенности географической оболочки 66
3.2. Дифференциация географической оболочки на природно-территориальные комплексы 68
3.3. Возраст географической оболочки и природно-территориальных комплексов 72
Глава 4. Динамика географической оболочки и ее составляющих 75
4.1. Этапы развития географической оболочки 75
4.2. Ритмичность природных процессов географической оболочки 86
Глава 5. Круговороты веществ географической оболочки 88
5.1. Большой и малый круговороты веществ 88
5.2. Круговорот воды 90
5.3. Круговорот кислорода 92
5.4. Круговорот углерода 94
5.5. Круговорот азота 97
5.6. Круговорот фосфора 100
5.7. Круговорот серы 102
5.8. Круговорот ртути 105
5.9. Круговорот свинца 106
5.10. Распространение радиоактивных элементов, излучения, газов 107
Глава 6. Проблемы изменения климата 110
Глава 7. Географический ландшафт и проблема физико-географического районирования 139
7.1. Современные взгляды на географический ландшафт 139
7.2. Проблема физико-географического районирования 142

7.3. Основные принципы и методы физико-географического районирования ... 145
7.4. Типологические ландшафтные комплексы ... 147
7.5. Проблема зонального и провинциального в физико-географическом районировании ... 152
7.6. Некоторые черты структуры ландшафтной сферы и составляющих ее ландшафтных комплексов ... 158
Глава 8. Проблемы изменения литосферы ... 164
8.1. Проблемы земной коры ... 166
8.2. Биогенное рельефообразование ... 170
8.3. Техногенные рельефообразующие процессы ... 176
Глава 9. Неотектоника и формирование современных ландшафтов ... 182
9.1. Понятие неотектоники и ее основные особенности ... 182
9.2. Роль новейшей тектоники в формировании горных ландшафтов ... 184
9.3. Роль новейшей тектоники в формировании равнинных ландшафтов ... 186
9.4. Роль неотектоники в развитии ландшафтных комплексов ... 187
9.5. Неотектоника и процесс всеобщей трансформации ландшафтов ... 188
Глава 10. Проблемы изменения гидросферы ... 191
10.1. Проблемы вод Мирового океана ... 191
10.2. Экологические области и сообщества организмов в океане ... 201
10.3. Внутренние водоемы и водотоки ... 204
Глава 11. Проблемы биосферы ... 229
11.1. Границы и строение биосферы ... 229
11.2. Проблемы органического мира ... 232
11.3. Редкие и исчезнувшие животные планеты Земля ... 233
Глава 12. Воздействие человеческого общества на природу географических зон ... 246
13.1. Зоны Арктики, субарктики, тундры и лесотундры ... 246
12.2. Зоны тайги, смешанных и широколиственных лесов ... 248
12.3. Зоны лесостепи и степи ... 255
12.4. Зоны полупустынь и пустынь умеренного пояса и субтропиков ... 260
12.5. Основные задачи общества в преобразовании природы ... 262
Литература ... 264

Учебное издание

Еловичева Ядвига Казимировна

ПРОБЛЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ

Пособие
для студентов географического факультета

Редактор *Е. А. Логвинович*
Художник обложки *Т. Ю. Таран*
Технический редактор *Т. К. Раманович*
Корректор *А. Г. Терехова*
Компьютерная верстка *О. Н. Сырель*

Подписано в печать 29.06.2011. Формат 70×100/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,93.
Уч.-изд. л. 26,3. Тираж 100 экз. Зак. 530.

Белорусский государственный университет.
ЛИ № 02330/0494425 от 08.04.2009.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Отпечатано с оригинала-макета заказчика.
Республиканское унитарное предприятие
«Издательский центр Белорусского государственного университета».
ЛП № 02330/0494178 от 03.04.2009.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.