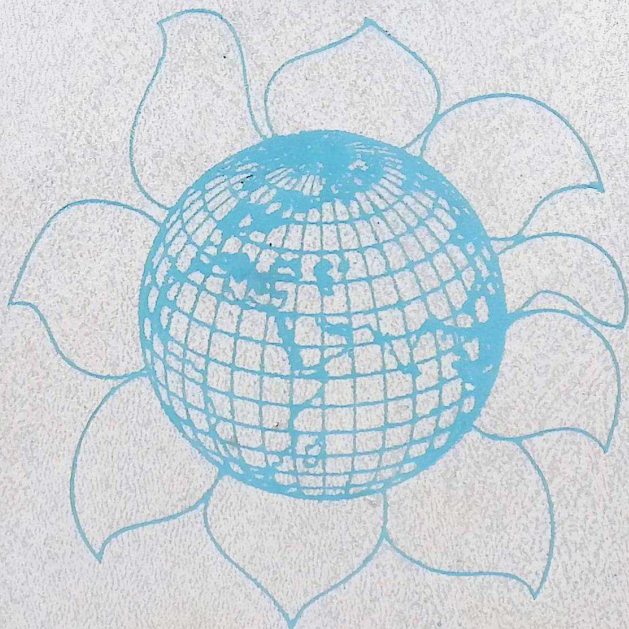


502.7
А-855

А.Г. Исаченко

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ



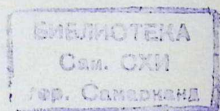
253003

502.7
И-855

А.Г. Исаченко

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ



МОСКВА «МЫСЛЬ» 1980

5

РЕДАКЦИИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Исаченко А. Г.

И85 Оптимизация природной среды (географический аспект). — М.: Мысль, 1980. — 264 с., карт., схем.

В пер.: 1 р. 50 к.

В книге на обширном фактическом материале анализируются различные аспекты рационального использования, охраны и преобразования природной среды и убедительно раскрывается значение комплексного ландшафтно-географического подхода. Автор рассматривает на конкретных примерах принципы и методы оценки природных комплексов и географического прогнозирования, основы рациональной организации территории и управления природными процессами, пути участия географа в территориальном планировании и проектировании.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся проблемами защиты и улучшения окружающей среды.

57 (069)

И $\frac{20901-064}{004(01)-80}$ 146-80. 2001050000

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ КАК КРУПНЕЙШАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ	
Взаимоотношение природы и общества в эпоху научно-технической революции	8
Цели, сущность и перспективы оптимизации природной среды	13
Социально-политические, законодательные, экономические и научно-технические предпосылки оптимизации природной среды	25
ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ. ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ (ГЕОСИСТЕМЫ) КАК ОБЪЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ	
Комплексный географический подход и объекты оптимизации	40
Понятие о природных географических комплексах — геосистемах	44
Принципы оптимизации природной среды с позиций учения о геосистемах. География и экология	51
Ландшафтная оболочка, или эпигеосфера	67
Зональность, а зональность и региональное деление эпигеосферы	84
Географический ландшафт и геосистемы локального уровня	100
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДУ	
Пути изучения техногенного воздействия на геосистемы	111
Механическое перемещение твердого материала и нарушение гравитационного равновесия	114
Изменение влагооборота и водного баланса	119
Нарушение биологического равновесия и биогенного круговорота веществ	124
Воздушная миграция техногенных выбросов	130
Водная миграция техногенных выбросов	137
Техногенные изменения теплового баланса	140
Некоторые закономерности изменения структуры геосистем под влиянием человеческой деятельности	144
КУЛЬТУРНЫЙ ЛАНДШАФТ	
Сущность культурного ландшафта и цели его формирования	154
Принципы оптимизации структуры и функций ландшафта	157
Организация территории на основе ландшафтного подхода	163
Регулирование природных процессов в ландшафте	172

ПРИКЛАДНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЛАНДШАФТОВ

Инвентаризация геосистем. Ландшафтные карты и ландшафтный кадастр	179
Анализ природных условий и ресурсов	190
Принципы и методы качественной оценки природной среды	198
Основные направления качественной оценки геосистем	211
Ландшафтно-географические прогнозы	230
Проект оптимизации ландшафта, районные планировки, комплексное территориальное планирование и проектирование	239
ЛИТЕРАТУРА	256

ПРЕДИСЛОВИЕ

Под оптимизацией природной среды подразумевается комплекс мер по рациональному использованию естественных ресурсов, охране, оздоровлению и обогащению природного окружения человечества.

Бережное отношение к природе, охрана и приумножение ее богатств составляют неотъемлемую часть экономических основ Советского социалистического государства. В статье 18 Конституции (Основного Закона) Союза Советских Социалистических Республик записано: «В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды». Советская Конституция обязывает граждан СССР беречь природу, охранять ее богатства (статья 67).

Конкретные мероприятия по охране и рациональному использованию природных ресурсов предусматриваются текущими и перспективными планами социально-экономического развития нашей страны. Большое место они занимают, как известно, в решениях XXIV и XXV съездов КПСС.

В нашу эпоху никто не может оставаться в стороне от решения задач, относящихся к оптимизации природной среды человека. Эти задачи в равной степени относятся к политике, экономике, технике, правоведению, медицине, философии, наконец, к естественным наукам. О широком общественном интересе к оптимизации природной среды свидетельствует возрастающий поток научной и научно-популярной литературы, касающейся различных аспектов этой острейшей научной и практической проблемы современности.

При всей ее многоплановости и явно междисциплинарном характере не раз в ходе дискуссий подымался вопрос о «лидерстве» той или иной науки в разработке этой проблемы. Кто должен возглавить научные исследования в целях рационального использования, охраны и улучшения природной среды? Называют экологов, физиков, кибернетиков... чаще всего забывая о географах. Один комментатор как-то сообщал: «В Географическом обществе Союза ССР собрались физики, философы, метеорологи, математики для большого разговора на тему «Человек и среда»». Не правда ли, странная ситуация: географы предоставили свою трибуну представителям других наук, а сами остались в стороне. В действительности все происходило не так. Действующими лицами упомянутого большого разговора (речь идет о симпозиуме «Человек и среда обитания», состоявшемся в январе 1973 г. в Ленинграде¹) были прежде всего сами географы, но комментатор почему-то не обратил на это внимания.

Современная география обладает огромным научным потенциалом, который дает ей во всяком случае не меньше оснований претендовать на ведущую роль в разработке научных основ оптимизации природной среды человечества, чем, скажем, физике или биологии. О том, какие это основания, речь пойдет впереди. Но здесь нельзя не сказать о сложившемся противоречии между громадными возможностями географической науки, ее выдающейся социальной значимостью, с одной стороны, и ее относительно невысоким общественным авторитетом — с другой. Противоречие это легче всего объяснить неосведомленностью широкой общественности о сущности современной географии, ее теоретических основ и практических достижений. Но было бы несправедливым снимать ответственность за такое положение с самих географов. Они плохо популяризуют идеи и достижения своей науки. Ценный опыт, накопленный географами в области оптимизации природной среды, как правило, остается достоянием узкого круга профессионалов. Поэтому элементарные истины, давно известные географам, нередко в популярной литературе преподносятся как новейшие открытия экологов или других специалистов.

¹ См.: Человек и среда обитания. Л., 1974.

Для большинства людей единственным источником географических знаний остается средняя школа. Но пожалуй, ни в одной другой науке не существует столь большого разрыва между школой и наукой, как в географии. В школьной географии все еще сильна ориентация на запоминание фактов, вместо того чтобы обучать пониманию явлений. Поэтому мало кто знает, что современная география — это прежде всего научная теория, имеющая большое практическое значение.

Автор этой книги далек от стремления восполнить пробелы школьных учебников или изложить основные научные теории, методы и прикладные аспекты современной географии. Для этого потребовалось бы написать не одну книгу. Он поставил перед собой более ограниченную задачу — показать, что без комплексного географического подхода невозможно правильно решать проблему оптимизации природной среды; раскрыть сущность этого подхода и на конкретных примерах проиллюстрировать, что может (и обязан) сделать географ для рационального использования естественных ресурсов, охраны и улучшения природной среды. Автор отдает себе отчет в сложности и ответственности этой задачи, но решился взяться за поставленную тему, опираясь как на некоторый личный опыт исследований в области прикладной географии, так и на анализ различных отечественных и зарубежных источников и исходя из сознания чрезвычайной актуальности и социальной значимости темы.

При всей ее многоплановости и явно междисциплинарном характере не раз в ходе дискуссий подымался вопрос о «лидерстве» той или иной науки в разработке этой проблемы. Кто должен возглавить научные исследования в целях рационального использования, охраны и улучшения природной среды? Называют экологов, физиков, кибернетиков... чаще всего забывая о географах. Один комментатор как-то сообщал: «В Географическом обществе Союза ССР собрались физики, философы, метеорологи, математики для большого разговора на тему «Человек и среда»». Не правда ли, странная ситуация: географы предоставили свою трибуну представителям других наук, а сами остались в стороне. В действительности все происходило не так. Действующими лицами упомянутого большого разговора (речь идет о симпозиуме «Человек и среда обитания», состоявшемся в январе 1973 г. в Ленинграде¹) были прежде всего сами географы, но комментатор почему-то не обратил на это внимания.

Современная география обладает огромным научным потенциалом, который дает ей во всяком случае не меньше оснований претендовать на ведущую роль в разработке научных основ оптимизации природной среды человечества, чем, скажем, физике или биологии. О том, какие это основания, речь пойдет впереди. Но здесь нельзя не сказать о сложившемся противоречии между громадными возможностями географической науки, ее выдающейся социальной значимостью, с одной стороны, и ее относительно невысоким общественным авторитетом — с другой. Противоречие это легче всего объяснить неосведомленностью широкой общественности о сущности современной географии, ее теоретических основ и практических достижений. Но было бы несправедливым снимать ответственность за такое положение с самих географов. Они плохо популяризуют идеи и достижения своей науки. Ценный опыт, накопленный географами в области оптимизации природной среды, как правило, остается достоянием узкого круга профессионалов. Поэтому элементарные истины, давно известные географам, нередко в популярной литературе преподносятся как новейшие открытия экологов или других специалистов.

¹ См.: Человек и среда обитания. Л., 1974.

Для большинства людей единственным источником географических знаний остается средняя школа. Но пожалуй, ни в одной другой науке не существует столь большого разрыва между школой и наукой, как в географии. В школьной географии все еще сильна ориентация на запоминание фактов, вместо того чтобы обучать пониманию явлений. Поэтому мало кто знает, что современная география — это прежде всего научная теория, имеющая большое практическое значение.

Автор этой книги далек от стремления восполнить пробелы школьных учебников или изложить основные научные теории, методы и прикладные аспекты современной географии. Для этого потребовалось бы написать не одну книгу. Он поставил перед собой более ограниченную задачу — показать, что без комплексного географического подхода невозможно правильно решать проблему оптимизации природной среды; раскрыть сущность этого подхода и на конкретных примерах проиллюстрировать, что может (и обязан) сделать географ для рационального использования естественных ресурсов, охраны и улучшения природной среды. Автор отдает себе отчет в сложности и ответственности этой задачи, но решился взяться за поставленную тему, опираясь как на некоторый личный опыт исследований в области прикладной географии, так и на анализ различных отечественных и зарубежных источников и исходя из сознания чрезвычайной актуальности и социальной значимости темы.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ КАК КРУПНЕЙШАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ

Взаимоотношение природы и общества в эпоху научно-технической революции

Человечество — часть природы, и необходимым условием его существования служит непрерывный обмен веществ (метаболизм) с окружающей природой. Природная среда — источник всех средств к существованию людей. Однако в отличие от животных люди добывают эти средства к существованию в процессе производства, при помощи орудий труда (которые также изготавливаются из природных материалов — дерева, металлов и т. д.).

Следует различать две формы метаболизма между человеком и природой — биологическую и производственную. Первая происходит непрерывно в процессе осуществления человеческим организмом его физиологических функций — посредством дыхания, потребления воды, пищи. Вторая совершается с помощью технических средств, путем добычи и переработки минерального, растительного и другого сырья и топлива.

У человека обмен веществ с природой далеко не сводится к простому обеспечению его биологических (физиологических) потребностей в пище, воздухе, воде. В силу растущих материальных и духовных запросов человек окружает себя все новыми и новыми искусственными предметами, которые создаются из природного сырья в процессе производства. Более того, даже чисто физиологические потребности удовлетворяются сейчас через посредство водопровода, опреснителя, кондиционера, хлебозавода, а иногда противогаса или кислородной подушки.

Таким образом, в процессе исторического развития общества и роста его технической оснащенности производственная, или техногенная, форма обмена все более выдвигается на передний план, оттесняя непосредственный биологический метаболизм. На 1000 км пробега современного автомобиля расходуется годовой кислородный «пак» одного человека, а сжигание 1 т угля равноценно годовой кислородной норме 10 человек. Всего на произ-

водственные нужды ежегодно тратится столько атмосферного кислорода, сколько хватило бы для дыхания десятков миллиардов людей. Но обмен имеет, как известно, две стороны — поглощение и выделение. Обратная сторона потребления кислорода в окислительных (как биологических, так и технологических) реакциях — выделение в атмосферу эквивалентного количества двуокиси углерода (углекислого газа). При сжигании топлива его выбрасывается в атмосферу по крайней мере в 15 раз больше, чем в результате дыхания всего человечества. Это лишь один пример. Еще больший контраст выявился бы, например, при сравнении количества потребляемой всеми людьми питьевой воды и той воды, которая вовлекается в производственные процессы: человечество не выпивает и тысячной доли воды, забираемой из рек и водоемов.

Общественное производство требует все новых и новых видов ресурсов и во всевозрастающих количествах. Поэтому зависимость общества от природы отнюдь не уменьшается, как это иногда упрощенно толкуют. Связи человека и природы становятся все более сложными и многообразными. Достаточно вспомнить о роли нефти в современном мировом хозяйстве по сравнению с относительно недавним прошлым. Люди все более освобождаются от *прямого* влияния географической среды, они научились защищаться от ее стихийных сил, создавая для себя искусственную среду (но, разумеется, из тех же природных материалов, будь то глина, дерево, камень, металл или продукты их переработки). Далее, человек научился сводить к минимуму свою зависимость от *непосредственного природного окружения*, т. е. от локальной (местной) среды, ее условий и ресурсов: благодаря существующей системе мировых хозяйственных и культурных связей люди могут удовлетворять свои разносторонние потребности из «среды», удаленной на многие тысячи километров. Однако именно это обстоятельство делает все человечество зависимым от глобальной природной среды в целом, от ее состояния и «благополучия». Отсюда возникает глубокая заинтересованность людей всего мира в сохранении и обогащении общей жизненной среды. Между тем угроза ухудшения этой среды стала реальной.

В процессе обмена веществ с природой человек неизбежно изменяет свое окружение, и так было всегда, начиная с тех времен, когда первобытные люди собирали коренья и истребляли мелких животных. Овладение огнем,

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ КАК КРУПНЕЙШАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ

Взаимоотношение природы и общества в эпоху научно-технической революции

Человечество — часть природы, и необходимым условием его существования служит непрерывный обмен веществ (метаболизм) с окружающей природой. Природная среда — источник всех средств к существованию людей. Однако в отличие от животных люди добывают эти средства к существованию в процессе производства, при помощи орудий труда (которые также изготавливаются из природных материалов — дерева, металлов и т. д.).

Следует различать две формы метаболизма между человеком и природой — биологическую и производственную. Первая происходит непрерывно в процессе осуществления человеческим организмом его физиологических функций — посредством дыхания, потребления воды, пищи. Вторая совершается с помощью технических средств, путем добычи и переработки минерального, растительного и другого сырья и топлива.

У человека обмен веществ с природой далеко не сводится к простому обеспечению его биологических (физиологических) потребностей в пище, воздухе, воде. В силу растущих материальных и духовных запросов человек окружает себя все новыми и новыми искусственными предметами, которые создаются из природного сырья в процессе производства. Более того, даже чисто физиологические потребности удовлетворяются сейчас через посредство водопровода, опреснителя, кондиционера, хлебозавода, а иногда противогаса или кислородной подушки.

Таким образом, в процессе исторического развития общества и роста его технической оснащенности производственная, или техногенная, форма обмена все более выдвигается на передний план, оттесняя непосредственный биологический метаболизм. На 1000 км пробега современного автомобиля расходуется годовой кислородный «пак» одного человека, а сжигание 1 т угля равноценно годовой кислородной норме 10 человек. Всего на произ-

водственные нужды ежегодно тратится столько атмосферного кислорода, сколько хватило бы для дыхания десятков миллиардов людей. Но обмен имеет, как известно, две стороны — поглощение и выделение. Обратная сторона потребления кислорода в окислительных (как биологических, так и технологических) реакциях — выделение в атмосферу эквивалентного количества двуокиси углерода (углекислого газа). При сжигании топлива его выбрасывается в атмосферу по крайней мере в 15 раз больше, чем в результате дыхания всего человечества. Это лишь один пример. Еще больший контраст выявился бы, например, при сравнении количества потребляемой всеми людьми питьевой воды и той воды, которая вовлекается в производственные процессы: человечество не выпивает и тысячной доли воды, забираемой из рек и водоемов.

Общественное производство требует все новых и новых видов ресурсов и во всевозрастающих количествах. Поэтому зависимость общества от природы отнюдь не уменьшается, как это иногда упрощенно толкуют. Связи человека и природы становятся все более сложными и многообразными. Достаточно вспомнить о роли нефти в современном мировом хозяйстве по сравнению с относительно недавним прошлым. Люди все более освобождаются от *прямого* влияния географической среды, они научились защищаться от ее стихийных сил, создавая для себя искусственную среду (но, разумеется, из тех же природных материалов, будь то глина, дерево, камень, металлы или продукты их переработки). Далее, человек научился сводить к минимуму свою зависимость от *непосредственного природного окружения*, т. е. от локальной (местной) среды, ее условий и ресурсов: благодаря существующей системе мировых хозяйственных и культурных связей люди могут удовлетворять свои разносторонние потребности из «среды», удаленной на многие тысячи километров. Однако именно это обстоятельство делает все человечество зависимым от глобальной природной среды в целом, от ее состояния и «благополучия». Отсюда возникает глубокая заинтересованность людей всего мира в сохранении и обогащении общей жизненной среды. Между тем угроза ухудшения этой среды стала реальной.

В процессе обмена веществ с природой человек неизбежно изменяет свое окружение, и так было всегда, начиная с тех времен, когда первобытные люди собирали коренья и истребляли мелких животных. Овладение огнем,

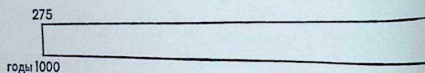
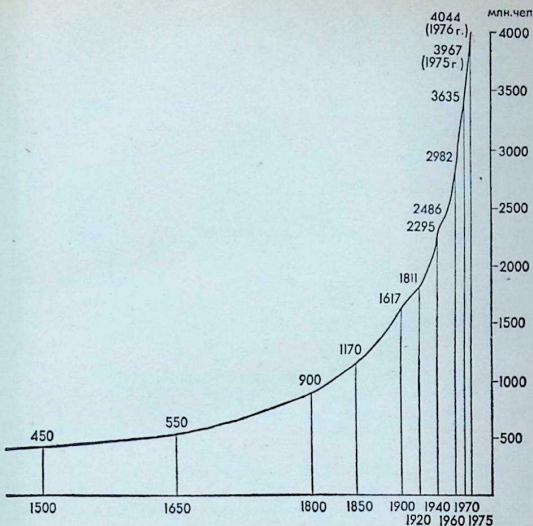


Рис. 1. Рост населения Земли (млн. человек)

возникновение земледелия и животноводства, открытие металла, искусственное орошение — все это последовательные вехи на пути прогрессирующего наступления человека на природу. Промышленная революция конца XVIII — начала XIX в., положившая начало утверждению капитализма, ознаменовала новый важный этап во взаимоотношениях общества и природы: машинная индустрия неизмеримо увеличила потребность в топливе, металлах и различных видах природного сырья; ее развитие сопровождалось истреблением лесов, расширением площадей, занятых отвалами, карьерами, свалками и оврагами, загрязнением воды и воздуха. Хищническая природа капитализма обусловила практически полную бесконтрольность этого процесса ухудшения жизненной среды.

Новый скачок в истории человеческого воздействия на природу связан с современной научно-технической революцией (НТР). Принято считать, что она началась после окончания второй мировой войны. Воздействие общества на



природу в эпоху НТР не только усилилось по своим масштабам, т. е. возросло *количественно*, но и существенно изменилось *качественно*.

Научно-техническая революция сопровождается быстрым ростом населения Земли — «демографическим взрывом». На протяжении первого тысячелетия нашей эры население планеты возросло лишь в 2 раза. Теперь нужно всего около 40 лет, чтобы оно удвоилось. В 1900 г. на Земле жило 1,6 млрд. человек, в 1940 г. — 2,2 млрд., в 1960 г. — 3,0 млрд., в 1975 г. — 4 млрд. (рис. 1). В 1950—1960 гг. численность населения ежегодно увеличивалась на 1,6%, а в 70-х годах — уже на 2%.

При всей внушительности этих цифр они бледнеют в сравнении с темпами роста мирового производства (рис. 2). Современная индустрия удваивает свои мощности каждые 12—14 лет. Использование минеральных ресурсов и воды возрастает ежегодно примерно на 5%, а производство энергии — на 8%. Если за последние четверть века числен-

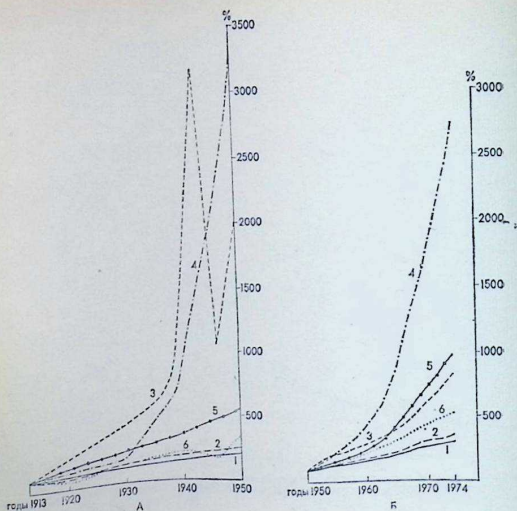


Рис. 2. Темпы роста мирового производства:

А — 1913—1950 гг. (1913 г. = 100%),
Б — 1950—1975 гг. (1950 г. = 100%);

1 — энергия, 2 — сталь, 3 — алюминий, 4 — синтетические смолы и пластмассы, 5 — азотные удобрения, 6 — цемент

ность населения в мире увеличилась в 1,6 раза, то производство стали — в 3,7 раза, азотных удобрений и алюминия — почти в 10 раз, а синтетических смол и пластмасс — в 27 раз!

Уже эти цифры не могут не навести на некоторые мысли о существенных современных тенденциях в перестройке структуры промышленного производства, а следовательно, и в промышленной технологии. Характернейшая тенденция состоит в стремительном росте производства синтетических продуктов, которые интенсивно вытесняют натуральные материалы во всех областях жизни, включая и сельское хозяйство, потребляющее во всевозрастающих количествах химические удобрения и пестициды. К этому надо добавить бурное развитие цветной металлургии на фоне относительно скромного роста производства черных металлов (алюминий все чаще выступает как заменитель

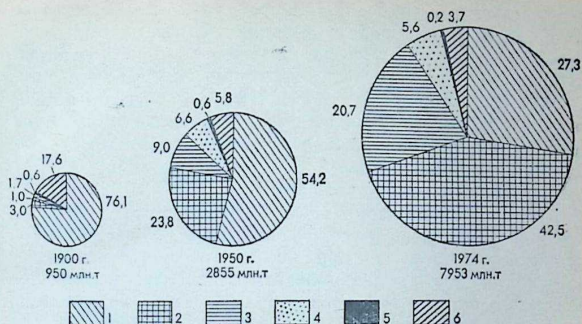


Рис. 3. Мировое потребление энергетических ресурсов (млн. т условного топлива):

1 — уголь, 2 — нефть, 3 — природный газ, 4 — гидроэнергия, 5 — торф, 6 — дрова (доля в %)

стали) и существенную перестройку в структуре потребления энергетических ресурсов (рис. 3). Еще в первой половине нашего столетия каменному углю здесь принадлежало первое место, сейчас на передний план выдвинулись нефть и газ, а в ближайшей перспективе следует ожидать существенного увеличения доли атомной энергии.

В данном случае нам важно оценить эти факты с точки зрения ущерба, причиняемого природной среде. «Давление» современного производства на среду проявляется в самых разнообразных формах, однако все аспекты отрицательного хозяйственного воздействия на природу можно свести к двум главным — истощению естественных ресурсов и ухудшению экологических условий жизни людей. Будем кратко называть их ресурсными и экологическими аспектами (Исаченко, 1976а).

Цели, сущность и перспективы оптимизации природной среды

Отрицательное воздействие производства на природу — особенность не только современной научно-технической революции. Как показал Ф. Энгельс, непредвиденные последствия стихийного вмешательства людей в природные

процессы уже в глубокой древности вызывали «мечь» со стороны природы в виде истощения и смыва почвы, исчезновения источников в горах и наводнений на равнинах. «Людам, — писал Энгельс, — которые в Месопотамии, Греции, Малой Азии и в других местах выкорчевывали леса, чтобы получить таким путем пахотную землю, и не снилось, что они этим положили начало нынешнему запустению этих стран, лишив их, вместе с лесами, центров скопления и сохранения влаги»¹.

Первопричина такого безответственного отношения к природе коренилась в устройстве самого общества: «Все существовавшие до сих пор способы производства имели в виду только достижение ближайших, наиболее непосредственных полезных эффектов труда»². Так поступали и древние рабовладельцы, и испанские плантаторы на Кубе, особенно же больших масштабов расточительство природных ресурсов достигло при капитализме. Хорошо известны слова К. Маркса о том, что «культура, — если она развивается стихийно, а не направляется сознательно... оставляет после себя пустыню...»³.

Экологический кризис, о котором так много пишут в капиталистических странах, также, по-видимому, не впервые обрушивается на человечество. Существует предположение, что еще первобытные люди могли вызвать «экологический кризис», истребив мамонтов, дававших им основные средства к существованию.

Особенность современной экологической ситуации заключается прежде всего в том, что она может выйти за пределы каких-либо локальных или даже региональных рамок, обрести глобальные масштабы и угрожать всему человечеству. При этом современные неблагоприятные изменения природной среды могут сказаться на различных сторонах жизни людей, как на собственно экологических, которые в сущности имеют биологическую природу, так и на общественно-производственных. Поэтому в буржуазной печати нередко говорится не только об экологическом кризисе, но и о кризисах ресурсном, сырьевом, энергетическом.

Не будем пока касаться вопроса о том, насколько правомочны в данном случае понятия о «кризисах». Заметим только, что они присущи высказываниям политиков, ученых и общественных деятелей развитых капиталистиче-

¹ К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 20, с. 496.

² Там же, с. 497.

³ К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 32, с. 45.

ских стран, где состояние природной среды действительно приблизилось к критическому. Природные процессы далеко не всегда могут быть локализованы в рамках отдельных государств. От выбросов промышленных предприятий Англии страдают Скандинавские страны; воды Дуная, загрязненные в Баварии и Австрии, текут через Чехословакию и Венгрию; радиоактивные продукты взрывов атомных бомб разносятся по всей планете...

Отсюда ясно, что защита природной среды в современных условиях стала задачей всего прогрессивного человечества. Цель этой защиты двояка: 1) предотвратить «экологический кризис», т. е. ухудшение условий обитания людей, 2) предотвратить расхищение природных ресурсов, обеспечивающих развитие общественного производства.

Есть ли в современном мире реальные условия для осуществления этой цели? На этот вопрос даются самые разные ответы, порой взаимно исключаящие друг друга, при этом характер ответа существенно зависит от идеологических позиций автора.

Для буржуазных теоретиков характерен так называемый экологический пессимизм, т. е. растерянность перед лицом наблюдающихся техногенных изменений природной среды, неуверенность в будущем. Самая крайняя точка зрения сводится к тому, что уже поздно что-либо сделать и что «экологическая катастрофа» неизбежна. Некоторые предрекали ее уже к 1971 или к 1975 гг. Этим мрачным прогнозам пытались придать научный характер. Один из первых таких прогнозов, получивший широкую известность, принадлежит группе специалистов из Массачусетского технологического института (США), выполнивших расчеты с помощью ЭВМ. Результат сводится к тому, что если современные тенденции роста населения и потребления ресурсов сохранятся, то к 2030 г. население мира достигнет 6 млрд. человек, а затем станет резко сокращаться из-за ухудшения экономических условий и истощения жизненных ресурсов и через 20—30 лет упадет до 1,5 млрд. человек (Meadows *е. а.*, 1972). Однако в этих расчетах были допущены довольно грубые методологические ошибки, связанные с неверным подходом к факторам человеческого воздействия на среду, поэтому полученные результаты нельзя считать достоверными.

Некоторые буржуазные деятели видят главную причину экологического и ресурсного кризисов в слишком быстром росте населения Земли и усматривают единственный

выход из положения в стабилизации и даже принудительном сокращении его. Кое-кто приветствует любые способы достижения этой цели: голод, насильственное ограничение рождаемости, войны, атомные бомбардировки. Не говоря уже о человеконенавистническом характере подобных «идей», самые предпосылки их ложные. Во-первых, нет никаких оснований ожидать безграничного роста населения. А во-вторых, непосредственными причинами ухудшения природной среды служит не растущее население, как таковое, и даже не развитие техники или производства, а общественный строй.

Техника лишь орудие в руках общества; от самого общества зависит, как ее использовать — во вред или на пользу природе и самому человеку. И когда буржуазные специалисты, ссылаясь на отрицательные изменения природной среды, происходящие под воздействием производства, призывают сократить промышленное развитие, отказаться от новейшей «расточительной» технологии, вернуть «назад к природе», идеализируя полупервобытный образ жизни, они игнорируют объективные закономерности развития общества. Научно-технический прогресс и развитие производства — процессы необратимые, и остановить их невозможно. Взгляды этих авторов, не видящих истинных, первичных причин ухудшения природной среды, свидетельствуют лишь о неспособности капитализма выйти из экологического и ресурсного кризисов.

Наряду с «экологическим пессимизмом» и технофобией («технобоязнью», «техноненавистничеством») существует противоположная, но не менее утопическая точка зрения, которую можно назвать технократической. Ее сторонники связывают будущее мира с безграничным могуществом техники и полным «покорением» природы. Им ничего не стоит растопить ледяные щиты, сплошь оросить пустыни, повернуть вспять морские течения, воздвигнуть искусственные горные хребты. «В одних местах, — читаем мы в книге, посвященной жизненным ресурсам человечества, — разрушение горных хребтов откроет дорогу облакам, и они будут приносить влагу в засушливые области, в других местах возведение высоких насыпей, искусственных горных хребтов прекратит доступ холодным ветрам» (Малин, 1967, с. 38).

В своем увлечении «преобразовательными» идеями некоторые авторы готовы заменить природную среду человечества искусственной средой, превратить биосферу в «тех-

носферу». Г. Ф. Хильми полагает, что уже в ближайшие десятилетия будет создана «принципиально новая биосфера», «...поверхность Земли, атмосфера, гидросфера будут настолько насыщены техникой и крупномасштабными сооружениями, созданными по воле человека, что внешние оболочки Земли станут новым объектом действительности и будут развиваться по своеобразным, еще не известным нам законам» (Хильми, 1964, с. 57—58).

И. П. Герасимов считает, что с помощью технических сооружений и устройств будут созданы новые природно-технические системы, которые придут на смену природным ландшафтам. «В этих структурах коренные (природные. — А. И.) элементы будут сохранены лишь частично, в значительной мере они будут преобразованы и дополнены новыми, чисто техническими элементами, органически соединены с другими в единое целое» (Герасимов, 1967, с. 94).

В литературе не так уж редко встречаются представления о географической среде будущего в том роде, что вся поверхность суши вместе с шельфом «приобретут черты сплошного города необычной застройки», а «ледниковые щиты с паковыми льдами... превратятся в места массового туризма» (Мильков, 1970, с. 184—185). Добавьте к этому синтетическую пищу, на производство которой некоторые специалисты возлагают большие надежды, и Вы получите картину будущего устройства мира с позиций «пантехницизма».

Техническая мощь человечества растет и будет расти. Однако необходимость или целесообразность столь радикальных трансформаций природной среды никем не обоснована.

Прежде всего следует задуматься над социально-психологическими, медико-биологическими и другими чисто «человеческими» последствиями такой «технизации» среды обитания, с ее исключительно высокой энергетической насыщенностью, господством искусственных сооружений, синтетической пищей и т. д. Возникает сомнение: будет ли подобное «покорение» природы способствовать физическому и духовному совершенствованию человека? Коренная перестройка среды обитания неизбежно потребует от человеческого организма мобилизации всех его приспособительных (адаптационных) способностей. Несмотря на высокую экологическую пластичность человека, способность существовать в разнообразной среде, его адаптационные возможности не безграничны.

Философ И. Б. Новик прав, проиизируя по поводу иллюзий «пантехницизма»: пусть, мол, возрастает уровень радиации на Земле — это приведет лишь к тому, что на смену человеку-радиофобу придет новое разумное существо — радиофил; пусть растет загрязнение воздуха — «надо просто радикально изменить принцип дыхания, допустим оперативным путем вставляя в трахеи младенцев противогазовые фильтры»; пусть автоматизация уменьшает потребность в физическом действии — на смену современному человеку придет «нашигованный информацией голововладелец с атрофированными конечностями» (Новик, 1975, с. 210). Конечно, это утрировано, но не беспочвенно. Еще недавно ученые-медики на страницах газет пытались утверждать, что близорукость и глухота — это «нормальные» проявления биологической эволюции человека в век НТР, когда людям приходится иметь дело с книгами, приборами и другими близко расположенными предметами и жить в условиях высокого уровня шума.

Можно полностью согласиться с И. Б. Новиком в его оценке «технократических концепций»: приняв их, мы признали бы примат техники по отношению к человеку; если бы даже беспредельное приспособление человека к последствиям технического развития было возможно, оно превратило бы человека в раба техники, извратило бы саму сущность человека (Новик, 1975, с. 210).

В самых смелых преобразовательских проектах нередко содержится лишь один явный или скрытый мотив — прокормить как можно больше людей на Земле. Но биолог М. М. Камшилов (1969) справедливо возражает тем «преобразователям», которые видят «рай» на Земле в том, чтобы превратить ее поверхность в сплошную пашню, способную прокормить 100 млрд. человек. Столь же малоутешительна перспектива превращения всей земной поверхности в сплошной город с ледяными «оазисами» для отдыха и туризма.

Нельзя не напомнить о значении естественной среды в развитии эстетических и вообще духовных потребностей человека. А. Д. Арманд (1966) убедительно показал, что это значение будет возрастать по мере того, как будут полнее удовлетворяться «первичные» биологические потребности — в хлебе, мясе, молоке. Приведем еще высказывание одного известного зарубежного биолога: «Часто предполагается, что прогресс зависит от способности человека *покорять* природу. В действительности же челове-

ство испытывает биологические и эмоциональные потребности, которые требуют не покорения природы, а скорее гармоничного сотрудничества с ее силами» (Дюбос, 1971, с. 79).

Следующее серьезное обстоятельство, заставляющее критически отнестись к «технократическим» концепциям будущего устройства жизненной среды, имеет естественно-научный характер. Прежде чем предлагать разрушить одни хребты и возвести другие или превратить поверхность Земли в сплошной город, насыщенный «крупномасштабными сооружениями», необходимо предвидеть *географические последствия* таких мероприятий, нужно выяснить, как они скажутся на сложной системе географических связей в региональных и планетарных масштабах. Разрушение и возведение гор — слишком рискованный эксперимент, чтобы рассуждать о нем, не имея к тому никаких физико-географических предпосылок, не подкрепив его никакими расчетами.

П. М. Борисов (1970) предложил перегородить плотной Берингов пролив и перекачивать воду из Северного Ледовитого океана в Тихий. Это, по его мысли, должно усилить приток в Арктику теплых атлантических вод, вызвать таяние льдов и улучшить климат умеренного пояса. Однако есть опасения, что повышение температуры в высоких широтах снизит интенсивность меридионального переноса воздушных масс и усилит засушливость в средних широтах. Кроме того, неизвестно, какими окажутся последствия таяния вечной мерзлоты (а это должно произойти, если температура заметно повысится). Другой пример. Часто рассуждают о том, как было бы хорошо оросить Сахару и все азиатские пустыни. Но это неизбежно вызвало бы большой расход тепла на испарение и соответственно резкое уменьшение нагрева атмосферы над пустынями, в результате чего ощутимо нарушится циркуляция воздушных масс и ослабеет перенос влаги в другие районы. Следовательно, для того чтобы рекомендовать такое преобразование, мы, говоря словами Б. Л. Дзердзеевского (1968), должны быть готовы ответить на вопрос: не образуется ли взамен новая пустыня в другом месте?

Особенно безответственными выглядят рассуждения о преобразовании, реконструкции или даже создании новой географической «среды» в глобальных масштабах. Для этого мы не имеем сейчас никаких научных предпосылок. И надо согласиться с мнением, что «от воздействий, по-

следствия которых непредсказуемы на данном этапе, лучше воздерживаться» (Новик, 1975, с. 213). Можно лишь присоединиться к призыву очень осторожно относиться к различным модным, звучащим по-революционному смело проектам «реконструкции природы», «планирования природы» и т. д. (Камшилов, 1969, с. 33—34).

Следует заметить, что среди советских географов идеи «покорения природы» в духе пантехнизма не встречают одобрения. Необходимость перестройки естественной среды в техносферу отнюдь не представляется неизбежной. Напротив, более прочные позиции имеет идея необходимости сохранения всех основных особенностей естественных ландшафтов. Но к этому вопросу мы еще вернемся.

Сейчас же, чтобы подойти к общим принципам оптимизации природной среды, необходимо сделать еще одно замечание по поводу технократических проектов. Если даже предположить, что некоторые из них заслуживают внимания, то осуществление их мыслится где-то в туманном будущем. Между тем проблему оптимизации взаимоотношений человека, техники и природы *надо решать уже сейчас*. По мнению Е. К. Федорова (1972), через 50—70 лет может быть исчерпана приходящая часть многих возобновимых природных ресурсов и примерно к тому же времени выделение техногенного тепла будет способно существенно повлиять на климат. Эта оценка сходится с расчетами некоторых зарубежных исследователей (Forrester, 1971; Meadows и др., 1972). П. Л. Каница (1975) также считает, что на решение глобальных проблем взаимодействия человека и природы «осталось не так уж много времени, во всяком случае меньше столетия...».

Поэтому мы не можем ждать до тех пор, пока будут разрушены горные преграды и все пустыни превратятся в цветущие сады, или же «избыточное население» отправится заселять космос, или, как считает И. С. Шкловский (1962), люди научатся черпать ядерную энергию непосредственно у Солнца (предварительно исчерпав ее полностью у Юпитера). В условиях необходимости решать глобальные ресурсные и экологические проблемы подобное фантазерство выглядит не серьезно.

Речь идет о том, чтобы оптимизировать наши взаимоотношения с природой, исходя из реальных возможностей, а не из фантастических перспектив, какими бы заманчивыми они ни казались. Итак, методология борьбы за усовершенствование взаимоотношений человека и природной

среды должна, выражаясь словами И. Б. Новика, «развиваться в борьбе как против крайностей технофобии, так и против иллюзий автоматического, стихийного преодоления угрозы экологического кризиса» (Новик, 1975, с. 205). «Отвергая не подтверждаемую современным естествознанием буржуазную концепцию, утверждающую фатальную предопределенность гибели природной среды и, следовательно, деградацию человека, необходимо в то же время развенчивать и другую крайность, связанную с позицией бездумного лжеоптимизма, пантехнизма, отрицающего сложность и фундаментальность проблем оптимизации биосферы» (там же, с. 206).

Сложность задачи оптимизации среды, или, точнее говоря, оптимизации отношения человечества к его природной среде, вытекает из того, что необходимо охранять природу в условиях ее прогрессирующей эксплуатации. Приходится исходить из признания двух как бы исключających друг друга реальностей: 1) природа должна быть сохранена во имя процветания человечества, но 2) прогресс и процветание человечества невозможны без интенсивной эксплуатации природной среды. Явная утопия надеяться спасти природу, остановив общественное развитие. Однако, с другой стороны, для человечества равносильно самоубийству и дальше наращивать темпы развития производства путем стихийного прогрессирующего разграбления природных ресурсов. Кажущаяся неразрешимость этого противоречия ставит в тупик буржуазных теоретиков, порождая «экологический пессимизм» и «экологический фатализм».

Выход из положения состоит в том, чтобы стихийный процесс взаимодействия общества и среды взять под строгий контроль. «Коллективный человек, ассоциированные производители, — писал К. Маркс, — рационально регулируют этот свой обмен веществ с природой, ставят его под свой общий контроль, вместо того, чтобы он господствовал над ними как слепая сила; совершают его с наименьшей затратой сил и при условиях, наиболее достойных их человеческой природы и адекватных ей»¹.

Рационально регулируемый обмен между обществом и природой, разумеется, предполагает и эксплуатацию естественных ресурсов, и охрану природы, однако все это должно осуществляться на принципиально новых началах.

¹ К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 25, ч. II, с. 387.

А кроме того, здесь необходим третий и едва ли не важнейший элемент — активное вмешательство в природные процессы с целью *улучшения и обогащения природной среды*. Остановимся несколько подробнее на этой триединой схеме.

Рациональное использование ресурсов означает бережное, экономное отношение к ним, оно требует существенной перестройки технологии добычи, переработки, транспортировки, хранения природных материалов, научной разработки мер, направленных на расширенное воспроизводство возобновимых ресурсов, и многих других проблем.

Что касается собственно охраны природы, то это понятие нельзя сводить, как это нередко делается, к мерам по сохранению отдельных природных объектов (памятников природы) и выборочной консервации тех или иных участков, изъятию их из хозяйственного использования. Следует отдать себе отчет в том, что невозможно превратить в заповедник всю земную поверхность или хотя бы значительную часть ее. Роль заповедников в деле оптимизации природной среды бесспорно велика. Они должны служить эталонами естественной среды и центрами комплексных научных исследований земной природы. Заповедники сохраняют генофонд органического мира и служат очагами расселения полезных растений и животных. Они сберегают чистый воздух и играют водоохранную роль. Но в условиях растущей потребности общества в землях для сельского хозяйства, строительства, лесоэксплуатации и т. д. человечество вряд ли сможет себе позволить изъять из хозяйственного использования более чем несколько процентов от всей площади суши. Следовательно, созданием заповедников невозможно решить проблему охраны природы в целом, в ее полном объеме, *на всей земной поверхности*¹.

Охрана природы и ее эксплуатация не должны рассматриваться как взаимоисключающие проблемы. Напротив: интенсивно эксплуатируемые территории нуждаются в охране в первую очередь. Охрана должна сопровождать всякое мероприятие по использованию территории, в том числе и мелнорацию. Иначе говоря, ни один хозяйственный проект не должен внедряться, если заблаговременно не выяснен возможный ущерб для природной среды в резуль-

¹ Это положение, пожалуй, в наибольшей степени относится к Мировому океану: охране, защите от техногенного воздействия может подлежать только *Мировой океан как целое*.

тате осуществления проекта. Проекты должны быть альтернативными, и предпочтение должно быть отдано тому, который окажет наименьшее «давление» на природу (например, из всех возможных вариантов переброски части стока северных рек на юг предпочтительнее тот, который предусматривает минимальное затопление и подтопление земель, наименьшие нарушения гидрохимического и гидробиологического режима рек и водоемов и т. д.).

Наконец, следует пояснить, что мы имеем в виду под улучшением и обогащением природы. Понятия «лучше» и «хуже» в природе не существуют. Они имеют относительный характер, выражая отношение, точку зрения человека. Для природы северных районов Западной Сибири интенсивная заболоченность и вечная мерзлота — это «лучший», вернее, оптимальный вариант, поскольку он исторически сложился в естественных условиях, иначе и быть не могло при данном климате, тектоническом режиме и т. д. Природа сама себя оптимизирует согласно действующим в ней естественным законам. Поэтому она всегда «лучшая» или «оптимальная» по отношению к этим законам. Иное дело — качество данной природной обстановки с точки зрения человека. Нас далеко не всегда удовлетворяет «оптимум», сложившийся в процессе закономерного естественного хода природных процессов. Отсюда и возникает стремление улучшить природные условия. Смысл такого улучшения состоит в том, чтобы *повысить экологический и производственный (экономический) потенциал* природного комплекса, насколько это в наших возможностях. А возможности такие имеются, хотя они не безграничны.

Резервы земель, представляющих фонд для активного вмешательства, с тем чтобы повысить их потенциал, достаточно велики. Обширные площади на Земле используются неэффективно или вовсе не используются из-за различного рода природных ограничений — чрезмерной сухости или переувлажнения, недостатка тепла или сильно расчлененного рельефа и т. д. К этому надо добавить площади, «испорченные» неразумным предшествующим хозяйничаньем: изрытые оврагами или карьерами, засоленные и заболоченные, превращенные в барханы или в заброшенные пустоши. Разумеется, «консервировать» их и превращать в заповедники отнюдь не всегда целесообразно, а рационально использовать в современном состоянии бывает невозможно. Остается единственный выход — мелиорация, т. е. улучшение в широком смысле слова, если

речь идет о естественных условиях, и рекультивация — на землях, подвергшихся ранее нерациональному воздействию.

Таким образом, оптимизация природной среды включает в себя рациональное, научно обоснованное и технологически совершенное использование природных ресурсов; охрану природных комплексов, т. е. их защиту от техногенных нагрузок в разных формах, вплоть до полного заповедования, и активное регулирование природных процессов на строго научной основе, или мелиорацию. В известном смысле цели оптимизации сводятся к нахождению сбалансированного отношения между эксплуатацией, консервацией и мелиорацией природной среды. Разумеется, в этом деле не может быть шаблона: подход должен быть *строго географически дифференцированным* в зависимости прежде всего от специфики самих географических условий, от разнообразия их сочетаний. И конечно, разработка принципов и методов оптимизации среды не имеет ничего общего с пафосом «покорения природы». Об этом хорошо сказал Ф. Энгельс: «Мы отнюдь не властвуем над природой так, как завоеватель властвует над чужим народом, не властвуем над ней так, как кто-либо находящийся вне природы... все наше господство над ней состоит в том, что мы, в отличие от других существ, умеем познавать ее законы и правильно их применять»¹.

Несколько слов о терминологии. Термин «оптимизация» в применяемом здесь смысле ненов. Он уже вошел в научную литературу, в частности в философскую (И. Б. Новик) и географическую (В. Б. Сочава). Иногда близкое содержание вкладывается в термин «рациональное природопользование». Однако этот термин невозможно считать удачным из-за присущего ему потребительского, или утилитарного, оттенка. «Пользованием» далеко не исчерпывается отношение человека к природной среде. Эта среда представляет объект не только «пользования», но и охраны (защиты) и улучшения. По этой же причине нельзя рассматривать как синоним «оптимизации» широко распространенное выражение «охрана природы» или «охрана окружающей среды». Правда, нередко его употребляют во всеобъемлющем значении, близком к «оптимизации», однако вряд ли это целесообразно: строго говоря, охрана природы (среды) имеет более ограниченное содержание, ее цели составляют

¹ К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 20, с. 496.

лишь часть более обширного комплекса задач оптимизации природной среды человечества, как это было уже показано.

В серьезном уточнении нуждается наименование самого объекта оптимизации, так же как и определение его содержания. «Природа», «природная среда», «окружающая среда» — понятия слишком широкие и расплывчатые. Прежде чем внести ясность в этот вопрос, нам придется рассмотреть некоторые существенные предпосылки оптимизации, а пока будем пользоваться термином «природная среда».

Социально-политические, законодательные, экономические и научно-технические предпосылки оптимизации природной среды

Практические пути решения проблем оптимизации природной среды достаточно сложны, многообразны и не всегда еще ясны. Было бы наивно думать, что жизненную среду человечества можно оптимизировать в приказном порядке, с помощью каких-либо административных мер. Здесь необходимы многие условия и предпосылки — со стороны политики, экономики, науки, техники. Следует сразу же подчеркнуть, что решение столь грандиозной задачи в полном объеме под силу только такому обществу, в котором отсутствуют антагонистические противоречия, т. е. обществу социалистическому. Далее, для этого необходимы мощная экономическая база, принципиально новая, «экологизированная» технология, наконец, прочная научная основа. Научная теория оптимизации природной среды должна исходить прежде всего из представления о самой среде не как случайном наборе разнообразных предметов и явлений, а как организованном целом, т. е. эта теория неизбежно должна быть географической.

Все мероприятия по оптимизации природной среды можно предварительно разделить на две группы. К первой относится то, что представляется уже сейчас достаточно ясным, не требует основательных научных разработок или принципиально новых технических решений. Вторая группа включает те меры, которые требуют серьезного научно-технического обоснования, т. е. относятся к поисковым, и осуществление которых следует планировать на ближайшие 10—20 лет, а может быть, и на более отдаленные сроки.

Многие формы современного «природопользования» явно противоречат здравому смыслу: распашка склонов, перпендикулярно горизонталям, хищнический вылов рыбы, «переруб» древесины и др.; велики потери сырья и продовольствия. Известно, что большие потери минеральных ресурсов происходят от неполного извлечения их из месторождений при добыче: до половины, а иногда и больше запасов угля, нефти, цветных металлов остается в недрах. Три четверти добываемой в мире древесины теряется в виде неиспользуемых отходов. В 1959 г. 10% мирового урожая зерновых, которых хватило бы, чтобы прокормить 300 млн. человек, погибло при хранении, а потери урожая на корню от вредителей и болезней могут достигать 20% (Дювиньо и Танг, 1968). К этому надо добавить, что во многих развивающихся странах значительная часть оставшейся доли зерна достается паразитам — гельминтам.

Величайшее противоречие современного мирового «природопользования» состоит в том, что острая нехватка продовольствия, энергии, сырья во многих развивающихся странах сочетается с вопиющим расточительством ресурсов, сопровождающимся при этом прогрессирующим загрязнением среды, в странах монополистического капитала. Американский эколог и публицист Б. Коммонер (1974) убедительно показал, что мода, реклама, ложная престижность, а главное, жажда монополий получить сверхприбыль служат непосредственными причинами расточительства природных ресурсов и косвенными причинами ухудшения жизненной среды. Широкое распространение многих новых промышленных изделий объясняется не их полезностью, а исключительно интересами монополий. Так, в Англии продажа детергентов прямо пропорциональна расходам на рекламу. Б. Коммонер во многом прав, призывая отказаться от производства некоторых синтетических материалов и легковых машин с чрезмерно мощными двигателями. По его мнению, борьба с излишествами в потреблении энергии (в том числе на рекламу, бытовые цели и др.) позволила бы в США сэкономить ее на 36% (Коммонер, 1976).

О каком «здравом смысле» может идти речь, когда встречаешься с фактами уничтожения продовольствия при экономических кризисах в капиталистическом мире? Только в 1934 г. было уничтожено: 1 млн. т зерна, 250 тыс. т сахара, десятки тысяч тонн мяса, рыбы и других продуктов. Наконец, самая крайняя, самая нелепая форма расточ-

чительства природных ресурсов — это их использование в целях наращивания вооружений. По расчетам Дж. Бернала, снижение военных расходов в мире на $\frac{2}{3}$ высвободило бы средства, достаточные для индустриализации в течение 10—15 лет развивающихся стран. По расчетам Б. Коммонера, создание очистных сооружений на всех промышленных предприятиях США обошлось бы в 200 млрд. долларов, что лишь немногим превышает ежегодный военный бюджет этой страны.

Коренная перестройка технологии в соответствии с экологическими требованиями обошлась бы, по расчетам того же автора, в 600 млрд. долларов, а если расходовать в течение 25 лет по 40 млн. долларов, что соответствует лишь $\frac{1}{3}$ нынешнего годового военного бюджета США, то можно было бы не только «экологизировать» индустрию, но и воссоздать здоровую природную среду на всей территории этой страны.

Ясно, однако, что для осуществления столь, казалось бы, разумных целей недостаточно одного лишь здравого смысла. Нельзя не прийти к выводу, что оптимизация природной среды — это прежде всего проблема социальная и политическая.

Социально-политические аспекты оптимизации природной среды. Международный симпозиум «Марксизм-ленинизм и проблемы сохранения окружающей среды», организованный редакцией журнала «Проблемы мира и социализма» в Праге 29—31 марта 1972 г., подчеркнул, что защита природной среды представляет собой острейшую социальную проблему современности, что отношение к природе стало сферой соревнования двух социально-экономических систем и объектом острой идеологической борьбы (Защита природной среды, 1972).

Буржуазные идеологи стремятся представить «экологический кризис» как следствие современной промышленной цивилизации вообще, безотносительно к его социальным корням. Однако зарубежная марксистская литература дает убедительные доказательства того, что основная причина деградации окружающей среды — власть монополий (см., например, книгу французского коммуниста Ги Биола «Марксизм и окружающая среда», 1975). Хорошо известно, что энергетический кризис за рубежом — не столько результат исчерпания ресурсов, сколько следствие противоречий капиталистического общества. Крупным монополиям этот кризис выгоден.

Прогрессивные зарубежные ученые, не являющиеся марксистами, нередко приходят к верному пониманию причин современной экологической и ресурсной ситуации. Б. Коммонер (1974, с. 234) говорит, что «коренная причина заключается не в том, как люди взаимодействуют с природой, а в том, как они взаимодействуют друг с другом...». Капиталистический способ производства не в состоянии обеспечить правильные взаимоотношения между обществом и природой в силу того, что ему присуще противоречие между интересами частных предпринимателей и общества в целом. Любая мера по охране природы в конечном счете осуществляется за счет трудящихся. Если сократить производство отравляющих среду удобрений и пестицидов, пострадают прежде всего мелкие фермеры; если закрыть предприятия, загрязняющие воздух и воду, то увеличится безработица; затраты на переоборудование предприятий и усовершенствование технологии скажутся на удорожании продукции и лягут тяжелым бременем на рядового потребителя. Б. Коммонер (1974, 1976) подкрепляет эти положения многочисленными примерами.

Некоторые либерально настроенные зарубежные специалисты, как, например, французский юрист и публицист Ф. Сен-Марк, понимая, что ухудшение природной среды есть результат бесконтрольной деятельности частных собственников, ищут выход не в отмене частной собственности и капиталистической прибыли, а в некоторых частичных реформах, которые бы каким-то образом «ограничили их область» (Сен-Марк, 1977, с. 365). Но другие поборники защиты природной среды в капиталистических странах осознают недостаточность такого реформистского пути. По мнению Б. Коммонера, который здесь уже не раз упоминался, социалистическая система имеет важные практические преимущества перед системой свободного предпринимательства уже в силу присущего ей всеобъемлющего планирования народного хозяйства.

При социалистической системе отпадает главное препятствие для рационального использования природных ресурсов и их охраны — частная собственность на землю и на все природные богатства. Однако возможности, заложенные в социалистическом строе, отнюдь не реализуются автоматически. В. А. Кириллин в докладе на сентябрьской сессии Верховного Совета СССР (1972 г.) отметил, что «преимущества, которые созданы социалистическим общественным строем в деле лучшего использования природных

ресурсов и охраны природы, мы реализуем еще недостаточно»¹.

Даже полная реализация потенциала, заложенного в социалистической системе, естественно, недостаточна для решения проблем оптимизации природной среды в глобальных масштабах. Из этого, однако, не следует делать вывода, что нужно ждать, пока справедливый социальный порядок восторжествует во всем мире. Идеологические и социально-экономические различия не должны служить препятствием для международного сотрудничества в области защиты жизненной среды всего человечества, а это сотрудничество в свою очередь «неотделимо от упрочения мира и мирного сосуществования, утверждения коллективной безопасности, решения других международных проблем в интересах народов» (Защита природной среды, 1972, с. 29).

Административно-законодательные и правовые аспекты. История накопила немалый опыт законодательной деятельности в области охраны природы. Правда, до недавнего времени эта деятельность имела крайне ограниченный характер и была направлена преимущественно на защиту отдельных видов ресурсов, имевших особо важное значение для государственной казны. На Руси, например, уже в XI в. регламентировался промысел пушных зверей, при Иване Грозном принимались некоторые меры по охране лесов; Петр I ввел специальные законы, касающиеся охраны лесов, вод и ценных животных. Первые, весьма, впрочем, малоэффективные попытки ограничить законодательным путем загрязнение вод и воздушного бассейна в Западной Европе относятся к прошлому столетию. В настоящее время, когда экологический и энергетический кризисы в развитых капиталистических странах становятся реальностью, в них вводятся новые законы, создаются специальные контрольные органы по охране среды. Однако, по признанию ряда авторитетов (см., например, Сен-Марк, 1977), эти мероприятия далеко не дают желаемого эффекта. Причины — внутренние противоречия капиталистического мира (в частности, между отдельными странами Европейского экономического сообщества, между интересами монополий и стремлениями законодателей).

Правовая основа для нового подхода к использованию и охране природных ресурсов была заложена еще в Совет-

¹ «Правда», 20 сентября 1972 г.

ской России декретом «О земле», который был принят 8 ноября 1917 г. Декрет объявил землю со всеми ее богатствами всенародной собственностью. Уже начиная с 1918 г. под руководством В. И. Ленина были разработаны специальные природоохранные законы — о лесах, о сроках охоты, об охране памятников природы, о недрах и др. В 1919 г. организацией Астраханского заповедника было положено начало созданию системы заповедников в стране. В период индустриализации и коллективизации сельского хозяйства предпринимались меры по воспроизводству лесных, рыбных и других ресурсов, по охране природы и здоровья населения от вредного воздействия промышленных загрязнений и др. После Великой Отечественной войны, нанесшей огромный ущерб природной среде на временно оккупированных территориях, Совет Министров РСФСР принял постановление «Об охране природы на территории РСФСР» (1946 г.). С 1957 по 1963 г. были приняты законы об охране природы во всех союзных республиках.

Принципы использования основных видов природных ресурсов регламентируются принятыми Верховным Советом СССР законодательствами — земельным (1968 г.), водным (1970 г.), о недрах (1975 г.), лесным (1977 г.). Специальные постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР относятся к мерам по охране атмосферы от загрязнения (1963 г.), защите почв от ветровой и водной эрозии (1967 г.), к использованию и охране вод бассейнов реки Москвы, Оби — Иртыша, Волги, Дона, Урала, Каспия, Байкала, Черного и Азовского морей.

В сентябре 1972 г. 4-я сессия Верховного Совета СССР приняла решение «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов». В соответствии с этим решением в декабре 1972 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР разработали большой комплекс конкретных мероприятий и уточнили функции и ответственность различных министерств и ведомств.

Меры по рациональному использованию и охране природных ресурсов входят неразрывной частью в государственные планы социально-экономического развития СССР. XXV съезд КПСС в числе основных задач развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг. наметил ряд мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов. Предусматривается, в частности, внедрение новых, эффек-

тивных способов добычи полезных ископаемых, систем использования воды по замкнутому циклу, создание высокоэффективных очистных сооружений, комплексное и рациональное использование земельных, водных и лесных ресурсов и их охрана.

Социалистические принципы отношения к природе нашли свое выражение в Конституции СССР, принятой Верховным Советом СССР 7 октября 1977 г., а в декабре 1978 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов».

Разумеется, предстоит еще много организационной работы по рациональному использованию природных богатств, их охране и воспроизводству. Основные недостатки в этом деле связаны с ведомственной разобщенностью отдельных мероприятий. Советской научной общественностью поднимался вопрос о необходимости разработки общесоюзного закона об охране природы и создания единого надведомственного государственного органа, который занимался бы организацией комплексных исследований природной среды, осуществлял контроль за ее использованием, разрабатывал меры по ее оптимизации.

Заслуживает внимания опыт других социалистических стран. Так, Народная палата ГДР приняла в 1970 г. «Закон о планомерном социалистическом развитии природных богатств страны», который предоставляет большие права местным органам народного представительства в отношении мер по рациональному использованию и охране природы. В 1977 г. Государственный Совет НРБ утвердил «Основные направления охраны и воспроизводства природной среды в Народной Республике Болгарии», в которых подчеркивается, что необходимо перейти от мероприятий по очистке и восстановлению отдельных компонентов природной среды к комплексным мероприятиям по *охране среды как единого целого*. Действенные меры по оптимизации природной среды осуществляются в ЧССР, Польше и других социалистических странах.

Из глобального характера современной проблемы защиты природной среды следует, что наряду с мероприятиями внутригосударственного масштаба большую актуальность приобретает сейчас деятельность в этой области на *межгосударственном уровне*. Международное сотрудничество по различным аспектам оптимизации природной

среды развивается по различным линиям. Подробный обзор этого вопроса не входит в нашу задачу. Его освещение можно найти в специальных изданиях, например в книге «Проблема окружающей среды в мировой экономике и международных отношениях» (1976). Отметим, что Советский Союз активно участвует в программе по окружающей среде в рамках ООН, тесно сотрудничает с другими социалистическими странами по линии СЭВ, а кроме того, имеет ряд двусторонних соглашений о сотрудничестве в области охраны среды с различными странами (США, Францией, Швецией, Финляндией, Ираном).

С мероприятиями по охране природы и рациональному использованию ресурсов связан целый комплекс *правовых проблем*, которые представляют особый предмет дискуссий и исследований в юридической науке и довольно широко освещаются в специальной литературе (см., например Колбасов, 1975; Правовая охрана природы в СССР, 1976; Стайнов, 1974).

Технологические аспекты. Перестройка технологии — ключевое звено в системе практических мер по оптимизации взаимоотношений между человечеством и его природной средой. Можно различать два разных подхода к технологическим проблемам оптимизации среды. Первый вытекает из стремления ослабить отрицательный эффект воздействия производства на природу, если его нельзя по тем или иным причинам предотвратить полностью. Сюда относятся такие меры, как частичная очистка и разбавление сточных вод, рассредоточенное размещение энергетических установок и вредных производств, а также ослабление влияния загрязнений с помощью архитектурно-планировочных решений (свободная застройка жилых кварталов и др.). Но это лишь паллиатив, «пассивная оборона», или, как говорит И. Б. Новик (1975), феномен высокой трубы. В современной технологии борьбы с загрязнением атмосферы большое значение придается строительству высоких труб: чем выше труба, тем дальше уносятся вредные примеси и тем меньше их концентрация, хотя, разумеется, количество их от этого не убывает и они лишь рассеиваются на большей площади.

Подобные мероприятия можно рассматривать лишь в качестве временных действий, их нельзя класть в основу генеральной стратегии борьбы с отрицательными последствиями техногенного воздействия на природу. Главным и единственно надежный подход состоит в создании безот-

ходной технологии, исключаящей загрязнение и превращающей отходы в ресурсы, в источник получения дополнительной продукции. Этим достигались бы одновременно и экологические и экономические выгоды. Принципиальная перестройка современной технологии должна охватить все ее звенья, начиная с технологии добычи первичных природных материалов и извлечения из них полезных элементов, переработки ресурсов и получения промышленной продукции, использования этой продукции и кончая утилизацией отходов производства.

Затронутая здесь проблема чрезвычайно обширна и притом относится к специальной сфере. Мы ограничимся лишь некоторыми примерами исключительно с целью подчеркнуть важность этой проблемы и показать, что решение ее имеет вполне реальные перспективы.

Рациональное использование невозобновимых природных ресурсов в большой степени связано с совершенствованием способов их добычи и предотвращением потерь при извлечении, обогащении, транспортировке. Ощутимый эффект дают, например, химические способы добычи полезных ископаемых (подземная газификация угля, выщелачивание руд, растворение солей, подземное хранение нефти и газа). Далее, существенное значение имеет извлечение «попутных» элементов из руд и «пустых» пород, идущих в отвалы (например, меди и кобальта из железных руд, свинца, цинка, серебра — из медных, многих элементов — из свинцово-цинковых руд, серы и редких элементов — из отвалов каменноугольных шахт, попутных газов — на нефтенпромыслах), освоение месторождений с низким содержанием полезного элемента.

Увеличение производительности возобновимых ресурсов (прежде всего биологических) требует широкого комплекса мер, выходящих за рамки собственно технологических.

Пути экономии природных ресурсов в результате введения более эффективных методов их переработки весьма разнообразны. Сюда следует отнести повышение коэффициента полезного использования ресурсов (снижение энергоемкости производства, норм расхода воды и сырья на единицу продукции, повышение коэффициента полезного действия энергетических установок).

В ряде случаев целесообразно идти по пути замены дефицитных ресурсов менее дефицитными (например, исключение использования пищевых ресурсов для технических

целей, замена металлических изделий каменным литьем). В перспективе предстоит создание новых типов энергетических устройств, основанных на использовании возобновимых и «чистых» источников энергии (солнечной энергии, ветра, приливов).

Прогрессивная технология переработки природных материалов, как правило, обеспечивает экономию энергии, сырья и одновременно ведет к сокращению вредных выбросов. В этом отношении, например, гидроэнергетика имеет важные преимущества перед другими способами производства электроэнергии, однако перспективы ее развития ограничены запасами гидроэнергоресурсов. Атомные электростанции имеют те преимущества перед тепловыми, что не расходуют свободный кислород, не выбрасывают в атмосферу углекислоту и производят меньше теплового загрязнения (за счет более высокого КПД). Тем не менее остается проблема сброса нагретой воды, так же как и накопления радиоактивных отходов.

Высокий экономический и вместе с тем экологический эффект (за счет исключения сброса сточных вод) дает оборотное использование воды в промышленности. В СССР оно составило в 1966 г. 65 км³, а в 1970 г. — 98 км³, что обеспечило экономию почти 50% чистой воды.оборотный цикл воды введен на многих металлургических, нефтеперерабатывающих и других предприятиях. Экономии ресурсов и сокращение техногенных выбросов дает, например, переход к производству железа и стали путем непосредственного восстановления из руды, минуя коксохимический, агломерационный и доменный процессы.

Значительно сокращается загрязнение среды при улучшении технологии сжигания топлива (включая усовершенствование двигателей внутреннего сгорания), улучшении состава топлива путем его предварительной очистки от серы и других примесей, при переходе с твердого и жидкого топлива на газ. Радикальное решение проблемы обеспечится переводом производства на замкнутые циклы с полной утилизацией продуктов сгорания топлива и промышленных отходов.

В СССР меры по разработке и внедрению новой технологии уже дают ощутимый положительный эффект. Основные способы борьбы с загрязнением среды в отдельных случаях сводятся пока к совершенствованию очистных сооружений. Кроме того, многие ТЭЦ переведены на газ, ликвидируются мелкие котельные установки, многие сотни

предприятий и цехов (только в Москве около 700) выведены из больших городов за их пределы. В результате поступление вредных выбросов в атмосферу значительно сократилось. Только в европейской части СССР эмиссия SO_2 с металлургических заводов в 1970 г. уменьшилась примерно вдвое по сравнению с 1964 г. Из улавливаемой двуокиси серы производится до 30% серной кислоты, при этом себестоимость ее ниже, чем при обычном технологическом процессе. За счет улавливания пыли на цементных заводах производится значительное дополнительное количество цемента. К 1980 г. выброс пыли предприятиями страны сократится на 50% по сравнению с 1970 г.

К числу реальных способов утилизации отходов относится использование канализационных промышленных и бытовых стоков для орошения сельскохозяйственных земель (преимущественно лугов, пастбищ, посевов технических культур). Кроме того, развивается особая отрасль промышленности по переработке городских отходов; получаемые продукты разложения могут быть использованы как строительный материал.

Большие перспективы имеет развитие промышленности биохимического и микробиологического синтеза, а также производство новых полимеров и других синтетических продуктов, которые могли бы разлагаться бактериями. Ученые пытаются вывести таких бактерий, которые были бы способны разлагать искусственные полимеры и нефтяную пленку в океане.

О всеобъемлющем и комплексном характере проблемы оптимизации природной среды свидетельствует множество других аспектов, условий и предпосылок.

В борьбе за рациональное использование и охрану природных ресурсов немаловажную роль играют экономические факторы. Перестройка технологии и осуществление различных мер, направленных на более полное использование ресурсов и предотвращение загрязнения среды, естественно, требуют крупных капиталовложений. Очистные сооружения в устье Селенги обошлись почти в $\frac{1}{4}$ стоимости самих предприятий, сбрасывающих воду в Байкал. В некоторых случаях стоимость очистных сооружений достигает $\frac{1}{3}$ основных фондов производства. Однако значимость этих цифр может быть оценена только в сравнении с окончательным экономическим эффектом, подсчитать который нелегко. В задачи экономической науки входит оценка ущерба, причиняемого нерациональным использо-

даже самые энергичные меры не приведут к желаемому результату, если они не будут объединены на основе единой научной платформы. Особенно опасен ведомственный подход. Известно, что частные мероприятия экономического или инженерно-технического плана нередко вступают между собой в противоречия (как это бывает, например, при сооружении гидроузлов и водохранилищ, когда выигрывает энергетика или транспорт, но проигрывает сельское хозяйство и рыболовство, когда выравнивается режим рек, но заболачиваются окружающие территории и ухудшается санитарное состояние водоемов и т. д.). Эффективная очистка атмосферы от вредных примесей, если она ведется в узковедомственном порядке, без учета «интересов» других компонентов природы, может усугубить загрязнение почв, внутренних вод, даже Мирового океана и привести к накоплению токсичных веществ в телах организмов.

Известно, что современная техника достигла такого уровня развития, когда стало реальным осуществление крупных преобразований стока и других природных процессов. Но мы уже видели, что подобные преобразования требуют серьезной *научной подготовки*, они не должны осуществляться до тех пор, пока мы не сумеем дать *научный прогноз* возможных прямых и косвенных («побочных») последствий инженерно-технических решений. А то, что здесь требуется обоснование именно со стороны естественных наук, следует из того, что объектом воздействия, охраны, преобразования так или иначе служат природа, природные процессы, природные явления, природные комплексы (системы). Это значит, только естественные науки могут дать ответ на вопрос об ожидаемых результатах воздействия и о его целесообразности.

В настоящее время назрела острая необходимость в научной теории оптимизации человеческого воздействия на природу. Такая теория обеспечит предпосылки для обоснованной выработки правовых норм, относящихся к охране природы, для экономических расчетов, инженерно-технических проектов и, конечно, для педагогической и воспитательной работы на поприще охраны природы.

Некоторые специалисты полагают, что следует создать особую науку управления взаимоотношениями человеческого общества и природы. Предлагаются даже разные названия для такой «сверхнауки», или «метанауки»: «ноогеника» (Камшилов, 1975), «геотехния» и «космотехния».

(Лаптев, 1970) и др. В польской литературе примерно в том же значении появился термин «созология».

Однако представляется более правильной точка зрения И. Б. Новика (1975), который считает, что концепция оптимизации природной среды не приобретает статуса особой науки, а дает общую методологическую ориентировку для интеграции исследований природы.

Разработка общей теории оптимизации природной среды — задача междисциплинарная, и в ее решение могут внести свой вклад многие науки, например биология, метеорология, физика, кибернетика и др. Однако ключевое положение здесь должна занимать география, которая ближе других наук подошла к созданию *синтетической концепции* природной среды и лучше других дисциплин способна придать этой теории необходимый *комплексный характер*.

ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ. ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ (ГЕОСИСТЕМЫ) КАК ОБЪЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Комплексный географический подход и объекты оптимизации

Весь опыт человечества свидетельствует о том, что не-удачи и просчеты «хозяйничанья» в природе проистекают от незнания или намеренного игнорирования взаимосвязи и взаимообусловленности ее отдельных частей. Говоря иными словами, причина неудач — отсутствие комплексности и преобладание отраслевого (ведомственного) подхода к природе как в хозяйственной практике, так и в научных исследованиях. Энгельс обратил на это внимание еще в прошлом веке. В. В. Докучаев писал (в 1892 г.), что вода, климат, грунты, почвы, растительный и животный мир — такой степени тесно связаны между собой, что при овладении ими «необходимо иметь в виду... всю, единую, цельную и нераздельную природу, а не отрывочные ее части...» (Докучаев, 1951, с. 97). Эти идеи Докучаева были восприняты и развиты русскими географами и стали для них аксиомой. Сейчас об этом начали говорить экологи, постепенно необходимость комплексного подхода к оптимизации природной среды проникает в сознание и других специалистов.

Представление о необходимости учета этих взаимосвязей при любом воздействии на природу стало уже входить в учебники и массовую литературу, однако на практике оно еще недооценивается, а в науке трактуется иногда крайне поверхностно. В отраслевых исследованиях специалистов разного профиля принцип комплексности в ряде случаев слабо связывается с фундаментальными идеями современной географии. Однако комплексный географический подход к проблемам оптимизации природной среды постепенно пробивает себе дорогу.

Академик А. В. Сидоренко подчеркивал, что «узковедомственный подход к использованию любых природных богатств приводит к хищничеству» (Сидоренко, 196

с. 62). По его мнению, настало время создать специальную государственную службу, которая отвечала бы за правильность комплексного использования ресурсов различных районов и за охрану природы. «География должна приобрести такое же значение *государственной службы*, как геология, почвоведение, как служба водных ресурсов, леса и т. п. Причем эта служба будет, по-видимому, *более широкой и всеобъемлющей* (курсив мой. — А. И.), как и сама природа, которой занимается география» (там же, с. 63—64).

Известный американский специалист в области охраны природы Р. Парсон подчеркивал, что в этом деле нельзя обойтись без географа. «Каждый специалист по охране ресурсов должен получить основательную географическую подготовку, чтобы его дальнейшая деятельность не была ограничена слишком узкими горизонтами» (Парсон, 1969, с. 540). Узкие специалисты, по словам этого автора, «обречены на известную однобокость и пристрастность: лесовод выше всего ставит деревья, агроном — полевые культуры, почвовед — почвы и т. д.» (там же); преподавание охраны природы должны вести географы: «Другие отрасли науки — биология, агрономия, химия, экономика — вносят весьма ценные вклады в охрану ресурсов, но ни у одной из них нет такого всеобъемлющего подхода к этой теме, как у географа» (там же, с. 548).

Ограничимся пока этими высказываниями и постараемся более точно и полно раскрыть сущность комплексного географического подхода к оптимизации природной среды. Главное здесь состоит в точке зрения географа на самый *объект оптимизации*. Взаимосвязь и взаимообусловленность явлений земной природы, которая в представлениях многих людей существует как некая отвлеченная идея, иногда с философским или с художественно-эстетическим оттенком, у географов нашла последовательное научное завершение, четкую конкретизацию в форме понятия о *природном территориальном, или географическом, комплексе*, иначе — *геосистеме*.

Прежде чем более подробно рассмотреть содержание этого понятия, необходимо остановиться на существующих представлениях об объекте охраны, рационального использования и в целом оптимизации природной среды.

Для того чтобы приступить к защите, охране, оптимизации чего бы то ни было, мы должны ясно определить, с чем мы имеем дело, что мы собираемся охранять или

оптимизировать, т. е. необходимо иметь четкое представление об объекте. К сожалению, надо сразу же отметить, что по этому вопросу в научной и массовой литературе царит неразбериха, и, как мы увидим, она проистекает из-за недооценки современного географического подхода. «Природная среда» — термин сугубо условный и далеко не единственный. В ходу и такие выражения, как просто «природа», «окружающая среда», «географическая среда», «биосфера».

«Природа» — самое общее научное и философское понятие, не ограниченное какими-либо пространственными или временными рамками и охватывающее весь мир во всем многообразии его форм. Вряд ли речь может идти об охране и оптимизации природы в этом наиболее общепринятом и самом широком ее понимании. Правда, есть более узкое толкование природы — как общего объекта всех естественных наук. Но и в этом случае оно тоже достаточно широко, для того чтобы отождествляться с объектом оптимизации.

Что касается выражения «окружающая среда», которое попало в русский язык в результате не очень удачного перевода английского слова *environment* или французского *environnement*, то это не что иное, как тавтология, подобное «масла масляного». «Среда» — это именно то, что окружает; «окружение» — синоним «среды», поэтому нет никакой надобности вдвойне окружать человека — средой, да еще окружающей!

Если же обратиться к существу этого понятия, к его содержанию, то прежде всего мы столкнемся с тем поразительным фактом, что в научной литературе оно в сущности не имеет определения¹. Строго говоря, к среде («окружающей») человека надо отнести не только природу, но и общество — *социальную среду*. Далее, в состав среды человека, несомненно, входят сооружения, созданные самим человеком, его *искусственная среда*, в которой многие люди проводят большую часть своей жизни. Очевидно, когда речь идет об *оптимизации среды*, не имеются в виду ни люди, составляющие социальную среду, ни разнообразные элементы искусственной среды — жилые

¹ Автору принадлежит определение «окружающей среды» в БСЭ (изд. 3-е, 1974, т. 18, с. 354). Оно появилось в результате дискуссий и консультаций с многочисленными специалистами, однако автор не считает его достаточно строгим. В известном смысле его следует рассматривать как компромиссное.

дома, помещения цехов, аудиторий и больниц, подземные вестибюли метро, выставочные залы и т. п. Хотя и общественные отношения, и жилые, рабочие и другие помещения несомненно подлежат оптимизации, всех поборников охраны и улучшения «окружающей среды» беспокоит, очевидно, нечто другое, а именно среда *природная*. Конечно, состояние жилых зданий должно быть предметом заботы каждого гражданина, но в данном случае нас интересует состояние природного окружения, или природной среды человечества. Кстати, принципы и методы охраны в обоих случаях будут существенно различными, так что смешивать эти вещи вряд ли стоит. Тем более специфичны проблемы и пути «оптимизации» человеческого общества, именно им посвящена теория научного коммунизма.

Итак, термин «природная среда» более соответствует существу рассматриваемых нами проблем, чем «окружающая среда», однако и «природная среда» — понятие слишком расплывчатое. Следует напомнить, что в философской и географической литературе широко используется представление о *географической* среде как постоянном и необходимом условии жизни общества и сфере взаимодействия природы и общества. «Географическая среда» — наиболее удачный эквивалент «природной среды», во всяком случае в той ее части, которая относится к земному окружению человека. (По мере проникновения человека в космос становится актуальным представление о космической среде и ее охране, но в этой книге мы ограничимся лишь рассмотрением «земных» проблем.) Вокруг понятия «географическая среда» разгорались дискуссии, предлагались различные ее определения. Сейчас нет надобности возвращаться к этим дискуссиям. На наш взгляд, содержание географической среды наиболее удачно раскрыл С. В. Калесник (1968). Вероятно, географы и философы еще будут спорить по поводу уточнения состава географической среды и ее границ, но сейчас важно подчеркнуть два обстоятельства.

1. Географическая среда охватывает не только элементы «естественной» (спонтанной) природы, возникшие независимо от человека (материки и океаны, горы и равнины, реки, озера, естественные растительные и животные сообщества и т. д.), но и все те природные элементы, которые изменены и преобразованы человеком (искусственные формы рельефа, водохранилища, каналы, посе-вы,

плантации, лесопосадки и др.); следует подчеркнуть, что последние подчинены действию тех же природных законов, что и «естественные» элементы, и в сущности являются их аналогами.

2. Географическая среда, каковы бы ни были ее пределы (существует взгляд, что эти пределы расширяются по мере вовлечения в производство все новых природных ресурсов и проникновения человека в глубь планеты), не есть случайный и беспорядочный набор тех или иных природных объектов; отдельные предметы и явления географической среды тесно взаимосвязаны и организованы в сложные материальные системы особого рода, называемые природными географическими комплексами, или геосистемами. С точки зрения географа, последние и представляют собой основные объекты оптимизации. Здесь мы подходим к фундаментальному понятию современной географической науки, которое требует более подробного рассмотрения.

Понятие о природных географических комплексах — геосистемах

Представление о природных территориальных, или географических, комплексах было разработано русскими географами начала XX в. на основе идей В. В. Докучаева. Наглядным доказательством взаимной обусловленности географических компонентов — горных пород, форм рельефа, климата, водного режима, почв, сообществ организмов — служат их сопряженные изменения от места к месту, т. е. их взаимное соответствие в пространстве. Это выявляется при пересечении территории комплексными профилями, на которых фиксируются все доступные наблюдению компоненты. Оно обнаруживается также при сравнении тематических карт: на картах рельефа, почв, растительности и других компонентов мы часто видим одни и те же границы и совпадающие контуры. Типичный пример — болота. Их контуры переходят без изменений с карты на карту, меняется только их характеристика в легенде: на карте четвертичных отложений будет обозначен торф (как особый тип отложений), на геоморфологической карте — биогенный рельеф, на почвенной карте — торфяно-болотная почва, на карте растительности — сфагновый, травяно-сфагновый или мохово-травяной

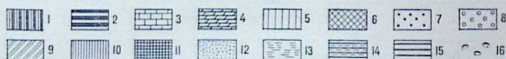


Рис. 4. Фрагмент ландшафтной карты

(из Атласа Ленинградской области. М., 1967). Масштаб 1 : 1 500 000

- I. Холмисто-котловинные южнотаежные комплексы с частой сменой условий увлажнения, пород различного механического состава и вариантов подзолистых почв
 1. Холмисто-моренные с ельниками зеленомошными.
 2. Камовые с сосняками зеленомошными и лишайниковыми.
- II. Южнотаежные равнины с нормальным или кратковременно-избыточным увлажнением
 - А. На карбонатных породах, со сложными ельниками и дерново-карбонатными (главным образом выщелоченными и оподзоленными) почвами.
 3. Возвышенные плато на известняках, покрытых маломощным карбонатным валунным суглинком.
 4. Низменные равнины на карбонатном валунном суглинке, подстилаемом известняками.
 - Б. На рыхлых бескарбонатных породах низменные, с подзолистыми (нередко глееватыми) почвами.
 5. На валунных суглинках (реже супесях и песках) с еловыми зеленомошными лесами.
 6. На озерно-ледниковых безвалунных глинах и суглинках с еловыми зеленомошными лесами.
 7. На озерно-ледниковых песках и супесях с сосновыми зеленомошными и лишайниковыми лесами.
 8. На озерно-ледниковых и флювиогляциальных гравелистых песках с сосновыми зеленомошными и лишайниковыми лесами.
- III. Плоские южнотаежные равнины и ложбины с длительным избыточным увлажнением, с заболоченными лесами и торфянисто-подзолисто-глеевыми почвами
 9. На карбонатном валунном суглинке с еловыми и отчасти сосновыми подгомошными и сфагновыми лесами.
 10. На бескарбонатном валунном суглинке с еловыми и отчасти сосновыми долгомошными и сфагновыми лесами.
 11. На озерно-ледниковых безвалунных глинах и суглинках с еловыми и отчасти сосновыми долгомошными и сфагновыми лесами.
 12. На озерно-ледниковых песках с сосновыми, сфагновыми и долгомошными лесами.
- IV. Болота (постоянное избыточное увлажнение)
 13. Верховые (сфагновые, преимущественно грядово-мочажинные).
 14. Низинные (травяные и мохово-травяные).
 15. Наиболее значительные поймы рек.
 16. Карст.

покров. Иначе говоря, на всех картах изображается один и тот же объект, но с разных, отраслевых (по «научным ведомствам») позиций. Вся серия карт дает как бы аналитическую, или «покомпонентную», характеристику целостного материального образования — болота как одного из многих типов природных географических комплексов.

Отсюда родилась идея создания синтетических карт, на которых природные комплексы отображались бы как целостные единства. Впервые эту идею высказал в 1904 г. известный представитель докучаевской школы Г. Н. Висоцкий. Впоследствии такие карты получили название ландшафтных. Каждый условный знак ландшафтной карты (рис. 4) относится одновременно к рельефу, горной породе, водному режиму, почве, растительности, так что в одном контуре совмещается изображение сразу многих компонентов природного территориального комплекса.

По мере того как углублялось изучение природных комплексов, стала выявляться и тесная взаимообусловленность их компонентов во времени. Иначе говоря, компоненты развиваются сопряженно. Изменения климата, например, обязательно найдут свое отражение в животном мире, растительности, почвах и даже рельефе, хотя перестройка компонентов требует времени и каждый из них перестраивается с определенным отставанием. Причины изменений могут быть разными, но в любом случае компоненты стремятся прийти в соответствие друг с другом, и во всей системе существует тенденция к восстановлению нарушенного равновесия.

Таким образом, природный географический комплекс, или геосистема¹, есть особого рода материальная система, состоящая из взаимообусловленных географических компонентов, взаимосвязанных в своем размещении и развивающихся во времени как части целого.

Применительно к задачам оптимизации природной среды очень важно различать геосистемы различных порядков, или рангов, находящиеся между собой в определенных иерархических отношениях. Существуют разные уровни организации геосистем. Так, примером системы относительно высокого уровня может служить таежная зона. В свою очередь эта геосистема складывается из подчиненных ей систем низших рангов: горных и равнинных, лесных и болотных и т. д.

¹ Термин «геосистема» был предложен В. Б. Сочавой в 1963 г.

В сложной иерархии геосистем следует в первую очередь выделить, согласно В. Б. Сочаве (1974б), три главных уровня: *планетарный, региональный и локальный* (иначе *топологический*). Планетарный, или глобальный, уровень представлен на нашей планете в единственном числе: это комплексная наружная сфера Земли, получившая наименование географической (ландшафтной) оболочки. Региональные геосистемы — крупные структурные части географической оболочки: физико-географические (ландшафтные) зоны, страны, провинции, собственно ландшафты. Наконец, геосистемы локального уровня — относительно простые образования, так называемые урочища (например, верховой болотный массив) и фации — предельные единицы ландшафтно-географической дифференциации, которые характеризуются признаком неделимости по всем основным компонентам.

Синтетическим изучением геосистем занимается физическая география, при этом исследование общих черт строения географической оболочки служит предметом общего раздела физической географии, не совсем точно называемого (по традиции) общим землеведением. Региональные и локальные комплексы изучаются ландшафтоведением.

Позднее мы подробнее ознакомимся с главными категориями ландшафтно-географической иерархии, но сначала надо сказать о некоторых важнейших общих свойствах, присущих всем геосистемам независимо от их ранга.

Важнейшее из этих свойств — *целостность*. Геосистеме нельзя свести к простой сумме ее частей — компонентов. Из взаимодействия этих частей возникает нечто принципиально новое, чего не могло бы быть в их механической сумме (рельеф + горная порода + вода и т. д.). Своеобразным «продуктом» географического комплекса и ярким свидетельством его реальности может служить почва. Если бы солнечное тепло, вода, материнская порода и организмы просто «сосуществовали» на одном месте, но не взаимодействовали между собой, не функционировали как части единой материальной системы, никакой почвы не могло бы быть. Особенно важным «эмерджентным» (качественно новым, производным) признаком геосистемы является ее способность продуцировать биомассу. Биологическая продуктивность — это результат «работы» особого природного механизма, в котором обязательно должны участвовать солнечная энергия, минеральное вещество

земной коры, газы атмосферы, воды гидросферы. Не случайно количество и качество биологической продукции строго соответствует характеру географического комплекса. Оно неодинаково в разных ландшафтных зонах и провинциях, на разных формах рельефа и горных породах, на участках с различным естественным увлажнением, дренажом и микроклиматом.

Компоненты геосистемы связаны между собой *обменом вещества и энергии*. От одного компонента к другому непрерывно поступают вещество и энергия, которые при этом подвергаются превращениям (трансформации). Лучистая энергия Солнца — основной источник энергии природных процессов в геосистемах — преобразуется компонентами геосистемы в другие виды энергии: тепловую, механическую, биохимическую и др.

Совокупность процессов обмена и трансформации энергии и вещества в географическом комплексе можно назвать его *функционированием*. У геосистемы свои специфические функции, свои особые механизмы передачи и преобразования материи и энергии, наподобие того, как и у живого организма или любой другой материальной системы. Основные «функции» геосистем: трансформация солнечной энергии, механическое перемещение твердого вещества под действием силы тяжести, циркуляция воздуха, влагооборот (его иногда сравнивают с кровеносной системой организма) и биогенный круговорот веществ.

С функционированием связано понятие о *структуре геосистемы*. Это сложное понятие в самой общей форме можно определить как взаимное расположение частей системы и способы их соединения или как пространственно-временную организацию системы. Структура географического комплекса многопланова.

С одной стороны, ее необходимо рассматривать как бы по вертикали. Основные структурные части геосистемы — компоненты располагаются в виде ярусов: фундамент образует наиболее тяжелое вещество литосферы, над ним располагаются поверхностные воды и атмосфера; на контактах между этими ярусами образуются наиболее активные «пленки» системы, насыщенные жизнью. Взаимосвязи между структурными ярусами осуществляются вертикальными потоками вещества и энергии. Под действием силы тяжести атмосферные осадки выпадают на дневную поверхность, просачиваются в почву и грунтовые воды, из атмосферы оседает пыль, органические остатки также

оппадают на поверхность, вымываются в почву и т. д. Вместе с тем под действием молекулярных и биологических сил водные растворы поднимаются из материнской породы по капиллярам почвы и сосудам растений, образуются восходящие токи воздуха, испаряется вода с поверхности почвы и водоемов, происходит транспирация.

С другой стороны, наряду с описанной ярусной, или «вертикальной», структурой геосистемам присуща и специфическая организованность как бы в горизонтальном направлении, точнее, в направлении простирающейся физической поверхности земного шара. В каждой геосистеме относительно высокого ранга системы более низких рангов выступают как особые структурные части, связанные между собой потоками вещества и энергии. Долины и междуречья, гряды и ложбины, холмы и котловины образуют сопряженные территориальные системы. Атмосферные осадки, стекая по склонам холмов, вызывают заболачивание в котловинах. «Попутно» они смывают мелкозем и откладывают его у подножий, растворяют и уносят соли. В тихие ясные ночи, когда приземный слой воздуха выхолаживается, холодный воздух, как более тяжелый, стекает с холмов в котловины, понижая там температуру на несколько градусов по сравнению со склонами холмов. В результате в котловинах чаще бывают заморозки, задерживается созревание культурных растений. Таким образом, природа холмов и котловин (категории так называемых урочищ в ландшафтно-географической иерархии) тесно взаимосвязана, и всю их сопряженную систему надо рассматривать как единый географический комплекс более высокого ранга — *ландшафт*, в котором отдельные урочища играют роль подчиненных «горизонтальных» структурных частей. В конечном счете все геосистемы локального и регионального уровней следует рассматривать как структурные части географической оболочки.

«Вертикальные» и «горизонтальные» подразделения геосистемы образуют ее пространственную структуру. Однако можно говорить, кроме того, и о *временной структуре*. Составные части географического комплекса располагаются в определенном порядке не только в пространстве, но и во времени. Зеленая масса растений функционирует в наших умеренных широтах только в теплую часть года. С другой стороны, такой «сезонный компонент», как снежный покров, присутствует в ландшафте зимой. Не только внешний облик геосистемы, но и все

ее функции существенно изменяются во времени, в частности по сезонам. Каждой геосистеме присуща смена *сезонных аспектов*. Сезонный аспект (например, весенний или только ранневесенний, поздневесенний и т. д.) можно также рассматривать как своего рода структурную единицу геосистемы.

Из всего этого следует, что структура геосистемы неразрывно связана с ее *динамикой*. Под динамикой подразумеваются не всякие изменения географического комплекса, а только такие, которые имеют обратимый (обычно циклический) характер и не приводят к перестройке его структуры. Говоря словами В. Б. Сочавы (1973), динамические изменения геосистемы происходят в пределах одного инварианта, т. е. качественно неизменного состояния. Как ни парадоксально это звучит, но динамика геосистемы служит выражением ее устойчивости, ибо она свидетельствует о способности ее возвращаться к исходному состоянию. Один из самых типичных признаков этой устойчивости (инвариантности) как раз и есть регулярное, из года в год, повторение сезонных аспектов. К динамическим изменениям геосистемы относятся и некоторые восстановительные смены, происходящие после тех или иных нарушений, обусловленных вмешательством человека (вырубка леса, распахка, осушение и др.).

Конечно, не всякое изменение геосистемы обратимо, и далеко не всегда геосистема восстанавливается после того, как ее структура окажется в силу тех или иных причин нарушенной. От динамики следует отличать *эволюцию* геосистем, или *собственно развитие*, необратимое, поступательное изменение, выражающееся в перестройке структуры.

Мы пока не касаемся причин, или движущих сил, развития географических комплексов. Отметим только, что всем им — от ландшафтной оболочки в целом до самых элементарных ее структурных единиц локального масштаба — свойственно поступательное развитие, непрерывное усложнение. Временные масштабы этого процесса различны у единиц разных рангов. Локальные комплексы нередко перестраиваются на глазах человека. Это проявляется в таких процессах, как зарастание озер, заболачивание лесов, возникновение оврагов и т. п. Перестройка комплексов регионального уровня измеряется иными масштабами времени. Развитие же географической оболочки — еще более длительный процесс.

В современную эпоху структура, динамика и развитие геосистем подвергаются существенному воздействию со стороны человека. Оптимизация этого воздействия немислима без знания естественных закономерностей, присущих геосистемам разных уровней, без изучения их функционирования, механизмов саморегуляции, устойчивости и изменчивости.

Принципы оптимизации природной среды с позиций учения о геосистемах.

География и экология

Географическая наука призвана играть важнейшую роль в разработке научных основ оптимизации природной среды. Основаниями для этого служат и традиционный — с древнейших времен — интерес географов к вопросам взаимодействия человека и природы, и всегдашнее стремление географов к синтезу, и своеобразное положение географии на стыке естественных и общественных наук. Но главное основание дает ей концепция географического комплекса — геосистемы, которая обеспечивает всеобъемлющий подход к объекту оптимизации.

Это не значит, что географ вправе претендовать на некую монополию. В проблеме «человек — среда», даже если ограничиться только ее естественнонаучными аспектами, есть свои многочисленные частные проблемы — биологические, геологические, метеорологические и т. п., однако их решение должно быть взаимоувязано на базе общей системной концепции.

Разумеется, у каждой науки свои специфические проблемы, связанные с охраной и оптимизацией природной среды. Перед биологами, например, стоят задачи сохранить и приумножить биоту, более полно использовать генетические ресурсы (в том числе как основы для селекции культурных растений, выведения новых пород домашних животных), обогащать растительный и животный мир путем акклиматизации и т. д. Но даже здесь необходимы определенные географические предпосылки. Акклиматизация вряд ли будет эффективной, если ее проводить вслепую, без всестороннего, комплексного изучения потенциальных географических условий для интродукции тех или иных видов. Комплексный учет физико-географической среды обеспечивается именно ландшафтно-географическим, или геосистемным, подходом.

Многие, казалось бы, узкоспециальные, частные проблемы охраны и оптимизации природной среды можно решить лишь с позиций учения о геосистемах. Так, вопрос борьбы с загрязнением атмосферы отнюдь не чисто метеорологический: загрязнение воздушных масс лишь начало сложной цепи нарушений, охватывающих водную почву, льды и биоту, а следовательно, функции геосистем в целом, притом в глобальных масштабах. Проблеме охраны почв невозможно решить только на основе применения методов почвоведения, поскольку в данном случае необходимо регулировать поверхностный сток, геоморфологические процессы и использовать в качестве важного «рычага» растительный покров. Таким образом, все упирается в структуру, функции, динамику географического комплекса. Аналогичен подход к охране поверхностных вод и регулированию стока: здесь многое будет зависеть от характера и состояния растительного покрова (общезвестно, например, водоохранная роль леса), способов обработки почвы, видоизменения рельефа (например, террасирование склонов), таких мер, как снегозадержание и др. Характер этих мероприятий неизбежно приходится дифференцировать в строгом соответствии со структурой природных комплексов речных водосборов.

Функция географа-ландшафтоведа состоит не в том, чтобы охватить все проблемы и подменить всех других специалистов, а прежде всего в том, чтобы обеспечить общую междисциплинарную основу для объединения различных естественных наук в целях создания прочных естественнонаучных основ оптимизации природной среды. С этим мнением согласятся, вероятно, не все. Так, И. Б. Новик и В. А. Лось (1974) в своей рецензии на книгу «Человек, общество и окружающая среда» (1973) высказали сомнение в правильности точки зрения авторов книги — географов о том, что география может взять на себя роль инициатора и организатора междисциплинарных исследований по проблеме «человек и окружающая среда». По-видимому, авторы упомянутой книги не очень убедительно обосновали свою точку зрения; в книге нет четкой целостной концепции и практически из нее выпало представление о географическом комплексе — как раз то, что составляет ядро современной географии и что может быть основой для междисциплинарных исследований. На это обстоятельство, упущенное рецензентами-философами, указал другой рецензент — географ (Попов, 1975).

Будучи, по-видимому, далекими от географии, И. Б. Новик и В. А. Лось считают, что в поисках междисциплинарной основы естественно и закономерно было бы обратиться к физико-математическим наукам, обладающим «высоким престижем и фундаментальными методами исследования» (стр. 173). Однако пока физика еще недостаточно «экологизирована», говорят названные авторы, особые надежды возлагаются на экологию, и, по их мнению, эта последняя могла бы выполнять функцию «метанауки», возглавляющей исследования взаимоотношений человека и окружающей его среды. В другом месте И. Б. Новик (1975) более решительно высказывается в пользу «лидирующей роли» физики.

Что касается физики, то ее нынешний «высокий престиж» еще не дает оснований считать, что единственно эта наука способна разрешить все проблемы, которые стоят на пути дальнейшего прогресса человечества. Отнюдь не все явления и процессы природной среды можно свести к физическим формам движения материи. Это было бы и с философской, и с общенаучной точек зрения недопустимым редукционизмом. Вряд ли подлежит сомнению, что природная среда имеет системное строение и что без системного подхода трудно рассчитывать на возможность ее оптимизации. Но не менее очевидно, что системы, с которыми нам предстоит иметь дело, отнюдь не принадлежат к категории физических систем. В механизме их функционирования существенную роль играют миграция химических элементов (в том числе биогенная), биологический метаболизм и другие процессы, явно не относящиеся к сфере физики.

В природной, или географической, среде мы непрерывно сталкиваемся, выражаясь словами Ф. Энгельса, с рядом «связанных между собой и переходящих друг в друга форм движения»¹. Примером может служить влагооборот. Это единый природный процесс, но разве что на первый взгляд он может показаться физическим процессом. В нем сочетаются и переходят друг в друга и чисто механическое движение (выпадение осадков из атмосферы, их стекание по поверхности и просачивание в грунт), и молекулярно-физические процессы (капиллярное поднятие влаги, испарение с поверхности, конденсация водяного пара), и химическое взаимодействие (гидратация и дегид-

¹ К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 20, с. 564.

ратация), и биологическая составляющая (десукция, транспирация, участие воды в фотосинтезе и др.). Влагодобор в природе истинно географический процесс, состоящий из многих разнокачественных звеньев. Его, конечно, можно «разложить» на отдельные составляющие, но подобная редукция приведет к потере целостности и подлинного смысла этого процесса, его роли в «экономии природы», а вместе с тем и способности управлять им.

Надо заметить, что и в самой географии влагооборот (как и многие другие процессы) можно рассматривать на разных уровнях. Можно ограничиться его гидролого-климатологическим изучением, что имеет самостоятельное научное и практическое значение. Но это еще не «вершина» научного синтеза в данной области. При комплексном ландшафтно-географическом подходе влагооборот рассматривается как одна из функций геосистемы; с ним неразрывно связана миграция элементов в природе, биологическая продуктивность геосистем. Существует теснейшая зависимость между влагооборотом и энергетикой природного комплекса.

Даже элементарные физико-механические процессы приобретают новый, более глубокий смысл, если рассматривать их с позиций теории геосистем. Физический смысл процесса стока предельно прост: это всего-навсего движение воды под действием силы тяжести. Но для географа сток — это и одно из главных звеньев влагооборота (в локальных, региональных и глобальных масштабах), и важнейший фактор денудации и аккумуляции, почвообразования, водного питания растений и т. д.

Исторически сложилось так, что среди современных наук география объединила исследование наиболее широкого круга природных связей и взаимодействий, охватывая их как бы единым взглядом (что, кстати, понимал еще М. В. Ломоносов). Географу приходится иметь дело с законами механики, термодинамики, молекулярной физики, химии, биологии, но ландшафтно-географический синтез содержит элементы соответствующих «фундаментальных» наук как бы в снятом виде. Хотя этому синтезу не всегда еще хватает глубины, учение о геосистемах — это уже реальность в отличие от неясной и проблематичной «экологизированной физики».

В последнее время, когда проблемы охраны природы стали чрезвычайно популярными и, как это часто бывает в периоды бума той или иной науки, в литературу хлы-

нул неудержимый поток скороспелых дилетантских сочинений на темы «охраны окружающей среды», на страницах газет, журналов и книг замелькало слово *экология*. С этим магическим словом многие специалисты (а еще более — не специалисты) связывают все свои надежды на обуздание стихийного процесса деградации жизненной среды человечества. Но если спросить авторов многочисленных статей и даже книг природоохранного жанра, что они подразумевают под «экологией», то вряд ли большинство из них даст вразумительный ответ. Приходится признать, что в широких кругах пишущей и читающей публики отсутствует верное представление о сущности и содержании экологии. Для пользы дела необходимо внести ясность в этот вопрос. Не вдаваясь в его историю, обратимся непосредственно к высказываниям современных авторитетов, т. е. самих специалистов-экологов.

По мнению известного бельгийского эколога П. Дювиньо, «экология выясняет, каким образом и в какой степени каждое живое существо зависит от абиотических факторов среды, в которой оно обитает» (Дювиньо и Танг, 1968, с. 13). Французский эколог Р. Дажо, определенно относя экологию к биологическим наукам, пишет: «Подавляющее большинство специалистов считает, что экология — это наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают» (Дажо, 1975, с. 9). Очень похожее определение дает американский специалист Ю. Одум: «Обычно экологию определяют как науку об отношениях организмов или групп организмов к окружающей их среде, или как науку о взаимоотношениях между живыми организмами и средой их обитания» (Одум, 1975, с. 9).

В отечественной научной литературе определению сущности экологии уделяется значительно меньше внимания. Приведем такое определение: «Экология может быть названа наукой о структуре живой природы на Земле, о структуре биосферы» (Руткевич и Шварц, 1971, с. 63). Последнее определение не отличается ясностью, тем не менее и в нем содержится основная особенность экологии, подчеркиваемая во всех определениях, — это ее *биоцентричность*. В центре внимания эколога — живые организмы или их сообщества; абиотическая среда рассматривается лишь в аспекте ее влияния на жизнь организмов. Правда, в последнее время предпринимаются попытки расширить

сферу экологии, но нельзя сказать, что из этого что-либо получается. Так, Ю. Одум (1975, с. 10) считает, что определение экологии как «науки о структуре и функционировании природы будет более соответствовать ее современному направлению». Но эта формулировка, претендующая на большую широту, слишком туманна и не содержит *предмета исследования* (познание «структуры природы» — задача всех наук и философии, но никак не отдельной науки).

С. С. Шварц (1975, с. 102) писал, что экология «трансформировалась в науку о структуре природы, науку о том, как работает живой покров Земли в его целостности». Но «наука о структуре природы» и наука о «работе живого покрова», очевидно, не одно и то же; работа живого покрова не исчерпывает структуры всей природы. Согласно С. С. Шварцу, «современная экология... развивается вокруг двух фундаментальных понятий: популяция и биогеоценоз» (с. 103). Популяция, т. е. более или менее замкнутая группа особей одного вида, — чисто биологическая категория. Что касается биогеоценоза (БГЦ), то это понятие, введенное В. Н. Сукачевым, первоначально понималось в смысле, близком или даже тождественном фации — элементарной географической ячейке (геосистеме), объединяющей взаимосвязанные компоненты живой и неживой природы. Однако сейчас в работах биогеоценологов содержание БГЦ практически сводится только к его биотической части, т. е. к *биоценозу*. В центре внимания оказывается, по С. С. Шварцу, «животно-растительное сообщество», остальное — не дифференцированные «косные элементы среды». «Принципиальная схема БГЦ», рисуемая С. С. Шварцем (1975, с. 106), в сущности относится только к его живой материи — пищевые цепи, взаимоотношения продуцентов, консументов и редуцентов и т. п. «Косные элементы среды» при сем присутствуют, но как будто никакого участия в жизни БГЦ не принимают.

Е. М. Лавренко (1971) относит к задачам биогеоценологии главным образом изучение трофических связей организмов, обменных процессов, биологической продуктивности. С. С. Шварц особое внимание уделяет регулированию популяционных процессов. О важности этих задач не может быть двух мнений, однако этим далеко не исчерпываются цели создания теории охраны среды, о которой, в частности, говорится в работе С. С. Шварца.

И в сущности исчерпывающее решение вопроса содержится в следующих словах этого автора: «Современная экологическая теория может стать прочной основой для решения *биологических аспектов* (курсив мой. — А. И.) проблемы «человек и биосфера»» (с. 110).

Экология была и остается биологической наукой. По мнению ряда ее представителей, фундаментальное понятие экологии — не популяция или биогеоценоз, а *экосистема*. Это понятие не имеет строгого объема. Экосистема мыслится как некоторое единство отдельного организма, популяции или сообщества и среды обитания. В качестве экосистем можно рассматривать и каплю воды, и дупло дерева, и биогеоценоз (как экосистему одного фитоценоза), и всю биосферу (как экосистему всех живых организмов). Несомненно, между экосистемой и геосистемой должны существовать определенные точки касания. Некоторые авторы пытались даже поставить между ними знак равенства. Практически, однако, при изучении экосистем рассматриваются лишь те связи и процессы, которые имеют отношение к организмам (преимущественно — трофические). В определении В. А. Ковды без каких-либо оговорок сказано: «Участки территорий или акваторий, выделенные на основе общности трофической среды (совокупности трофических цепей) организмов, называются экосистемами» (Ковда, 1974, с. 15). В этом определении абиотические элементы вовсе отсутствуют. Трофический аспект в определении экосистемы прослеживается у Ю. Одума (1975, с. 16) и у других экологов.

В. Б. Сочава (1974) обратил внимание на то, что в самых подробных структурно-динамических моделях экосистем детально отражены только экологические связи и структурные особенности биоценоза, но не схематизирован показ абиотических элементов. В. Б. Сочава (1978, с. 73) справедливо заметил, что экосистемы — это «*моноцентрические (биоцентрические) комплексы*, в которых природная среда и ее абиотический фон рассматриваются под углом зрения связи с организмами. *Экосистема — это биологическое понятие*» (курсив мой. — А. И.). В отличие от экосистемы геосистема *полицентрична*. И В. Б. Сочава приходит к заключению, что «ставить знак равенства между геосистемами и экосистемами (к чему склоняются некоторые географы) нет оснований. Смешение этих понятий не способствует прогрессу ни географии, ни экологии, оно неправомерно» (с. 75).

К таким же выводам пришел словацкий исследователь Я. Дрдош (1973, с. 105). Он подчеркивает, что природный территориальный (географический) комплекс «изучается как система равноценных компонентов, как определенная динамическая структура, тогда как экосистема... изучается с целью познания свойств организмов». По мнению Я. Дрдоша, функциональное исследование в физической географии более широкое, чем в экологии, оно охватывает все соотношения в природном комплексе.

Бывают случаи, когда пространственные границы геосистем и экосистем совпадают. Так, биосфера как планетарная экосистема соответствует географической оболочке, а биогеоценоз — фации (точнее, индивидуальному выделу фации). Необходимо тем не менее подчеркнуть, что в этих случаях можно говорить только о пространственном, но не понятийном совпадении объектов исследования. Даже при самом широком толковании экосистему лишь с оговорками можно рассматривать как некоторый неполный эквивалент геосистем. По существу же первая представляет собой понятие частное, подчиненное геосистеме на правах субсистемы. Так, «биосфера» (в значении «сферы жизни») отражает лишь частный, биоцентрический взгляд на географическую, или ландшафтную, оболочку. Наличие жизни, наличие условий для жизни важные, но не единственные специфические качества этой оболочки (о свойствах и строении географической оболочки будет сказано в дальнейшем).

Геосистема охватывает большее число компонентов и связей, чем экосистема, включая многообразные абиогенные процессы, не представляющие непосредственного интереса для эколога. Следует напомнить, что биолога или эколога интересуют лишь *прямодействующие* (на организмы) *факторы среды*: световой, тепловой, водный режимы, режим минерального питания. С этой точки зрения в сущности безразлично, как тот или иной конкретный режим формируется, он берется «в готовом виде». Поэтому, например, биолога (эколога) может практически не интересовать рельеф, поскольку он не оказывает прямого влияния, скажем, на жизнь того или иного вида растения или растительного сообщества (не случайно В. Н. Сукачев исключил рельеф из числа компонентов биогеоценоза). Однако, если исключить роль рельефа, невозможно понять, как формируется тепловой или водный режим каждого конкретного местообитания. И географ в отличие от эколо-

лога не может оставить это обстоятельство без внимания.

Исследование экосистем нередко включает процессы биогенного преобразования солнечной энергии и биогенного круговорота веществ, и результаты такого исследования представляют большую ценность при разработке путей оптимизации природной среды. Однако географ должен идти дальше; познание геосистем требует анализа многообразных взаимодействий и трансформации как солнечной, так и внутриземной энергии и сложнейшего процесса функционирования этих систем — от гравитационного перемещения материала и влагооборота до биогенного круговорота веществ со всеми их географическими последствиями.

Таким образом, признавая определенную роль экологии в создании междисциплинарных научных основ оптимизации природной среды, мы вместе с тем должны признать, что «геосистемный» подход дает для этого более широкую основу, чем «экосистемный».

В своих комментариях к известной книге П. Дювиньо и М. Танга (1968) Ю. К. Ефремов справедливо указал, что ландшафтно-географический подход позволяет полнее осветить проблемы взаимодействия человека и среды его обитания, чем подход экологический, что использование географических идей В. В. Докучаева, Г. Ф. Морозова, Б. Б. Полынова, Л. С. Берга позволило бы сделать книгу богаче (Ефремов, 1968, с. 246).

К сожалению, появилась ничем не оправданная тенденция трактовать все проблемы оптимизации среды как «экологические». Уже было показано, что экологический аспект охватывает одну из двух главных сторон рассматриваемой проблемы, а именно ту, которая относится к биологической среде обитания людей. Нельзя, однако, забывать, что природная, или, лучше сказать, географическая, среда не только обеспечивает чисто биологические потребности человека, но и является сферой производственной деятельности общества и практически единственным источником ресурсов общественного производства — в нашу эпоху и в обозримом будущем. Отсюда следует ресурсный аспект проблемы «человек — среда». Широкий комплекс относящихся сюда вопросов лишь отчасти попадает в пределы компетенции и в сферу интересов экологии и в значительно большей степени близок географии.

Надо, далее, отметить, что у нас часто смешивают *экологический подход* и содержание *науки экологии*. Между тем это разные вещи. Сущность экологического подхода состоит в том, что предметы и явления объективной действительности рассматриваются как среда того или иного «субъекта», т. е. как совокупность условий, влияющих на само существование или развитие этого «субъекта». (В данном случае «субъектом» выступает все человечество.) Этот подход может и должен быть достоянием разных наук (в том числе и физики, что позволяет говорить о ее «экологизации»); он с давних времен был присущ географии, а сейчас с новой силой к «экологизации» географии (но не к смешению с экологией!) призывают В. Б. Сочава и другие географы. Однако из всего этого вовсе не следует, что именно экология должна разрабатывать общие принципы оптимизации географической среды и конкретные пути и способы решения этой проблемы. Возможно, что география, вооруженная экологическими подходами и критериями, окажется перспективнее¹. Напомним, что взаимное обогащение «подходами» и методами — естественное и необходимое явление в науке (для географии, например, большое значение имело внедрение геохимических «подходов»; в настоящее время многие географы возлагают большие надежды на «математизацию» географии).

Помимо указанных преимуществ современной географии, вытекающих из комплексного характера изучаемых ею природных объектов, следует отметить еще некоторые особенности, существенные для разработки теории оптимизации природной среды.

Географии всегда был присущ интерес к изучению территориальной дифференциации земной поверхности

¹ С этой точки зрения сравнение материалов, публикуемых в географических журналах и в журнале «Экология», издаваемом Академией наук СССР с 1970 г., определенно говорит в пользу географии. Так, в содержании журнала «Экология» за 1976 г. 78% статей посвящено чисто биологическим проблемам (преимущественно эколого-физиологические исследования отдельных видов или популяций), около 10% — исследованию биогенного круговорота отдельных элементов, 12% приходится на фитоценологию, фитоиндикацию, отчасти на почвоведение и на единичные статьи по другим вопросам (в этот подсчет не вошли рецензии, хроникальные сообщения и т. п.). Только немногие публикации можно считать в какой-то степени относящимися к учению об экосистемах, а что касается принципов или методов оптимизации природной среды, то практически на страницах журнала они не освещались.

Экология не имеет столь подробно разработанной таксономии территориальных подразделений и системы природного районирования, какие существуют в физической географии. Любое географическое исследование отличается точной привязкой к месту — не просто в геометрическом смысле слова, а имея в виду *условия* места, района и т. д., где происходит наблюдаемое явление или процесс. Немаловажное значение имеет и то обстоятельство, что все географические науки непременно используют картографический метод. В разработке принципов оптимизации географической среды особо важную роль призваны играть синтетические (ландшафтные) карты. Исторический — в широком смысле слова — подход, включая палеогеографический и собственно историко-географический методы, также составляет неотъемлемую особенность современной географии.

Наконец, нельзя не отметить накопленный географической наукой опыт *прикладных исследований* в самых различных областях, связанных с использованием земельных и других ресурсов. Более того, географам принадлежит бесспорный приоритет перед экологами и другими специалистами не только в постановке широкого комплексного исследования природных взаимосвязей и в изучении человеческого воздействия на природу, но и в области разработки научных начал рационального использования, охраны и оптимизации природной среды. Напомним лишь о некоторых фактах, ни в какой мере не претендуя на систематическое изложение истории вопроса (об этом можно было бы написать особую книгу).

Научный анализ изменений, произведенных человеком в физико-географических условиях Земли, дал американский географ Джордж Перкинс Марш в 1864 г. Он рассмотрел географические следствия истребления лесов, изменения растительности и животного мира, перестройки гидрографической сети и др. и даже пытался предвидеть последствия возможной переброски вод Дона в Каспийское море или Волги — в Азовское, осушения залива Зейдер-зе и тому подобных мероприятий. Марш доказал, что недооценка взаимных связей в природе, нарушение сложившегося естественным путем равновесия ведут к непредвиденным и преимущественно неблагоприятным результатам, которые составляют «главным образом естественное последствие действий, совершенных ради иных целей, более узких и более непосредственных» (Марш, 1866,

с. 46) и за которые природа «мстит» человеку (там же с. 46). Марш считал, что исследование воздействия человека на природу представляет *проблему физико-географическую*.

Приоритет в сфере конструктивного применения географических идей к решению крупнейших природоохранных и мелиоративных задач принадлежит русским географам В. В. Докучаеву и А. И. Воейкову. Воейков в конце прошлого — начале настоящего века разработал целостную концепцию «земельных улучшений», в которой важнейшую роль отводил растительному покрову и стоку как главным «рычагам» улучшения природной среды. Одной из главных идей Воейкова сводилась к тому, чтобы заставить испаряющуюся воду проделывать полезную работу, т. е. создавать органическое вещество. Исходя из этого он доказывал преимущества орошаемого земледелия и предсказывал большое будущее Средней Азии как крупнейшей базе хлопководства. Его занимали проблемы освоения Черноморского побережья Кавказа, Европейского Севера, Припятского Полесья (см. Воейков, 1963).

Географические принципы рационального использования и улучшения природной среды были наиболее ясно сформулированы и осуществлены на практике В. В. Докучаевым и его школой. Идею «единой, цельной и нераздельной природы» Докучаев положил в основу комплексного плана мелиорации степной зоны Европейской России, изложенного в работе «Наши степи прежде и теперь» (1892 г.; см. Докучаев, 1951), а в 1898—1899 гг. он наметил принципы ведения сельского хозяйства и мелиорации по природным зонам — в соответствии с провозглашенным им законом зональности. Докучаев постоянно подчеркивал, что хозяйство, в особенности сельское, должно основываться на комплексном учете закономерных сочетаний живой и мертвой природы, т. е. физико-географических районов и «типов местной природы». Он решительно отвергал утилитарный подход к природе и настойчиво доказывал, что всякое вмешательство в ее жизнь должно опираться на знание ее законов.

Созданная В. В. Докучаевым школа географов продолжала разрабатывать его идею природного комплекса и внедрять ее в практику. Еще до Октябрьской революции Г. Н. Высоцкий положил принцип зональности и комплексный анализ внутризональных (региональных и локальных) ландшафтных различий в основу методов степ-

ного лесоразведения. Г. Ф. Морозов на том же научном фундаменте разработал учение о лесе. Лес он называл «явлением географическим», «географическим ландшафтом», а лесоводство — «географическим промыслом». Морозов доказывал, что лесоводов и мелиораторов надо готовить на географическом факультете университета, на отделении *прикладной географии*. Пожалуй, сама постановка вопроса о географии как прикладной науке относится именно к этому времени. Можно упомянуть здесь об интереснейших болотоведческих работах Р. И. Аболина, выдержанных в том же комплексном ландшафтно-географическом духе, о работах Б. Б. Полюнова, посвященных изучению донских песков в целях их закрепления и освоения, и др.

Уже в начале 20-х годов проводились *ландшафтные съемки* и появились первые *ландшафтные карты*, на которых вполне четко отражались природные географические комплексы, в том числе и самые элементарные «микрорландшафты», «элементарные ландшафты» (их впоследствии стали именовать фациями и урочищами). Эти карты составлялись с тем, чтобы выявить земли, перспективные для сельского хозяйства, для оценки естественных кормовых угодий, осушения болот и т. д. Б. Б. Полюнов и М. М. Юрьев писали (1924, с. 84), что «такие вопросы практического характера, как мелиорация земель, неминуемо требуют своего освещения *картами ландшафтов*».

Здесь нет возможности подробно излагать дальнейшую историю развития теоретического и прикладного ландшафтоведения (см. Исаченко, 1971а). Отметим лишь, что идея географического комплекса, ландшафта была не только сформулирована, но и проверена на практике задолго до появления (в 1935 г.) понятия об экосистеме.

Считая необходимым четко разграничить понятия, функции и задачи экологии и географии, мы, разумеется, должны видеть, что у этих наук много точек соприкосновения и на практике их задачи нередко трудно разделить. Можно даже говорить об их определенном взаимопроникновении. Собственно, русской географии с ее докучаевскими традициями экологический подход никогда не был чужд, хотя ни сам Докучаев, ни его последователи не называли себя экологами. Значительно позднее географические идеи стали проникать в экологию. О внедрении географических критериев и географической методики в экологию уже писал Я. Дрдош (1973). Иногда даже сами

при оптимизации природной среды в центре внимания должен находиться собственно ландшафт как узловая ступень в иерархии геосистем, как наименьшая региональная геосистема, объединяющая типичный сопряженный ряд локальных комплексов (фаций, урочищ). Ландшафт представляет собой своего рода эталон природной среды и это дает основание расценивать его как важнейший объект оптимизации. Сущность последней сводится к повышению экологического и экономического потенциала ландшафта, а основной путь оптимизации заключается в переходе от ландшафтов, нарушенных хозяйственной деятельностью человека, к культурным ландшафтам. Разработка научных основ проектирования культурных ландшафтов составляет конечную цель прикладного ландшафтоведения.

Достичь ее, естественно, не просто и не легко. Хотя задача имеет прикладной характер, к ее решению можно прийти, лишь опираясь на серьезные фундаментальные исследования. Программа ландшафтных исследований по оптимизации географической среды должна предусматривать как теоретические, так и собственно прикладные разработки. Создание теоретических основ логически складывается из трех этапов:

а) всестороннее познание естественных «механизмов» геосистем — закономерностей их формирования, строения (структуры), функционирования и развития, т. е. всего того, что относится к первейшим фундаментальным основам ландшафтоведения;

б) исследование человеческого воздействия на геосистемы, с тем чтобы выявить их устойчивость к этому воздействию, техногенные изменения их структуры и функций, происходящие при этом обратимые и необратимые трансформации, направленность и скорость деструктивных и восстановительных процессов;

в) разработка теории культурного ландшафта — завершающий этап теоретических исследований; отсюда уже следует прямой выход в практику, точнее, переход к прикладным, или «конструктивным», разработкам.

Они должны начинаться с инвентаризации природных комплексов, подлежащих оптимизации; на этом этапе создается опорная ландшафтная карта, сопровождаемая кадастром ландшафтов.

На последующих стадиях надо проанализировать природные условия и ресурсы по ландшафтам, урочищам или

другим таксономическим категориям (в зависимости от заданной детальности); качественно оценить геосистемы по степени их пригодности, или благоприятности, для различных видов использования (сельскохозяйственного, инженерно-строительного, рекреационного и др.); дать прогноз возможных изменений структуры геосистем на заданную перспективу с учетом как естественных тенденций, так и предполагаемого техногенного воздействия; разработать рекомендации по использованию, охране и улучшению природных комплексов и составить проект культурных ландшафтов.

Надо, конечно, иметь в виду, что многие из этих вопросов в силу их новизны еще недостаточно разработаны. Мы еще мало знаем о структуре и законах развития геосистем разных уровней и типов; слабо изучены механизмы нарушений геосистем, вызванных человеческими воздействиями. Крайне остро ощущается недостаток фактического материала о многообразных природных географических комплексах Земли. Все еще недостаточна информация о конкретных ландшафтах и геосистемах других порядков, нередко она имеет отрывочный, случайный характер. Ведомственная, отраслевая организация территориальных исследований природной среды, отсутствие координации в изучении климата, почв, подземных вод, растительного покрова и других компонентов приводят к тому, что данные об отдельных компонентах природных комплексов часто неравномерны и несопоставимы. Насущные задачи оптимизации природной среды диктуют необходимость принципиальной перестройки всей организации территориальных исследований. Мы снова убеждаемся в том, что эти исследования должны стать подлинно комплексными, т. е. осуществляться на ландшафтно-географической основе, сопровождаться ландшафтной съемкой и всесторонним стационарным изучением типичных ландшафтов.

Ландшафтная оболочка, или эпигеосфера

Понятие о специфической «наружной оболочке Земли», объединяющей лито-, гидро-, атмо- и биосферу, впервые ввел в 1940 г. профессор Петербургского университета П. И. Броунов. Впоследствии она получила наименование географической, или ландшафтной, оболочки. Но наиболее точно, на наш взгляд, соответствует первоначальному

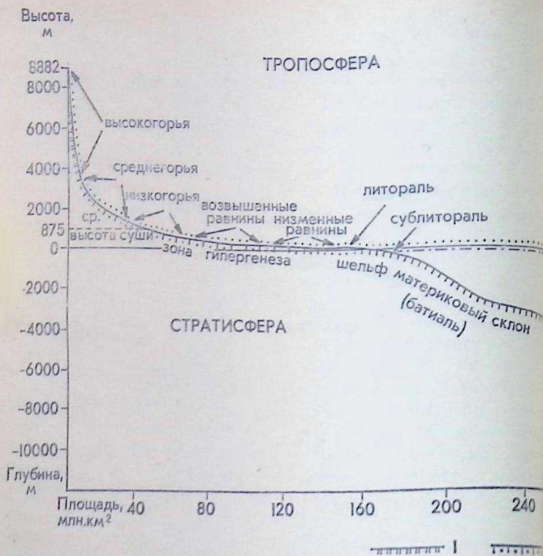
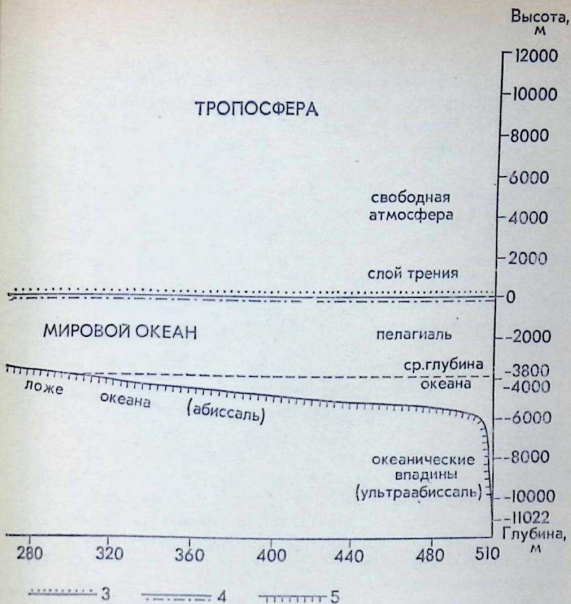


Рис. 5. Схема строения эпигеосферы

Вне масштаба показаны: 1 — горные ледники, 2 — педосфера (почвенный слой), 3 — приземный слой тропосферы, 4 — поверхностный слой океана, 5 — донные илы

определению П. И. Броунова более короткое и удобное для международного употребления название — *эпигеосфера*.

Эпигеосфера — самая сложная часть нашей планеты, богатая различными видами свободной энергии, своего рода главная «лаборатория» Земли, где трансформируются вещество и энергия. Только в ней могут одновременно существовать и взаимопроникать вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии. Здесь поглощается, преобразовывается и накапливается лучистая энергия Солнца и взаимодействуют процессы, стимулируемые как солнечной, так и внутриземной энергией. В этой части нашей планеты создались условия для возникновения и развития жизни, которая в свою очередь стала мощ-



ным фактором дальнейшего преобразования и усложнения энигеосферы. Наконец, в пределах этой оболочки появился человек, для которого энигеосфера стала средой обитания и преобразующей производственной деятельности.

Единство энигеосферы определяется взаимопроникновением и взаимодействием ее компонентов, т. е. вещества составляющих частных оболочек, постоянно происходящим между ними энерго- и массообменом. Тропосфера, гидросфера и осадочная оболочка (стратисфера) составляют основные структурные части энигеосферы. Они расположены в соответствии с их плотностью и придают энигеосфере ярусное строение (рис. 5). Четвертый компонент — «живое вещество» не образует самостоятельного яруса, или особой оболочки, оно рассеяно по энигеосфере, проникая во все ее ярусы.

В каждом ярусе, или частной оболочке, всегда присутствует вещество других ярусов. Так, газы атмосферы присутствуют в Мировой океан, их содержание составляет там 1,4—2,3% (по объему); в верхнем, почвенном слое литосферы содержится до 23—28% атмосферных газов, но с глубиной их количество падает. На долю свободной воды приходится около 3% общей массы стратисферы, 0,3% — тропосферы; тела организмов примерно на $\frac{4}{5}$ состоят из воды. Твердое вещество составляет 3,4% массы гидросферы, единицы процентов массы живых существ; в атмосфере оно занимает всего лишь $1,2 \cdot 10^{-5}\%$, но это «ничтожное количество» пыли существенным образом сказывается на свойствах воздушных масс. Вообще достаточно малой, казалось бы, незначительной «примеси» вещества другого компонента, чтобы качества вмещающего структурного яруса эпигеосферы коренным образом изменились. Дистиллированная вода не может служить средой жизни; иное дело — вода, содержащая растворенные соли и газы, именно она становится «живительной влагой». Атмосфера, содержащая водяной пар и частицы пыли, обладает качественно иными физическими свойствами, нежели сухой воздух, и приобретает способность преобразовывать баланс солнечной энергии на Земле. Инертное, малоподвижное вещество земной коры вовлекается в круговорот и становится одним из источников жизни только благодаря тому, что оно пронизано водой, газами атмосферы, а также «живым веществом».

Организмам принадлежит особенно активная географическая роль, хотя масса их ничтожно мала в сравнении с массой всей эпигеосферы, составляя примерно одну миллионную часть последней. Особое значение организмов в преобразовании других компонентов эпигеосферы определяется их чрезвычайной химической активностью, огромным разнообразием форм, высокой устойчивостью в условиях эпигеосферы, способностью активно расселяться. В процессе биологического метаболизма приводятся в движение огромные массы материи и преобразуется состав всех ярусов наружной оболочки Земли. Основной газовый состав атмосферы биогенного происхождения: свободный кислород — продукт фотосинтеза, азот — в значительной степени результат деятельности бактерий, разрушающих азотные соединения земной коры. За всю историю своего существования организмы извлекли из атмосферы многие миллиарды тонн двуокиси углерода, органические остатки

дают начало мощным толщам осадочных пород, содержащим углерод.

Организмы в значительной степени формируют газовый и ионный состав вод гидросферы: они обогащают их кислородом и обедняют углекислотой при фотосинтезе, потребляют кислород, выделяют углекислоту и другие газы при разложении органических остатков; водные организмы интенсивно поглощают из воды кальций, калий, фосфор, азот и другие элементы и затем откладывают их с донными осадками.

В конечном счете в земную кору поступает больше биогенного вещества, чем извлекается из нее организмами. Биогенного происхождения не только каустобиолиты (уголь, нефть, природный газ, горючие сланцы, торф, сапропелиты), но и известняки, песчаный мел, диатомиты. Вся осадочная оболочка Земли создана при прямом или косвенном участии организмов. Особенно наглядный «продукт» их взаимодействия с «косным» веществом эпигеосферы — почва. В почвенном гумусе концентрируются важнейшие биогенные элементы — углерод, азот, фосфор, сера и др.

Наиболее активно компоненты эпигеосферы взаимодействуют там, где непосредственно контактируют литосфера — атмосфера, гидросфера — атмосфера и гидросфера — литосфера. В зоне контактов наблюдается и наибольшая концентрация жизни («пленки жизни», по выражению В. И. Вернадского). Указанные три тонкие «пленки» (мощность каждой из них не превышает 100—200 м) в сущности следует рассматривать как особые структурные части, или ярусы, эпигеосферы (рис. 5). Наиболее сложная из них приурочена к поверхности суши, точнее, к самому верхнему слою земной коры, охватывающему почву и кору выветривания, вместе с приземным слоем атмосферы. Здесь же широко представлены разнообразные элементы гидросферы (поверхностные и подземные воды, льды) и сосредоточена большая часть (около 99,5%) живого вещества нашей планеты. Этот контактный слой можно назвать *сферой наземных ландшафтов*. Одна из ее характернейших особенностей — пестрая, мозаичная структура, т. е. дифференциация в пространстве: сфера наземных ландшафтов складывается из многочисленных геосистем регионального и локального уровней.

Второй активный слой эпигеосферы — *поверхностная толща океана* вместе с приповерхностным слоем тропосфе-

ры. Благодаря воздействию солнечной радиации и воздушных масс верхний слой океанических вод характеризуется интенсивной вертикальной и горизонтальной циркуляцией, насыщенностью кислородом; он населен зелеными растениями. Нижние пределы этого слоя лежат на глубине 100—200 м. Это сфера водных (океанических или морских) ландшафтов; здесь также наблюдается горизонтальная дифференциация, хотя и не такая пестрая и контрастная, как на суше.

Океаническое дно вместе с придонным слоем водной толщи можно рассматривать как сферу подводных ландшафтов. Микроорганизмы существуют даже на дне глубоководных впадин, но плотность жизни на больших глубинах невелика. Донные илы представляют аналог почв; их формировании большое участие принимает не только бентос, но и органические остатки свободно плавающих растений и животных.

По мере удаления от контактных слоев к периферии эпигеосферы активность взаимодействия компонентов постепенно ослабевает, уменьшается участие других компонентов в составе отдельных геосфер, строение их упрощается. Поэтому *границы эпигеосферы* не могут быть резкими, и разные специалисты проводят их не вполне одинаково. В земной коре нижние пределы эпигеосферы, по-видимому, следует проводить на глубинах 3—5 км. До этого «пограничного» слоя еще проникают элементы атмосферы: вода в жидком состоянии и некоторые виды анаэробных бактерий, а также могут сохраняться неметаморфизованные осадочные породы (на более значительных глубинах осадки приобретают иную структуру, изменяют свой минералогический и химический состав под влиянием высокой температуры, давления и глубинных летучих веществ).

Верхняя граница эпигеосферы обычно проводится по тропопаузе — пограничному слою между тропосферой и стратосферой. Свойства тропосферы в большой степени обусловлены ее взаимодействием с подстилающей земной и водной поверхностью. Выше физические свойства и химический состав атмосферы резко меняются: практически исчезает водяной пар, губительное действие космической радиации исключает развитие жизни, воздушные массы вертикально не перемещаются, распределение температур не зависит от влияния земной поверхности.

Что касается водной оболочки Земли, то она полностью

входит в эпигеосферу, вплоть до самых больших глубин Мирового океана.

Функционирование эпигеосферы — сложный процесс, состоящий из многих взаимосвязанных звеньев. Вещество перемещается, и энергия преобразуется в виде круговоротов, внешне имеющих характер замкнутых циклов. В действительности круговороты не бывают полностью замкнутыми. Рассмотрим кратко наиболее важные из них.

Большинство процессов, происходящих в эпигеосфере, осуществляются за счет *энергии*, поступающей извне, прежде всего от Солнца. На Землю приходят также космические лучи разного происхождения, но поток этих лучей по своей величине примерно в 100 млн. раз уступает лучистой энергии Солнца. Из глубин земного шара эпигеосфера получает геотермическую энергию, образующуюся в результате радиоактивного распада тяжелых элементов; этот поток эквивалентен 0,02—0,03% поступления солнечной энергии.

Особо надо отметить энергетическое влияние гравитационных полей Луны и Солнца, вызывающих на Земле приливные движения.

Кроме того, эпигеосфера обладает большими запасами потенциальной энергии, накопленной в результате превращения электромагнитного излучения Солнца и энергии тектонических процессов. Последние создали на земной поверхности неровности и тем самым различия в потенциале силы тяжести между отдельными точками. В той части материков, которая лежит выше уровня Мирового океана, «запасена» потенциальная энергия, эквивалентная $\frac{1}{2}$ ежегодного потока солнечных лучей, достигающих Земли. В процессе денудации эта энергия превращается в кинетическую энергию механического движения (ежегодно таким образом «реализуется» $\frac{1}{10\,000\,000}$ общего «запаса»).

В осадочной толще «законсервирована» (т. е. превращена в потенциальную химическую энергию) часть солнечного тепла, затраченного организмами в прошедшие геологические эпохи на фотосинтез. Ее общее содержание в каустобиолитах эквивалентно $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{6}$ ежегодного поступления к Земле солнечной энергии.

Если говорить о ресурсах энергии, которые теоретически могут быть использованы когда-либо человеком, то сюда надо добавить легкое и тяжелое ядерное топ-

ливо. В результате мы получим следующую картину (табл. 1).

Если рассматривать только реальные источники энергии *природных процессов* эпигеосферы, то многое из приведенной таблицы придется исключить. Практически в естественных условиях Земли не происходят термоядерные реакции (не реализуется «легкое ядерное топливо»); запасы минерального топлива могут сохраняться в земной коре неопределенно долгое время, и только человек способен расточительно расходовать их; лишь небольшая часть «тяжелого ядерного топлива» дает энергетический (геотермический) эффект; большинство остальных источников (энергия ветра, рек и заключенная в древесине) не являются независимыми: это всего лишь превращенная солнечная энергия, и в табл. 1 эти источники выделены отдельно только потому, что они различаются по способам использования в производстве.

Таким образом, практически универсальным источником энергии эпигеосферы остается лучистая энергия Солнца. Ее преобразования в эпигеосфере имеют характер

Таблица 1
ТЕОРЕТИЧЕСКИ ДОСТУПНЫЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЗЕМЛИ

	кВт·ч/год	% от потока солнечной энергии
А. Ежегодно возобновляемые		
Лучистая энергия Солнца на внешней границе атмосферы	$155 \cdot 10^{16}$	100
Энергия приливов и отливов	$11 \cdot 10^{16}$	5
Геотермическая энергия	$3,4 \cdot 10^{14}$	0,02
Энергия годового прироста древесины	$2 \cdot 10^{14}$	0,013
Энергия ветра	$n \cdot 10^{14}$	0,01
Энергия рек	$23 \cdot 10^{12}$	0,0015
Б. Невозобновляемые		
Легкое ядерное топливо (изотопы водорода)	$n \cdot 10^{24}$	$n \cdot 10^8$
Тяжелое ядерное топливо	$5,5 \cdot 10^{17}$	30
Минеральное топливо	$(2-5) \cdot 10^{17}$	15-30

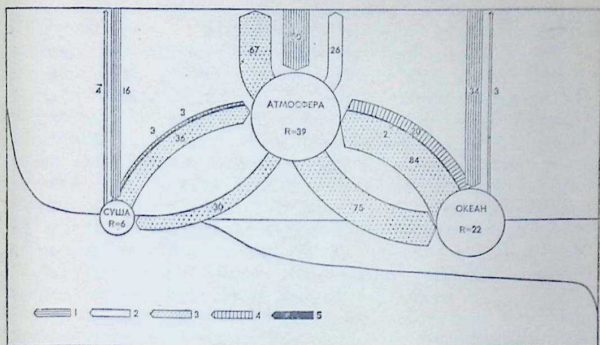


Рис. 6. Трансформация солнечной энергии в эпигеосфере:

1 — приходящая солнечная радиация, 2 — отраженная радиация, 3 — длинноволновое излучение земной поверхности и атмосферы, 4 — затраты тепла на испарение и выделение тепла при конденсации влаги, 5 — турбулентная передача тепла от земной поверхности в атмосферу. Величина потока лучистой энергии Солнца на внешней границе атмосферы принята за 100. R — радиационный баланс

круговорота; вся приходящая солнечная радиация в конечном счете уходит в Космос в виде длинноволнового излучения, а также отраженных лучей. Основные трансформации солнечной энергии в эпигеосфере и энергообмен между атмо-, гидро- и литосферой показаны на рис. 6. Если принять величину потока лучистой энергии на внешней границе атмосферы за 100, то из них в эпигеосфере поглощается 67 единиц (24 в атмосфере, 12 на поверхности суши и 31 в поверхностном слое Мирового океана), остальное отражается.

В результате многократного энергообмена между атмосферой и подстилающей поверхностью океана и суши «остаточная радиация» (радиационный баланс) атмосферы составляет 39 единиц, океана — 22, а суши — всего лишь 6. Большая часть «собственного запаса» энергии в слое наземных и водных ландшафтов расходуется на испарение (при конденсации влаги выделяется тепло, которое поступает в атмосферу) и на передачу тепла в атмосферу путем турбулентной теплопроводности. С этими основными превращениями лучистой энергии Солнца связано перемещение воздушных масс и воды в эпигеосфере и

возникновение мощных «географических механизмов» — циркуляции атмосферы и влагооборота¹.

В сравнении с указанными трансформациями затраты солнечной энергии на другие процессы кажутся относительно ничтожными, однако их географический эффект исключительно велик. На синтез биомассы расходуется не более 0,1% поглощенной радиации Солнца, и соответственно столько же энергии высвобождается при разложении органических остатков. Примерно столько же тепла затрачивается на таяние снега, льда, мерзлоты с последующим выделением этого тепла при замерзании воды. На химическое и физическое выветривание используется не более нескольких десятых или сотых долей процента от общего количества поглощенной энергии Солнца. Более значительная часть тепла участвует в годовом теплообмене в почво-грунте и водной толще: в теплое время поток тепла направлен вглубь, а в холодное — в обратном направлении, так что и в этом процессе приход и расход в среднем сбалансированы. Однако некоторая часть лучистой энергии Солнца (вероятно, тысячные доли процента) ежегодно накапливается и «консервируется» в неразложившемся органическом веществе, а также, по-видимому, в минеральных веществах земной коры (при выветривании горных пород в мелких частицах аккумулируется потенциальная поверхностная энергия, которая может высвободиться только при цементации и перекристаллизации осадков).

Потоки вещества в эпигеосфере крайне многообразны и могут быть рассмотрены на разных уровнях (например, как перемещения разных форм материи, имеющие физико-механическую природу, как совокупность процессов миграции химических элементов, как биологический метаболизм). Здесь мы объединим их в несколько основных звеньев, исходя прежде всего из «географических функций» каждого из них.

Гравитационное перемещение твердых масс в виде обломочного материала, пыли, взвешенных частиц и ионов (в водных растворах) играет важнейшую роль в преобразовании рельефа суши, образовании осадочных пород и во-

¹ В атмосфере 1—2% полученной тепловой энергии переходит в энергию движения воздушных масс; некоторая часть этой энергии в свою очередь передается океану и затрачивается на дрейфовые течения и образование ветровых волн.

взаимодействии континентов и Мирового океана. Ежегодно с суши в океан со стоком выносятся от 13 до 50 млрд. т взвешенных частиц и от 2,5 до 5,5 млрд. т растворенных солей; первые оседают непосредственно на океаническом дне, вторые могут долго оставаться в растворе или поглощаются водными организмами и выпадают на дно с органическими остатками. Этот процесс, направляемый силой тяжести, имеет как бы односторонний, необратимый характер. Однако твердое вещество, отложенное на морском дне, со временем может вернуться на сушу (разумеется, в сильно преобразованном виде), пройдя через погружение в глубины литосферы, переплавку и вынос на поверхность при вулканических извержениях или вторжении интрузий. Но длительность подобного круговорота измеряется многими миллионами лет, при этом его «конечный результат» будет настолько отличен от исходного состояния, что для *современной* эпигеосферы денудацию суши можно рассматривать как явление необратимое.

Следует, впрочем, отметить, что в большом круговороте вещества литосферы есть и некоторые ответвления, имеющие замкнутый характер. Это, во-первых, «пылеоборот»: ежегодно в атмосферу с поверхности суши попадают десятки или даже сотни миллионов тонн пыли (под действием ветра, а также в результате вулканических извержений и хозяйственной деятельности человека). Эта пыль задерживается в воздухе в среднем от 1 до 10 суток, после чего возвращается на сушу или выпадает в океан. Другое обратимое звено в потоке твердых веществ, приводимых в движение денудацией, представляет «солеоборот» между гидросферой, атмосферой и литосферой: некоторое количество ионов (Ca , Na , Mg , CO_3 , Cl , SO_4 и др.) попадает из океана в атмосферу с водяным паром (при испарении) и брызгами воды, а затем часть из них с атмосферными осадками возвращается на сушу, в какой-то степени компенсируя потерю в результате денудации.

В газообмене между атмосферой, гидросферой и литосферой основная роль принадлежит свободному кислороду и диоксиду углерода. Функции их многообразны. Кислород участвует в окислительных реакциях, углекислота образует карбонаты и бикарбонаты, которые интенсивно используются водными организмами для построения скелетов и затем накапливаются на океаническом дне. Особенно тесно круговорот этих элементов атмосферы связан с биологическим метаболизмом (см. ниже).

Влагооборот играет огромную роль в географических процессах и занимает первое место по количеству обрабатываемого вещества. Ежегодно с поверхности океана и суши в атмосферу «перекачивается» 525 тыс. км³ воды и столько же выпадает оттуда в виде атмосферных осадков (табл. 2). Это в тысячи раз превышает количество поступающего в движении твердого материала.

Роль влагооборота общезвестна: инфильтрация атмосферных осадков в почву обеспечивает водное питание растений (в то же время последние благодаря транспирации становятся важным фактором влагооборота); в толще почвы и горных пород вода обуславливает реакции гидратации, растворяет соли, вместе с тем она, изменяя свой состав и свойства, приобретает качества сильной кислоты и тем самым усиливает свои геохимические функции; поверхностный сток — важнейший фактор денудации и

Таблица 2
ГОДОВОЙ ВЛАГООБОРОТ МЕЖДУ АТМОСФЕРОЙ,
ГИДРОСФЕРОЙ И ЛИТОСФЕРОЙ
(верхняя цифра — тыс. км³,
нижняя — % от годового количества осадков)

	Осадки	Испарение	Транспирация	Сток
Из атмосферы в океан	$\frac{412}{78}$	—	—	—
Из океана в атмосферу	—	$\frac{453}{86}$	—	—
Из атмосферы на сушу	$\frac{113}{22}$	—	—	—
С суши в атмосферу	—	$\frac{37}{7}$	$\frac{35}{7}$	—
С суши в океан	—	—	—	$\frac{41}{8}$
Всего	$\frac{525}{100}$	$\frac{490}{93}$	$\frac{35}{7}$	$\frac{41}{8}$

следовательно, перемещения твердого вещества и т. д. Особую роль в эпигеосфере играют фазовые превращения воды в процессе ее круговорота.

Биологический метаболизм играет важнейшую роль в «судьбе» многих химических элементов и в преобразовании состава и свойств абиогенных компонентов эпигеосферы. Ежегодная мировая биологическая продуктивность измеряется величиной $n \cdot 10^{11}$ т (в сухом весе). Н. И. Базилевич и ее соавторы (1970) биологическую продуктивность суши оценивают в $1,7 \cdot 10^{11}$ т, а океана — в $0,6 \cdot 10^{11}$ т, при этом большая часть приходится на долю зеленых растений. В биогенный круговорот вовлекается огромная масса веществ, и больше всего из атмосферы. На биологический синтез идет примерно $5 \cdot 10^{11}$ т углекислоты, из почвы извлекается по $n \cdot 10^9$ т азота, калия, кальция, по $n \cdot 10^8$ т натрия, магния, фосфора, серы, хлора, железа, кремния, алюминия и много других элементов. При фотосинтезе выделяется $(1-3) \cdot 10^{11}$ т свободного кислорода.

В процессе биологического синтеза из простых минеральных соединений образуются сложные органические вещества, богатые свободной энергией. При разложении органических остатков большая часть содержащегося в них вещества возвращается в атмосферу; это CO_2 , NH_3 , H_2S , CH_4 и др. В почву поступает несколько миллиардов тонн зольных элементов и азота. Существуют специфические группы организмов, избирательных к поглощению таких элементов, как Fe, Mn, S, Cu, Ni и многие другие. Они, концентрируя эти элементы, образуют их локальные скопления, которые нередко бывают пригодны для эксплуатации.

Организмы «перегоняют» колоссальное количество воды. Наземные растения через транспирацию переводят с поверхности суши в атмосферу примерно $3,5 \cdot 10^{13}$ т, а планктон за год профильтровывает количество воды, равное по объему всему Мировому океану (Богоров, 1970).

Круговорот веществ в эпигеосфере, как уже было отмечено, не вполне замкнут. С одной стороны, часть вещества выпадает из него, уходя за пределы ландшафтной оболочки (при погружении горных пород в глубины Земли или диссимирует в межпланетное пространство). С другой стороны, в эпигеосферу попадает вещество из глубин (при вулканических извержениях) и Космоса (метеориты, космическая пыль), но этот «внешний» обмен ничтожен по сравнению с внутренним. По мере геологического раз-

вития эпигеосферы роль внешнего обмена неуклонно сокращалась, так что «вещественная автономия» ландшафтной оболочки все более возрастает.

Интенсивность внутреннего круговорота, разумеется, неодинакова в различных его звеньях. Наиболее интенсивно «обновляются» живое вещество, а также вода на поверхности суши и в атмосфере. Самая высокая скорость возобновления у фитопланктона: вся его масса в Мировом океане сменяется в среднем за 1 сутки. Для полной смены растительного покрова суши (если отнестись весь его запас к чистому приросту) потребовалось бы примерно 150 лет. Для того чтобы судить о сравнительной интенсивности биогенного круговорота веществ, приведем такие цифры: весь CO_2 атмосферы мог бы быть исчерпан в процессе фотосинтеза (если бы он вновь не восполнялся в результате выделения при разложении органических остатков) за 8—15 лет; чтобы обновить запасы атмосферного кислорода (через фотосинтез), потребовалось бы 4000—12 000 лет; воды Мирового океана хватило бы на транспирацию наземных растений в течение 40 000 лет, а на фотосинтез — в течение нескольких миллионов лет.

Интенсивность влагооборота в разных его звеньях такова: запасы водяного пара в атмосфере сменяются в среднем каждые 10 суток, вода в реках — через 11 суток, в почве — через 1 год, в озерах — через 7 лет. Наиболее инертна масса воды в Мировом океане: чтобы «обновить» ее посредством испарения, потребовалось бы 3200 лет, а посредством стока — 33 400 лет.

Особенно консервативно вещество литосферы. Денудация могла бы сивелировать материки до уровня океана лишь за несколько миллионов лет. Твердое вещество океана за счет твердого стока могло бы обновиться за 150 лет, а пыль в атмосфере — всего за 1—10 суток.

Ритмические и поступательные изменения эпигеосферы. Под влиянием внешних факторов, имеющих астрономическую природу, а также связанных с солнечной активностью, природные процессы эпигеосферы подвержены ритмическим колебаниям. Универсальное географическое значение имеют самые короткие и в то же время наиболее строгие по своей регулярности ритмы — суточный и годовой. Более или менее определенно установлены ритмы большей продолжительности — внутривековые (11, 22—23, 80—90 лет) и сверхвековые (например, 1850 лет). Они проявляются в колебаниях климата, гидрологических про-

цессов, ледовитости морей, отчасти также биологических процессов. Ученые выделяют и много других ритмов продолжительностью от нескольких лет до десятков и сотен тысячелетий. Однако далеко не всегда они четко выражены. Как правило, в них нет строгой периодичности, повторяемости явлений, часто происходит их наложение (интерференция). «Механизм» влияния различных первичных космических причин на природу земных процессов еще крайне слабо изучен и часто неясен.

К ритмическим явлениям относят также геологические циклы с повторяемостью 165—180 млн. лет (каледонский, герцинский и мезозойский): в начале каждого цикла проходили опускания земной коры и морские трансгрессии, климат выравнивался; конец цикла знаменовался орогенезом, расширением суши, усилением климатических контрастов, а также большими преобразованиями в органическом мире.

Некоторые ритмические явления в жизни эпигеосферы имеют автоколебательный характер. Примером может служить динамика ледяных щитов. Раз возникнув, они вызывают похолодание климата и понижение уровня океана. Но это приводит к уменьшению испарения и осадков и к сокращению ледников. Сокращение ледников снова ведет к увеличению площади океанов, потеплению, увеличению осадков, новому наступлению ледников и т. д.

Ритмические колебания любого типа не бывают замкнутыми, и чем больше продолжительность цикла, тем меньше возможность возвращения к прежнему состоянию. Каждый последующий цикл начинается на новой основе, и в конечном счете развитие эпигеосферы необратимо, оно имеет поступательный характер. Это можно обнаружить, если проследить ее историю — от одного геологического цикла к другому. С каждым новым циклом сокращались геосинклинали и разрастались жесткие платформенные структуры, нарастала и усложнялась осадочная оболочка; увеличивалась соленость Мирового океана и в результате выноса солей с суши изменялся его ионный состав (в частности, возрастала роль ионов Ca и CO_3); в атмосфере уменьшалось содержание CO_2 за счет увеличения доли O_2 и N_2 . Наиболее очевидно линия прогрессивного развития выражена в органическом мире, — это общеизвестный факт.

В эволюции эпигеосферы намечаются некоторые основные закономерности: взаимосвязанное развитие всех ком-

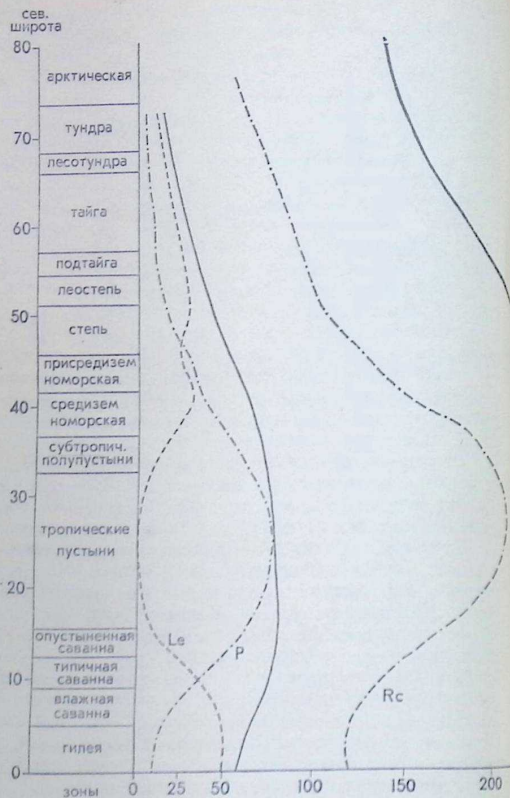
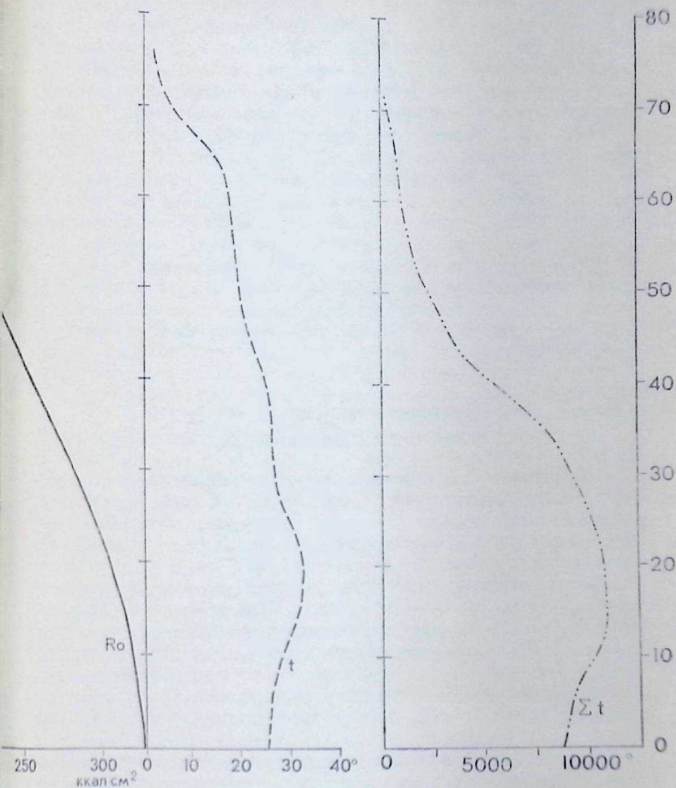


Рис. 7. Широтные изменения радиационного баланса и температуры воздуха (умеренно-континентальный сектор северного полушария):
 R_0 — солнечная радиация на верхней границе атмосферы,
 R_c — суммарная радиация у земной поверхности,

с.с.в.
широта



- R — радиационный баланс,
 L_e — затраты тепла на испарение,
 p — турбулентный поток тепла от земной поверхности в атмосферу,
 t — средняя температура воздуха в июле,
 Σt — сумма температур за период со средними суточными температурами выше 10°

понентов на основе усиления межкомпонентного вещественно-энергетического обмена; поступательный характер; возрастающая роль биогенного фактора; усиление внутренней (территориальной) дифференциации; неравномерность, скачкообразность развития; сочетание поступательных, стадияльных и ритмических изменений, придающее процессу развития характер восходящей спирали; противоречивость процесса развития, протекавшего в «борьбе» противоположных тенденций (разогревание и остывание земной коры, созидание и разрушение живого вещества, противоречие между стремлением организмов приспособиться к абиотической среде и неизбежным изменением этой среды в результате жизнедеятельности организмов).

Наконец, надо заметить, что на протяжении всей истории развития (по крайней мере начиная с появления жизни) в эпигеосфере действовали некоторые общие закономерности внутренней дифференциации, в частности широтная зональность.

Зональность, а зональность и региональное деление эпигеосферы

Ландшафтной оболочке присуща сложная пространственная дифференциация, которая, как уже отмечалось, особенно ярко выражена в «контактных» слоях. Она представлена серией соподчиненных геосистем регионального и локального уровней.

Региональная структура эпигеосферы обусловлена внешними по отношению к ней факторами — неравномерным по широте распределением лучистой энергии Солнца и разнообразным строением и рельефом твердой поверхности литосферы, что обусловлено тектоническим развитием Земли. Специфические проявления первого фактора определяют *зональную дифференциацию*, а второго — *азональную*.

Вследствие шарообразности земного шара приток солнечной радиации, как известно, закономерно уменьшается от экватора к полюсам. Это обстоятельство в первую очередь сказывается на тепловом режиме земной поверхности, а также на свойствах воздушных масс — их температуре, содержании влаги, плотности.

Однако реальное распределение солнечного тепла в эпигеосфере не вполне строго соответствует изменению

широты; существенные отклонения от «идеальной» схемы вызываются различными факторами, и в первую очередь суточным вращением Земли и ее движением по эклиптике с наклоном оси под углом около $66,5^\circ$. Отклоняющее влияние вращения Земли в сочетании с неравномерным распределением тепла обуславливает зональную систему воздушных потоков в тропосфере, которая в свою очередь вносит серьезные поправки в радиационный и тепловой баланс земной поверхности. В частности, как это видно на рис. 7, максимум суммарной радиации, притом резко выраженный, приходится не на экватор, а на тропический пассатный пояс между $20-30^\circ$ широты, где наиболее сухой и прозрачный воздух способствует лучшему проникновению солнечных лучей. Широтная кривая радиационного баланса имеет более плавный вид, но и на ней максимум сдвинут от экватора на $10-15^\circ$ по широте.

Вследствие наклона земной оси к плоскости эклиптики солнечная радиация поступает неравномерно в течение года. Это обуславливает сезонные смещения тепловых и циркуляционных зон, что влечет за собой сезонность других природных процессов и усложнение общей зональной структуры энгеосферы.

Непосредственный результат зональности теплового режима и циркуляции воздушных масс — влагооборот и водный баланс земной поверхности, которые, естественно, тоже имеют отчетливый зональный характер. Мы не будем подробно описывать проявления зональности в различных компонентах ландшафтной оболочки. Некоторые количественные характеристики географической (широтной) зональности представлены на рис. 7 и 8. Остановимся лишь на отдельных существенных вопросах, которые обычно не находят должного отражения в традиционной литературе о природных зонах.

Механизм географической зональности достаточно сложен. Реальная зональность не автоматическое отражение широтного распределения солнечной радиации, она неодинаково проявляется в различных компонентах, процессах и разных частях энгеосферы. Достаточно обратить внимание на несовпадающую направленность зональных изменений тепла и увлажнения (сравните, например, кривые температур и осадков на рис. 7 и 8).

Между тем от соотношения количества солнечного тепла и величины увлажнения непосредственно или косвенно зависит интенсивность других зональных процессов. Пред

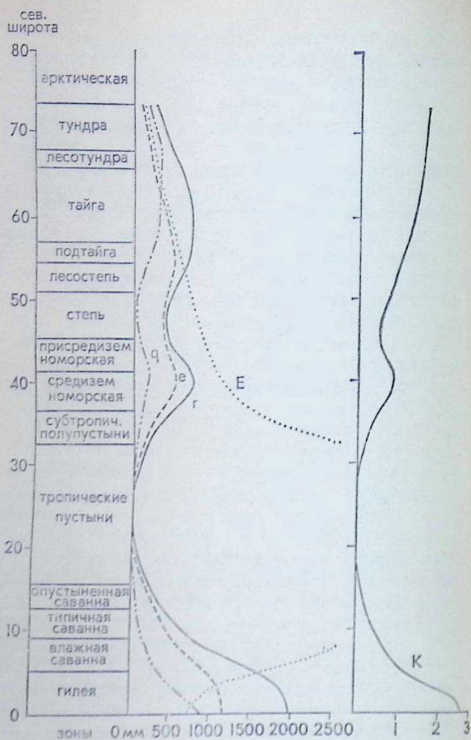
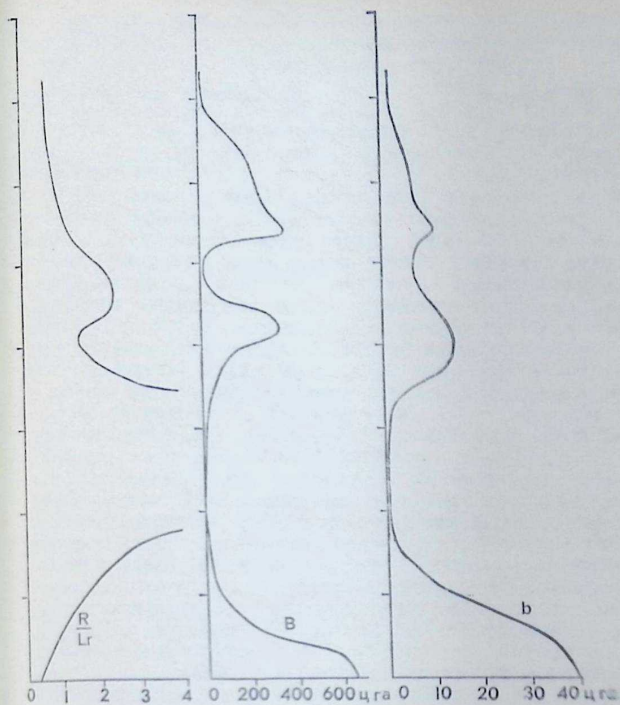


Рис. 8. Широтные изменения увлажнения и биологической продуктивности (для умеренно-континентального сектора северного полушария):

- r — среднее годовое количество осадков,
- q — средний годовой сток,
- e — среднее годовое испарение,
- E — средняя годовая испаряемость,
- K — коэффициент увлажнения $\left(\frac{r}{E}\right)$,
- $\frac{R}{Lr}$ — радиационный индекс сухости,
- bB — запасы фитомассы,
- b — годовая продуктивность растительного покрова



лагались различные способы (показатели) количественного выражения этого соотношения. Один из наиболее известных — коэффициент увлажнения Г. Н. Высоцкого — Н. Н. Иванова: $K = \frac{r}{E}$, представляющий отношение коли-

чества осадков (r) и испаряемости (E). Если количество осадков выражает возобновляемые запасы активной влаги в геосистеме, то испаряемость характеризует потребность во влаге для оптимального функционирования геосистемы при данных запасах тепла. Таким образом, величина $K=1$ соответствует оптимальному соотношению тепла и влаги; она означает, что выпадающие осадки могут полностью испариться, и если при этом их «пропустить» через растения, то они обеспечат максимальную продукцию биомассы. Не случайно в тех зонах Земли, где K близок к единице, наблюдается наиболее высокая продуктивность биомассы. На кривой K (рис. 8) видны две «критические точки», где K переходит через 1: в лесостепи и на границе экваториальной зоны. Им соответствуют «пики» на кривых запасов биомассы и биологической продуктивности¹.

К северу от лесостепи наблюдается увеличение избыточного увлажнения ($K > 1$) при недостатке тепла. В результате возрастает сток, а также заболачивание; биологическая продуктивность падает. Между лесостепью и экваториальной зоной лежит обширный пояс недостаточного увлажнения ($K < 1$)² при избытке тепла. Здесь резко сокращается интенсивность большинства природных процессов, в том числе стока, биологической продуктивности и почвообразования, развивается засоление и т. д. Наконец, в неширокой экваториальной зоне увлажнение вновь становится избыточным, но уже при обилии тепла; здесь наблюдаются наиболее интенсивные биологические процессы, наибольшая величина стока, но распространено и заболачивание.

Из других показателей соотношения тепла и влаги известен так называемый радиационный индекс сухости М. И. Будыко — А. А. Григорьева: $\frac{R}{Lr}$, где R — годовой радиационный баланс, L — скрытая теплота испарения,

¹ Третья точка находится в зоне влажных субтропических лесов, оставшейся за пределами профиля рис. 7, но к ней приближается средиземноморская зона, как это видно на графиках.

² Исключение отчасти составляют влажные прибрежные секторы материков; об этом см. ниже.

g — годовая сумма осадков. Этот индекс выражает, конечно, отношение запасов радиационного тепла в году количеству тепла, которое нужно затратить, чтобы испарить все выпадающие осадки. По своему физическому смыслу радиационный индекс сухости близок к коэффициенту Высоцкого—Иванова, только его для сравнения нужно «перевернуть» (т. е. $\frac{R}{Lr} \approx \frac{1}{K}$). Поэтому зональ-

ная кривая одного коэффициента смотрится как перевернутое отражение по отношению к другому (см. рис. 8). Конечно, они не совпадают, поскольку между ними есть и существенные различия (см. Исаченко, 1965, с. 70).

Зональность — универсальная географическая закономерность. Она так или иначе проявляется во всех природных процессах эпигеосферы, в одних более четко, в других — менее, но всегда при внимательном изучении может быть обнаружена. Хрестоматийные примеры — зональность климата, водного режима, почвообразования, биологических процессов, подземных вод, а также Мирового океана. Рельеф и осадочные породы также подчинены закону зональности, хотя нередко можно встретиться с мнением, будто эти компоненты «азональны». Определенно зональный характер имеют «скульптурные» черты рельефа. Достаточно вспомнить о специфических формах рельефа тундры, связанных с мерзлотными процессами (термокарстовые впадины, бугры пучения и др.), лесостепи и степи (овраги, балки, суффозионные западины — «блюдца»), пустыни (эоловые формы, солончаковые котловины и др.).

Зональность процессов осадкообразования (литогенеза) доказана бесспорно. Известно, что в арктических и антарктических условиях накапливается преимущественно несортированный обломочный материал, в тайге особенно интенсивно идет торфообразование, в пустынях отлагаются эоловые пески, соли, щебнистый пролювий (отложения временных водотоков) и т. д.

Формирование ландшафтных зон — сложный и длительный процесс. Каждая зона имеет свою историю и свой возраст. В то же время зоны очень динамичные образования, особенно в высоких широтах. Границы тундры и тайги неоднократно смещались за последние тысячелетия. Непосредственной причиной смещения зон обычно служит климат. Другие компоненты в большей или меньшей

степени отстают от перестройки климата, поэтому их границы не вполне совпадают с климатическими. Формы рельефа и горные породы — наиболее консервативные элементы ландшафта; созданные при иных зональных условиях, они способны долго существовать после изменения климата и сохраняются в новой зоне как реликты (таковы, например, ледниковые формы в современной тайге или сухие речные долины в пустыне). Они, конечно, имеют зональную природу, и если мы говорим, что они «не зональны», то имеем в виду лишь то, что они не соответствуют *современным* зональным условиям. Отсюда следует, что природу любой ландшафтной зоны нельзя рассматривать как некое мгновенное отражение современного климата: исследование зональности требует исторического (палеогеографического) подхода.

Еще В. В. Докучаев подчеркивал, что природные зоны отнюдь не представляют собой идеально правильных полос, ограниченных параллелями. Зоны бывают разорваны; некоторые из них (например, степи, полупустыни и пустыни умеренного пояса) развиты только во внутренних частях материков, другие (например, зона широколиственных лесов) — лишь в приокеанических. Известно, кроме того, что в разных частях одной и той же зоны наблюдаются существенные природные различия (например, между восточноевропейской и восточносибирской тайгой). Все эти и другие кажущиеся «нарушения» зональности вовсе не опровергают ее универсального значения, а лишь свидетельствуют о ее крайне сложных, разнообразных проявлениях в различных *азональных условиях*. Наряду с зональностью в эпигеосфере повсеместно проявляются аazonальные закономерности, обусловленные действием внутренней энергии Земли и развитием земной коры.

Важнейший аazonальный феномен — деление земной поверхности на континенты и океаны. В силу различия физических свойств твердой поверхности и океана над ними формируются различные воздушные массы — континентальные и морские — и возникает континентально-океанический перенос воздушных масс (ярчайшее его проявление — муссоны), который как бы накладывается на зональную циркуляцию атмосферы. Положение территории в системе континентально-океанической («азональной») циркуляции атмосферы становится одним из важнейших факторов региональной физико-географической дифференциации. По мере удаления от океана в глубь континента

и уменьшения влияния морских воздушных масс выражает континентальность климата (разница между средними июльскими температурами пунктов, лежащих на одной параллели, может достигать $10-15^{\circ}$, а между январскими — даже 50°), сокращается количество осадков. Отсюда неизбежно следует закономерная смена растительных сообществ, животного мира, почв и природных комплексов в целом.

Соответственно на каждой материке теоретически можно выделить, как это сделал еще в 1924 г. В. Л. Комаров, по три «меридиональных зоны», или, по современной терминологии, *физико-географических сектора* — центральный (континентальный) и два периферических (приокеанических). В периферических секторах широтный ход всех основных показателей зональности (см. рис. 7 и 8) сглажен, а в центральном, напротив, обострен. Поэтому зональность по-разному проявляется в этих секторах, и каждому из них присуща своя система *ландшафтных зон* (рис. 9). Можно говорить о внутриконтинентальном и приокеаническом типах широтной зональности. Для первого характерно широкое развитие пустынь и степей, для второго — лесной «спектр» — от тайги до экваториальных лесов. Но три сектора и три ряда зон — теоретическая схема. Фактически секторность выражена неодинаково в разных широтах, она сглажена в экваториальном и полярных поясах; в тропиках наблюдаются два контрастных сектора, а в умеренном поясе из-за серии переходов между тремя основными долготными подразделениями можно выделить до восьми секторов. Некоторые зоны распространены только в пределах одного сектора, другие (как, например, тундра и тайга) простираются через несколько секторов, но в каждом из них приобретают специфические черты (подробнее см. Исаченко, 1974б).

Дальнейшая дифференциация географических комплексов в пределах суши обусловлена разнообразием и контрастностью твердого фундамента, т. е. морфоструктур — крупных аazonальной природы неровностей земной поверхности. Различия в гипсометрическом положении земной поверхности, характере новейших тектонических движений, макрорельефе (платформенные равнины, межгорные впадины, горные хребты и др.), геологическом строении и литологическом составе горных пород имеют исключительно важное региональное географическое значение. От высоты над уровнем моря, как известно, зависят существ-

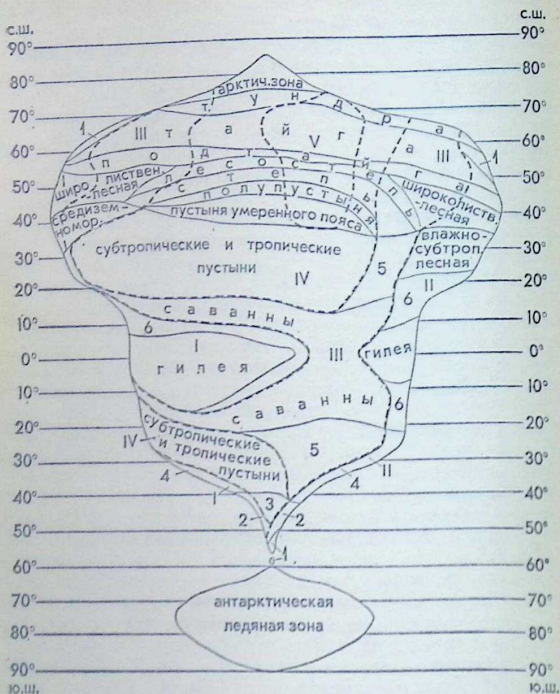


Рис. 9. Схема зонального и секторного деления суши (обобщенного материка).

Секторы: I — западные приокеанические, II — восточные приокеанические, III — умеренно континентальные переходные, IV — континентальные, V — резко континентальные. Сплошные линии — границы ландшафтных зон, пунктирные жирные линии — границы секторов. Цифрами обозначены зоны: 1 — приокеанических лугов, 2 — смешанных лесов умеренного пояса (южное полушарие), 3 — пустынь и полупустынь умеренного пояса (южное полушарие), 4 — субтропических влажных и сухих лесов (южное полушарие), 5 — субтропических и тропических саванн, редколесий и прерий, 6 — тропических и субэкваториальных влажных и переменновлажных лесов

венные особенности климата; физико-химические свойства горных пород определяют многие черты водного режима и гидросети, минеральное богатство почв, своеобразия форм рельефа и т. д.

Наиболее ярким географическим следствием морфоструктурной дифференциации служит *высотная поясность*, обусловленная резким уменьшением величины радиационного баланса, а также изменением (сначала повышением, а затем сокращением) количества осадков с возрастанием высоты поверхности суши над уровнем моря при одновременном действии барьерного эффекта горных поднятий. Высотный температурный градиент в сотни раз превышает широтный, поэтому на протяжении нескольких километров по вертикали можно наблюдать смену природных комплексов — высотных ландшафтных поясов, — эквивалентную перемещению из тропиков в ледяную зону. Однако следует остерегаться грубых аналогий между высотными поясами и широтными зонами. Высотный ряд отнюдь не является копией или сокращенным повторением широтного. Многие широтные зоны (например, тропических пустынь) не имеют аналогов в горах, а для таких высотных поясов, как альпийские луга или высокогорные холодные пустыни, невозможно найти аналоги на равнинах.

Высотная поясность представлена множеством непохожих рядов, или «спектров», разнообразие которых зависит от положения горного поднятия в той или иной широтной зоне и в определенном секторе материка, а также от экспозиции склона и других орографических особенностей. Каждой зоне свойствен свой поясный ряд; с приближением к экватору число поясов возрастает, меняется их набор (в горах пустынной зоны, например, нет пояса хвойных лесов), а границы поясов смещаются вверх. Пояса альпийских лугов присущ приокеаническим секторам и не развит в континентальных. Горные степи или высокогорные холодные пустыни, напротив, присущи только континентальным секторам. В сложных горных областях, лежащих на стыках разных зон и секторов, например на Кавказе, трудно найти хотя бы один общий для всей горной системы высотный пояс и приходится выделять до 6—7 только основных высотно-поясных рядов, или типов поясности (рис. 10).

На равнинах, где нет столь больших контрастов высот, как в горах, аazonальная дифференциация географических

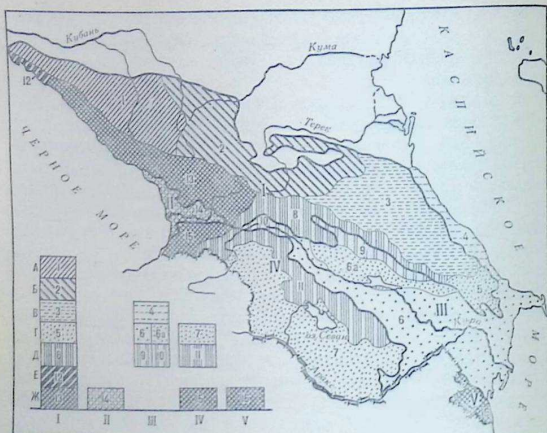


Рис. 10. Типы высотной поясности и физико-географическое районирование Кавказа.

Ландшафтные области: I — Большой Кавказ, II — Западное Закавказье, III — Восточное Закавказье, IV — Армянское нагорье и Малый Кавказ, V — Талыш.

Ландшафтные зоны, провинции и высотные пояса*:

- А. Зона среднеевропейских широколиственных лесов: 1 — Кубанская провинция (широколиственные и темнохвойные леса);
- Б. Зона степей: 2 — Терско-Кумская провинция (горные степи и широколиственные леса);
- В. Зона полупустынь: 3 — Дагестанская провинция (горные полупустыни, степи, широколиственные леса); 4 — Прикаспийско-Дагестанская провинция (равнинные полупустыни);
- Г. Зона пустынь: 5 — Шемахинско-Кобыстанская провинция (горные полупустыни и степи); 6 — Кура-Араксинская межгорная провинция (равнинные пустыни и полупустыни); 6а — Ширанско-Аджинсуурская подпровинция (горные степи и редколесья); 7 — Армянская провинция (горные пустыни, полупустыни, степи и редколесья);
- Д. Зона аридных лесов (широколиственные леса, кустарники, степи): 8 — провинция Южного склона Большого Кавказа, 9 — Кахетинская межгорная провинция, 10 — Горийская межгорная провинция, 11 — Мало-Кавказская провинция.
- Е. Зона средиземноморская: 12 — Новороссийская провинция (леса средиземноморского типа);
- Ж. Зона влажных субтропиков (влажные субтропические леса, буковые леса, темнохвойные леса): 13 — Абхазско-Сванетская провинция, 14 — Рionская межгорная провинция, 15 — Аджаро-Имеретинская провинция, 16 — Леникоранская провинция.

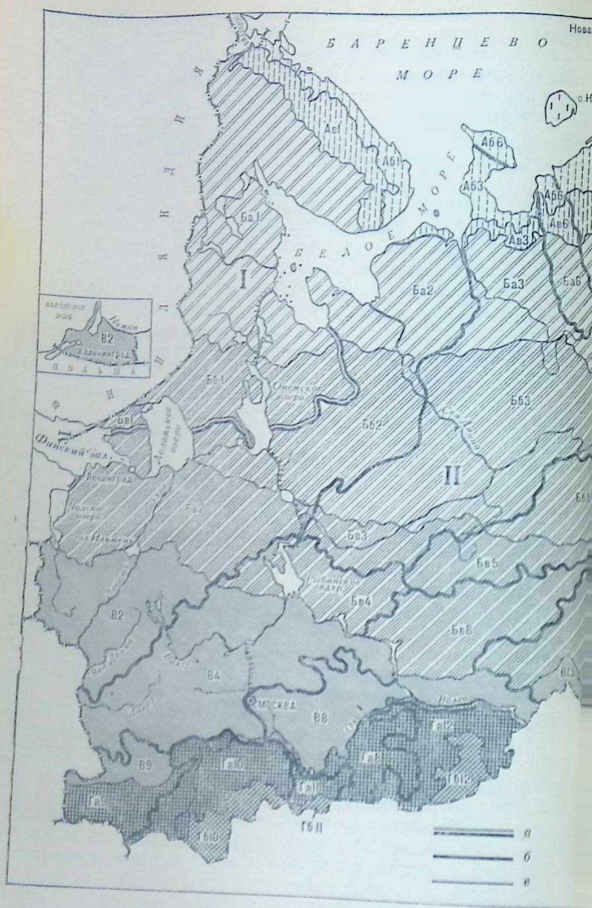
* В скобках указаны высотные пояса низко- и среднегорного ярусов (до границы субальпийских лугов).

комплексов, как правило, тоже четко выражена. Она проявляется в различиях между плоскими песчаными низинами и водораздельными плато, сложенными мореной или карбонатными коренными породами, между широкими террасированными аллювиальными равнинами и эродированными возвышенностями, покрытыми лёссом, и т. д.

Азональность такая же всеобщая географическая закономерность, как и зональность. Ей подчинены все компоненты и все природные географические комплексы. Обе эти закономерности имеют разную сущность и не зависят одна от другой, но проявляются они всегда совместно. В природе любого участка земной поверхности диалектически сочетаются как зональные, так и азональные особенности. В недалеком прошлом можно было встретить мнение, будто горные ландшафты «не зональны», будто в горах широтная зональность «замещается» высотной поясностью. Чтобы убедиться в ошибочности такого суждения, достаточно представить себе, как изменилась бы природа Кавказа или Тянь-Шаня, если мысленно передвинуть эти горные страны на широту Южного или Северного Урала или Земли Франца-Иосифа. «Заменить» широтную зональность невозможно ни высотной поясностью, ни чем-либо другим, ибо это, по Докучаеву, «мировой закон» и на земной поверхности он действует повсеместно, хотя, как и любой другой закон, проявляется по-разному в зависимости от конкретных условий.

Следствием действия зональных и азональных факторов является система региональных подразделений энтогеосферы. Выделение, систематизация и описание последних входят в задачи *физико-географического районирования*. Надо заметить, что районирование основывается на изучении процессов как дифференциации, так и интеграции природных комплексов. О дифференциации речь шла выше. Интеграция природных комплексов того или иного ранга в более сложные системы осуществляется благодаря циркуляции воздушных масс, стоку, склоновому перемещению материала, миграциям растений и животных. Таким образом, районирование следует рассматривать как деление и объединение геосистем одновременно. Любой физико-географический регион должен выделяться «сверху» (путем выявления внутренних различий в пределах высших региональных единств) и «снизу» (путем группировки более простых геосистем в более сложные).

В соответствии с двумя основными региональными за-



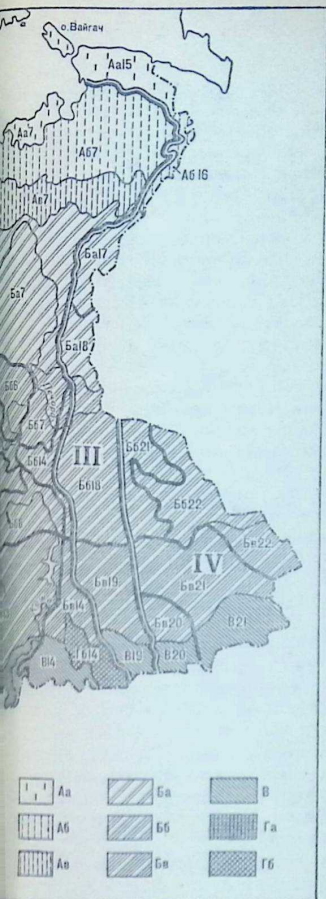


Рис. 11.
Физико-географическое
районирование
Нечерноземной зоны
РСФСР

Физико-географические
страны:

I — Балтийский щит, II —
Русская равнина, III —
Урал, IV — Западно-Си-
бирская равнина.

Физико-географические
области:

1 — Кольско-Карельская,
2 — Северо-Западная, 3 —
Двинско-Мезенская, 4 —
Верхне-Волжская, 5 — Се-
верные Увалы, 6 — Кан-
ско-Тиманская, 7 — Печо-
рская, 8 — Камско-Меще-
рская, 9 — Полесская, 10 —
Средне-Русская, 11 — Ож-
ско-Донская, 12 — Приволж-
ская, 13 — Заволжская,
14 — Предуральская, 15 —
Пайхойская, 16 — Поше-
ронный Урал, 17 — Приполяр-
ный Урал, 18 — Северный
Урал, 19 — Средний Урал,
20 — Среднее Зауралье,
21 — Туринская, 22 — Кен-
динская.

Ландшафтные зоны и под-
зоны:

А — тундра (Аа — типич-
ная, Аб — южная, Ав —
лесотундра), Б — тайга
(Ба — северная, Бб —
средняя, Бв — южная),
В — подтайга, Г — широко-
лиственнолесная и лес-
стенная зона (Га — широко-
лиственнолесная подтай-
га, Гб — типичная лес-
степь).

Индекс провинций обра-
зуются из индексов ланд-
шафтных зон и областей
(например, Б7 — Печо-
рская таежная провинция);
индексы подпровинций —
из индексов ландшафтных
подзон и областей (напри-
мер, Б67 — Печорская хро-
нотаетежная подпровинция).
Границы: а — физико-гео-
графических стран, б —
физико-географических об-
ластей, в — ландшафтных
зон и подзон

кономерностями — зональностью и аazonальностью — можно говорить о двух типах дифференциации и вместе с тем интеграции геосистем регионального уровня. Каждой из этих закономерностей отвечает своя система, или свой ряд, физико-географических подразделений энгеосферы. В зональном ряду последовательно, «сверху вниз» различаются *физико-географические*, или *ландшафтные*, пояса, зоны и подзоны. Впрочем, что касается поясов, то их физико-географическая сущность недостаточно обоснована. Традиционные тепловые или циркуляционные пояса несомненно являются категориями климатического районирования, но для физико-географического районирования они слишком разнородны (в умеренный пояс, например, входят и холодная, избыточно влажная тайга и жаркая экстрааридная пустыня). Поэтому при выделении ландшафтных поясов наблюдается большой разнорой: в одном полушарии их получается у разных авторов от 2 до 7 или 8.

Зоны и подзоны вполне общепринятые единицы районирования, и хотя их схема еще требует в деталях уточнений, но в целом объективность и физико-географическая целостность этих образований почти не вызывают сомнений. Надо подчеркнуть, что в отличие от старых схем районирования, в которых ландшафтные зоны выделялись только на равнинах, а горы исключались из системы зон и рассматривались отдельно, сейчас границы зон проводятся и в горах; критерием при этом служит наличие того или иного типа поясности (рис. 10).

Основные категории аazonального деления материков — *физико-географические секторы, страны и области*. О секторах уже было сказано. Физико-географические страны соответствуют морфоструктурам самого высокого порядка — древним платформенным равнинам, плоскогорьям (Русская равнина, Средняя Сибирь и др.), крупным орогеническим поднятиям (Урал, Кавказ и др.). В пределах территории СССР насчитывается около 20 физико-географических стран. Каждая из них четко отличается строением геологического фундамента, макрорельефом, макроклиматическими особенностями (соотношение морских и континентальных воздушных масс, степень континентальности, увлажнение), планом гидрографической сети, своей зональной структурой, а горные страны — еще и высотной поясностью.

Физико-географические области — крупные части

стран, обособившиеся в процессе их развития под влиянием азональных факторов (эпейрогенических поднятий или опусканий, морских трансгрессий или регрессий и т. п.). Они разновозрастны, обычно четко различаются орографией, характером гидрографической сети, климатом и почвенно-растительным покровом. Так, Северо-западная область Русской равнины (рис. 11) относительно молодая, ее ландшафты начали формироваться после отступления последнего (валдайского) ледникового покрова. Поэтому для нее характерны свежие ледниковые формы рельефа, обилие озер, небогатый органический мир и многие другие специфические черты природы. В то же время ее положение в пределах физико-географической страны определяет частое прохождение циклонов, наиболее мягкий и влажный климат.

Между зональным и азональным делениями не существует прямой связи и какого-либо соподчинения. Тем не менее их необходимо объединить в единую систему, ибо место любой точки или любого географического комплекса в региональном физико-географическом делении земной поверхности может быть определено только двумя «координатами» — зональной и азональной. (Подобно этому положение точки на поверхности земного шара не может быть точно задано одной координатой — широтой или долготой, необходимо указать обе.) Можно сказать, например, что Ленинград лежит в зоне тайги, в ее южной подзоне. Это, конечно, верно, но слишком неопределенно, ибо в той же зоне (подзоне) расположено много других пунктов с существенно отличными чертами природы при наличии, разумеется, некоторой общности (например, Пермь, Тобольск, Иркутск). Если же добавить, что Ленинград расположен на Русской равнине и к тому же в пределах ее Северо-западной ландшафтной области (см. рис. 11), то тем самым проливается свет на многие важные специфические природные условия этого города, и мы получаем хотя еще и приближенное, но уже комплексное представление о его природной среде (если мы знаем, что собой представляют «исходные» высшие региональные единицы, т. е. тайга с ее южной подзоной и северо-запад Русской равнины).

Природа любой ландшафтной зоны и подзоны как бы трансформируется, приобретая специфические черты в разных физико-географических секторах, странах и областях. Поэтому мы можем построить ряд производных регио-

нальных комплексов, сочетающих в себе определенные зональные и азональные признаки, в виде «отрезков» зон и подзон в разных секторах, странах и областях. В пределах таежной зоны Евразии, например, естественно выделяются такие «отрезки» в соответствующих секторах (Восточно-европейская тайга, Западно-сибирская тайга и т. д.), странах (тайга Фенно-Скандии, Русской равнины, Урала, Забайкалья и т. д.) и областях (тайга Северо-Западной области, Тимана, Печорской области и т. д.). Соответствующие «отрезки» получатся и в каждой подзоне тайги.

В отличие от зоны в широком смысле слова (например, тайга в целом) зональные «отрезки» в границах отдельных секторов и стран можно именовать *зонами в узком смысле слова* (соответственно выделяются и подзоны — в широком и узком смысле слова). Часть зоны в рамках одной ландшафтной области принято называть *ландшафтной провинцией* (например, Северо-западная таежная провинция, Северо-западная подтаежная провинция, провинция влажных субтропиков Большого Кавказа, провинция влажных субтропиков Малого Кавказа — рис. 10 и 11), а часть подзоны в пределах одной ландшафтной области — *ландшафтной подпровинцией* (Северо-западная южнотаежная, Северо-западная среднетаежная и др.).

Логическим завершением системы региональных географических комплексов должна быть территориальная единица, которая не делится ни по зональным, ни по азональным признакам, т. е. характеризуется однородностью и по тем и по другим признакам. Такой единицей служит *ландшафт*; он расположен как бы в фокусе всей системы районирования и может считаться основной ступенью в ряду геосистем разных рангов.

Географический ландшафт и геосистемы локального уровня

Под географическим ландшафтом подразумевается генетически единая геосистема, однородная по зональным и азональным признакам и заключающая в себе специфический набор сопряженных локальных геосистем. Однородность ландшафта выражается в единстве его твердого фундамента, типа рельефа, климата. В то же время ланд-

шафт неоднороден, но его территориальная неоднородность имеет локальный характер. Ее нельзя объяснить действием внешних зональных или аazonальных факторов (например, когда на протяжении каких-либо сотен или десятков метров чередуются верховые болота и сухие сосновые боры). Объяснение этой неоднородности следует искать в действии *внутренних причин*, т. е. в функционировании и развитии самого ландшафта. Внутриландшафтная мозаика геосистем низшего, локального уровня создается в ходе эрозионного расчленения рельефа (под действием стока), заболачивания лесов вследствие разрастания сфагновых мхов, зарастания озер, выщелачивания горных пород и даже деятельности животных (например, грызунов).

В каждом ландшафте наблюдается закономерный набор различных местоположений — участков, отличающихся положением в рельефе, формой, крутизной и экспозицией склона. Вследствие перераспределения тепла, влаги и минеральных веществ по местоположениям каждое из них при одних и тех же зонально-аazonальных условиях будет отличаться своим микроклиматом, водным и солевым режимом и в целом однородными экологическими условиями, поэтому здесь формируется один фитоценоз и одна почвенная разность. В совокупности все эти компоненты образуют элементарную геосистему — *фацию*. Фа́ция — конечная ступень физико-географического деления территории и в то же время начальное звено интеграции геосистем: группируясь в более сложные территориальные системы, фации дают начало всей серии гетерогенных ландшафтных единиц (геохор, по терминологии В. Б. Сочавы).

Первая ступень географической интеграции — объединение фаций в *урочища*. Урочище — сопряженная система фаций, объединяемых общей направленностью физико-географических процессов — стока, миграции химических элементов, денудации или аккумуляции, выноса или накопления солей и органического вещества и др. Урочища наиболее четко выражены в условиях расчлененного рельефа с контрастными — выпуклыми и вогнутыми — формами мезорельефа (урочища холмов и котловин, гряд и ложбин, оврагов и межовражных плакорных участков и т. д.), но формируются, как мы увидим, и на обширных водораздельных равнинах.

Типичные комбинации урочищ и фаций, присущие

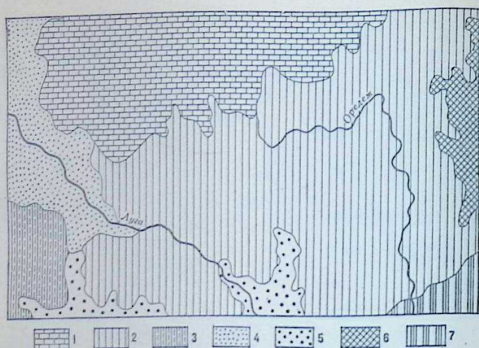


Рис. 12. Схема ландшафтов части территории Ленинградской области. Пояснения см. в тексте

каждому ландшафту, создают его *морфологию*, т. е. внутренний пространственный узор. Можно сказать, что каждому ландшафту присущ свой морфологический рисунок, своя степень внутренней пестроты или однообразия, контрастности составных частей¹. Морфология ландшафта наиболее точно и полно отображается на детальных ландшафтных картах. Хорошим дополнением к ним служат комплексные профили, рисующие пространственную структуру ландшафта в третьем измерении.

Проиллюстрируем изложенное несколькими примерами с помощью двух картографических фрагментов. На рис. 12 показаны контуры ландшафтов той же части территории Ленинградской области, которая отображена более детально на рис. 4, дающем схематическое представление о морфологии этих ландшафтов. Все ландшафты рассматриваемой территории относятся к Северо-западной южнотаежной ландшафтной подпровинции Русской рав-

¹ Кроме урочищ и фаций нередко приходится выделять промежуточные морфологические подразделения ландшафта — «подурочища» (например, группы фаций на контрастных экспозициях; на противоположных склонах холмов, долин и т. п.) и «местности» (крупные болотные системы, отдельные озерно-ледниковые впадины среди равнинных моренных ландшафтов, ложбины с болотами, поймами и озерами и т. п.).

нины. В северной части рис. 12 под № 1 обозначен ландшафт Ижорского плато. Своеобразие его определяется приуроченностью к приподнятому участку геологического фундамента, который сложен известняками и доломитами ордовикской системы. Отсюда платообразный рельеф с абсолютной высотой 100—150 м, хороший дренаж, развитие карстовых форм, почти полное отсутствие поверхностной гидросети, формирование наиболее богатых в условиях Северо-запада дерново-карбонатных почв, на которых в прошлом произрастали хвойно-широколиственные леса. Все это придает Ижорскому ландшафту более южный, подтаежный облик среди окружающих таежных геосистем, а также определяет его относительно высокую сельскохозяйственную освоенность, несмотря на более прохладный климат. Морфология этого ландшафта относительно проста (рис. 4): доминируют волнистые водораздельные урочища на маломощной карбонатной морене; кое-где встречаются группы моренных и камовых холмов, заболоченные понижения и небольшие болота, а также карстовые воронки и провалы.

Совсем иную картину представляет ландшафт Лужско-Оредежской равнины (№ 2 на рис. 12). Он расположен на более низком гипсометрическом уровне, чем предыдущий (50—100 м); коренные породы — красноцветные пески лужского горизонта среднего девона, перекрытые плащом валунных суглинков (морены). Территория слабо дренируется, преобладают типичные южнотаежные еловые леса на подзолистых и болотных почвах разных вариантов. Морфология этого ландшафта также типична для таежных равнин Северо-запада. В приречных полосах формируются дренированные урочища с южнотаежными (II—III класса бонитета) ельниками (иногда с липой, лещиной) на среднеподзолистых легкосуглинистых почвах. Но в нескольких километрах (а иногда и в сотнях метров) от речных долин, на плоских междуречьях, где сток затруднен и уровень грунтовых вод лежит не глубже 1,5—2,0 м, появляются слабодренированные урочища с низкобонитетными (IV кл.) ельниками-долгомошниками на торфянисто-подзолисто-глеевых почвах. Наконец, глибинные участки междуречий заняты обширными верховыми болотами с грядово-мочежинно-озерковым комплексом. Кроме того, в этом ландшафте встречаются некоторые второстепенные (подчиненные) местности и урочища — речные долины, пониженные участки с озерно-ледниковыми

песками или ленточными глинами и др. (рис. 4). Освоенность Лужско-Оредежского ландшафта очень низкая (за исключением северо-восточной части, расположенной близко к Ленинграду).

Остальные ландшафты входят в рамки данного фрагмента карты лишь своими окраинами, и мы ограничимся здесь лишь краткими указаниями на их отличительные черты. Ландшафт Плюской водораздельной равнины (№ 3) во многом напоминает Лужско-Оредежский, но климат мягче, лучше дренаж и несколько более сложная морфология. Ландшафт Лужско-Нарвской низины (№ 4) существенно отличается от всех предыдущих. Абсолютные высоты здесь не превышают 50 м, поверхность террасирована и покрыта преимущественно озерно-ледниковыми и морскими песками и супесями. Климат характеризуется наиболее мягкой зимой, продолжительным безморозным периодом, но относительно прохладным летом. Фоновыми урочищами служат боровые террасы. Наряду с ними распространены заболоченные междуречья, крупные массивы болот, остаточные сильно зарастающие озера, останцовые моренные повышения с довольно богатыми (сложными) ельниками и группы камовых холмов.

На востоке в рамку рис. 12 попадает западная окраина ландшафта Волховской низины (№ 6) — обширного плоского понижения, бывшего дном приледникового водоема. Понижение с поверхности сложено ленточными глинами, дренаж очень затруднен. Преобладают вторичные мелколиственные леса (на месте коренных южнотаежных ельников) и верховые болота. В самую южную часть рассматриваемой территории попадают небольшие участки Лужско-Плюского ландшафта (№ 5) и Верхне-Лужского ландшафта (№ 7). В их климатических особенностях, а также характере растительного покрова обнаруживаются черты перехода от южной тайги к подтайге. Генетически и морфологически оба ландшафта очень различны. Первый характеризуется широким развитием камовых холмов, сочетающихся с песчаными озерно-ледниковыми равнинами. Те и другие покрыты сосновыми борами. Второй — типичная низменная моренная равнина, абрадируемая озерно-ледниковыми водами, очень слабо дренированная и генетически близкая выше описанному Лужско-Оредежскому ландшафту. Однако морена здесь обогащена карбонатами, из-за чего почвы насыщены основаниями, а в лесах много широколиственных элементов.

Все описанные ранее свойства геосистем — их структура, функции, динамика, эволюция — наиболее полно раскрываются при изучении ландшафтов. В географических комплексах этого ранга можно проследить сложные соотношения между горизонтальными и вертикальными потоками вещества и энергии и соответственно две системы внутренних географических связей. Если первичной ячейкой для анализа «вертикальных», межкомпонентных взаимосвязей служит фация, то «горизонтальные» (межфациальные) связи можно выявить лишь при изучении ландшафта как целого, т. е. присущих ему сопряженных рядов фаций — от вершин водоразделов до речных русел и водоемов. Подобные фациальные ряды, специфические для каждого ландшафта, служат основой для исследования интеграционных процессов в геосистемах. Важнейший механизм интеграции фаций в урочища, а урочищ в ландшафты заключается в гравитационных потоках вещества, обусловленных рельефом («сверху вниз»). Однако этим не исчерпывается вся сущность межсистемных географических связей, они осуществляются и по некоторым другим «каналам», в том числе биологическим. Известно, например, что комары, выводящиеся в водоемах, погибают на суше и тем самым осуществляют перенос значительных масс материн, в том числе микроэлементов. Можно напомнить также о ветровом переносе пыли, солей, спор и семян растений.

Ландшафт может служить своего рода эталоном для исследования соотношений между динамикой и эволюцией геосистем и для познания сущности эволюции как спонтанного процесса, в ходе которого постепенное количественное накопление новых элементов приводит в конце концов к качественной смене природного комплекса. Одна из главных сторон процесса поступательного развития ландшафта — трансформация его морфологических частей, или подчиненных локальных геосистем (например, появление и разрастание болотных фаций и урочищ среди таежных комплексов, лесных или овражно-балочных в ландшафтах степи и т. п.). Если площадь болотных урочищ, допустим, возросла за какой-то период с 20 или 30% до 50 или 60% от общей площади ландшафта, то это означает, что прежний ландшафт сменился другим.

Причины трансформации ландшафтов могут быть как внешними (изменения макроклимата в зональных или даже планетарных масштабах, тектонические движения),

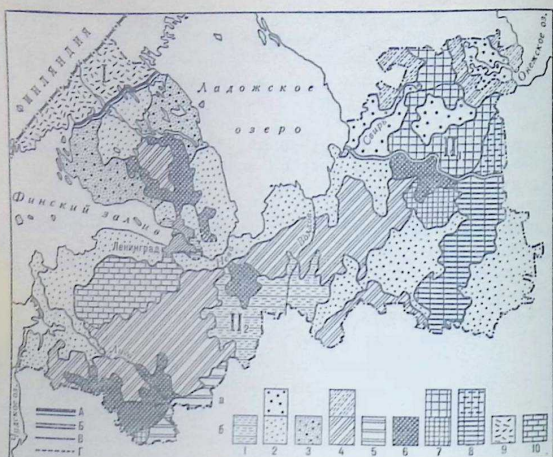


Рис. 13. Ландшафтная структура Ленинградской области

- I. Физико-географическая страна Балтийский щит (Кольско-Карельская область, таежная провинция, южнотаежная подпровинция).
 II. Физико-географическая страна Русская равнина (Северо-Западная область, таежная провинция, П₁ — среднетаежная подпровинция, П₂ — южнотаежная подпровинция).

Тип ландшафтов: восточноевропейские бореальные (таежные).

Подтипы: а — среднетаежные, б — южнотаежные.

Класс: равнинные.

Подкласс: низменные; виды: 1 — озерно-ледниковые заболоченные на ленточных глинах, 2 — озерно-ледниковые и водно-ледниковые заболоченные песчаные, 3 — озерно-ледниковые песчаные дренированные с многочисленными озерами, 4 — моренные заболоченные, 5 — моренные заболоченные на карбонатных валунистых суглинках.

Подкласс: возвышенные; виды: 6 — камовые и озерно-ледниковые (низменно-возвышенные), 7 — холмисто-моренные, 8 — холмисто-моренные на карбонатном известняковом плато, 9 — сельговые грядово-дожбиные на кристаллических породах, 10 — платообразные на ордовикских известняках.

А — границы физико-географических стран и областей, Б — границы подзон и подпровинций, В — границы видов ландшафтов, Г — границы некоторых крупных внутриландшафтных подразделений (подрайонов).

так и внутренними: ландшафты непрерывно эволюционируют и при постоянстве внешних условий в силу их функционирования и противоречивого взаимодействия компонентов, что ведет к неизбежному нарушению сложившегося ранее равновесия (подробнее см. Исаченко, 1965).

Из многочисленных проблем учения о ландшафте следует коротко коснуться принципов классификации ландшафтов.

шафтов. Этот вопрос имеет существенное научное и практическое значение, в частности для оптимизации природной среды. Например, на территории СССР число ландшафтов исчисляется многими тысячами, и при оценке природных условий сельскохозяйственного, рекреационного или другого освоения бывает сложно и просто нецелесообразно анализировать и оценивать каждый ландшафт в отдельности. В этих случаях следует опираться на классификацию, в которой множество ландшафтов сведено в относительно небольшое число типов, классов, видов.

Классификация ландшафтов всей страны разработана в Ленинградском университете в процессе создания ландшафтной карты СССР (Исаченко, 1975). За высшую ступень принят *тип ландшафтов*. В него объединяют ландшафты, имеющие общие зональные и секторные черты в структуре. На территории СССР представлено около 30 типов ландшафтов, в том числе арктические, субарктические (тундровые), бореальные (таежные) восточноевропейские, западносибирские и т. д. По второстепенным и переходным зональным признакам различаются подтипы (например, северотаежные, типичные таежные и южнотаежные в составе бореальных восточноевропейских ландшафтов).

Следующая ступень — *класс ландшафтов*. Для него классификационным признаком служит гипсометрический уровень и наличие или отсутствие высотной поясности. Почти в каждом типе и подтипе различаются два класса ландшафтов — равнинные и горные. Далее они подразделяются на *подклассы*: равнинные — на низинные и возвышенные, а горные — на низко-, средне- и высокогорные. Различия в высотном положении существенно сказываются на всей структуре ландшафтов, так что деление на классы и подклассы имеет принципиальное значение.

Низшая категория классификации — *вид ландшафтов* — объединяет ландшафты, наиболее близкие по своему генезису, структуре и морфологии. Важные видовые признаки — общность типа рельефа и материнских пород.

Иллюстрацией к этой системе может служить схематическая ландшафтная карта Ленинградской области (рис. 13).

Следует подчеркнуть, что классификация ландшафтов не тождественна физико-географическому районированию, хотя между ними есть определенная связь. При класси-

фикации критерием служит только качественное сходство ландшафтов, независимо от того, где они расположены. Однотипные ландшафты отнюдь не обязательно расположены рядом, поэтому ареалы классификационных единиц (особенно нижних ступеней) чаще всего бывают разорванными (это легко заметить на рис. 13). При районировании территориальные связи, целостность территории выступают одним из главных критериев. Всякая региональная единица должна быть представлена на карте единым контуром. Качественное сходство входящих в нее геосистем низших рангов вовсе не обязательно. Чаще физико-географические регионы объединяют разнотипные и разновидовые ландшафты. Так, в состав физико-географической страны Русской равнины входят ландшафты очень разных типов — от тундровых до полупустынных; в Северо-западной таяжской провинции представлены ландшафты многих видов и т. д. (см. рис. 11 и 13)¹.

В заключение следует сказать несколько слов о методах исследования ландшафтов. Начало и основа познания ландшафтов — полевое наблюдение. Главный метод полевого исследования в ландшафтоведении — экспедиционный, т. е. ландшафтная съемка, в ходе которой геосистемы наносят на карту и описывают. Съемка чаще бывает маршрутной и сопровождается выборочной закладкой комплексных профилей и ключевых участков для детального изучения структуры ландшафтов. Фации картографируют, как правило, путем площадной съемки.

Для глубокого познания структуры, функций и динамики ландшафта экспедиционный метод недостаточен и его необходимо дополнить стационарными исследованиями — долговременными круглогодичными наблюдениями на постоянных участках и профилях, с применением точных измерительных приборов. В программу стационарных исследований входит изучение теплового и водного баланса геосистем, миграции химических элементов, динамики биотических процессов, биологической продуктивности. К сожалению, пока еще таких ландшафтных стационаров очень мало. Наиболее значительный опыт стационарных

¹ Понятие «Нечерноземная зона» (рис. 11) не является строго физико-географическим. Пределы ее определяются административными границами областей и автономных республик, поэтому они, как правило, не совпадают с какими-либо географическими рубежами.

ландшафтных исследований накоплен Институтом географии Сибири и Дальнего Востока.

На последующих этапах работы ландшафтоведа — при анализе и синтезе полевого материала, установлении эмпирических зависимостей и разработке теоретических обобщений — используются разнообразные, взаимодополняющие методы; старейший из них — сравнительный географический метод. Картографический метод — анализ и сопоставление карт — следует рассматривать как важнейшую форму применения сравнительного метода. Существенное значение имеет также анализ аэрофотоснимков и космических снимков. К сравнительному методу примыкает исторический метод. Он необходим для исследования динамики ландшафтов и тенденций их развития, для разработки географических прогнозов и включает в себя сравнение разновозрастных карт, аэро- и космических снимков, изучение литературных, археологических и других материалов. Сюда же относятся пыльцевой анализ, дендрохронологический метод, различные способы определения абсолютного возраста.

К новейшим тенденциям в развитии методики ландшафтных исследований следует отнести внедрение *математических методов* (в том числе использование математической статистики, теории вероятностей, математической логики и некоторых других разделов современной математики) и *моделирования*.

Географы всегда пользовались различными моделями изучаемых объектов. Ключевой участок ландшафта, линия профиля — не что иное, как натурные модели природного комплекса. Карта — особенно типичная географическая модель. Известны также графические модели геосистем, отражающие связи между компонентами или подчиненными системами, потоки вещества и энергии в геосистемах, наконец, математические модели. Очевидно, при изучении ландшафта невозможно ограничиться построением какой-либо одной модели. Следует говорить о целой серии ландшафтных моделей — пространственных, функциональных, динамических.

Различные типы карт, а также профильные графики («вертикальные разрезы») моделируют в основном пространственную структуру геосистем. Рис. 5, 7, 8, 9 можно рассматривать как графические пространственные модели эпигеосферы.

Наибольшее внимание сейчас привлекают функцио-

нальные модели. Такие модели можно строить на основе карт и профилей, дополнив их линиями, стрелками, цифрами, отображающими потоки вещества и энергии, но чаще они строятся в виде графов. Элементарный пример модели такого типа — схема трансформации солнечной энергии в геосистеме (рис. 6). Функциональные модели ландшафта могут быть, по терминологии В. С. Преображенского (1972), моносистемными и полисистемными. Первые выражают лишь межкомпонентные связи внутри элементарных геосистем, т. е. фаций, вторые должны отображать, кроме того, и межсистемные (межфациальные) связи. Создание полисистемных моделей пока еще сопряжено с большими техническими трудностями.

Динамические модели можно представить в виде синхронных графиков временного хода природных процессов в ландшафте или серии функциональных моделей одной и той же системы для разных ее состояний.

Практически все известные примеры содержательных функциональных и динамических моделей геосистем относятся к элементарной единице (фации). Эти модели имеют аналитический характер. Они дают расчлененную характеристику структуры и функций геосистемы по ее отдельным «срезам» — процессам или состояниям. Попытка синтезировать все частные построения в единую модель привела бы к чрезвычайно сложному построению, которое невозможно было бы изобразить на плоскости.

С помощью одних лишь графических моделей вряд ли можно исследовать связи между разными «функциями» ландшафта — его энергетикой, влагооборотом, миграцией элементов, продуцированием биомассы. Здесь на помощь должно прийти математическое моделирование, т. е. построение уравнений (систем уравнений). Математическая модель — наиболее абстрактная и генерализованная форма описания геосистем. Ее построение требует жесткого отбора минимального числа параметров, и, как правило, математическое выражение географических связей дается в вероятностной форме. Поэтому математические модели ни в коем случае не могут заменить все другие типы моделей, применяемых в ландшафтоведении. С одной стороны, само применение математических моделей требует как отправного момента наличия карт и содержательных графических моделей, с другой — результаты математического моделирования можно наилучшим образом использовать после того, как они будут перенесены на карту.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДУ

Пути изучения техногенного воздействия на геосистемы

Воздействие человека на природу стало популярной темой, которой посвящено огромное множество книг и статей. Однако большинство из них затрагивает лишь техногенные изменения отдельных компонентов — земной коры, гидрографической сети и т. д. Особенно много написано о разрушении живой природы. Реже можно встретить труды, в которых рассматриваются изменения *природных комплексов*. При этом нередко оказывается, что комплексный, ландшафтный подход к анализу человеческого воздействия на природную среду ограничивается лишь красиво звучащим заголовком, что же касается содержания, то оно строится по установившемуся отраслевому, или покомпонентному, трафарету: рельеф, воды, растительность и т. д.¹ Подобные работы могут добавить кое-какие новые факты, но они не идут дальше констатации и не дают ничего нового для познания «механизма» человеческого воздействия на природу, для *предвидения* возможных последствий этого воздействия.

Главные трудности оптимизации природной среды обусловлены многообразными проявлениями непредвиденных («косвенных», «побочных») следствий прямого воздействия. Можно до бесконечности нагромождать перечень броских, но в общем тривиальных, «самоочевидных» фактов, нарушения тех или иных компонентов природной

¹ Примером может служить изданная в США книга Ч. Беннета «Человек и экосистемы Земли: введение в географию человеческого воздействия на Землю» (Bennett, 1975). Очевидно, «экосистемы» здесь поставлены для красного словца, в силу того, что это выражение стало чрезвычайно модным, оно придает сочинению «современное звучание» (играя такую же роль, как и определенные стандарты «современности» в архитектуре, оформлении жилых помещений или одежде). Содержание книги построено по отнюдь не современному трафарету: отдельно рассматриваются растительность, животный мир, поверхностные и подземные воды, почвы, рельеф и атмосфера. Ни о каких системах нет и речи.

среды. Но эти факты, сами по себе важные и внушающие законную тревогу, не раскрывают всей сложности и опасности вмешательства человека в природные процессы.

Если мы хотим прогнозировать последствия человеческого вмешательства в жизнь естественно сложившихся природных систем, то необходимо перейти от изучения тех, по преимуществу непосредственных изменений, какие человеческая деятельность вносит в отдельные природные компоненты, к исследованию *нарушения их взаимосвязей*, иными словами, нарушения структуры и функций геосистем.

В таком исследовании различается несколько основных аспектов, отвечающих разным категориям взаимосвязей (и разным типам моделей геосистем).

Во-первых, основываясь на межкомпонентных («вертикальных») взаимосвязях, важно выяснить, какие побочные (вторичные) нарушения в различных компонентах вызовет то или иное вмешательство в самом очаге воздействия, т. е. в геосистеме, непосредственно подвергнувшейся воздействию. Иначе говоря, зная, что произошло «на входе» в систему (например, уничтожение лесной растительности), нужно определить, что мы получим «на выходе», или «на выходах» (в почве, влагообороте, гравитационном звене, тепловом балансе и т. д.).

Во-вторых, исходя из межсистемных («горизонтальных») связей, или сопряженности геосистем, надо определить возможность и степень распространения воздействия за пределами очага, т. е. радиус этого действия. Практически чрезвычайно важно установить зоны влияния любого — позитивного или негативного — воздействия (водохранилищ, дренажных систем, лесных полос, очагов промышленного загрязнения и т. п.).

В-третьих, особо надо подчеркнуть динамический аспект исследования. Всякое вмешательство в естественное функционирование геосистемы вызывает в ней цепь последовательных (стадиальных) смен, своего рода сукцессий. Эти сукцессии могут иметь самый разнообразный характер — деструкционный или ренатурализационный (восстановительный), обратимый или необратимый, длительный или относительно кратковременный. Направленность и скорость «техногенной динамики» геосистем зависят от их устойчивости к внешним воздействиям. Исследование этой устойчивости геосистем — центральная задача в изучении техногенного воздействия на природную среду.

Устойчивость геосистемы и характер динамических смен зависят от структуры самой системы, а следовательно, от уровня ее организации (ранга) и от ее типа (классификационной принадлежности). Реакция на одно и то же воздействие — преднамеренное или непреднамеренное — будет, очевидно, неодинаковой у фации, ландшафта или целой эпигеосферы, а также у геосистем одного уровня, но разных типов или видов (например, мелнирация или тепловое загрязнение дадут разный эффект в ландшафтах таежных и пустынных, горных и равнинных, слабо или сильно расчлененных и т. д.). Дифференцированный ландшафтно-географический подход, следовательно, необходим как при изучении человеческого воздействия на природную среду, так и при разработке мер по ее оптимизации — он позволяет избежать шаблонных решений. К сожалению, даже сами географы не всегда соблюдают основные требования этого подхода, описывая те или иные техногенные воздействия без учета уровня геосистем и рассматривая последние как некие безразмерные природные комплексы, или «ландшафты». Подобный прием не дает конструктивных результатов.

Для того чтобы всесторонне проанализировать техногенные влияния на географические комплексы, следовало бы предварительно систематизировать формы природно-техногенных взаимосвязей, зависящих как от огромного разнообразия самих геосистем, так и от многообразия видов человеческой деятельности. Здесь можно выделить относительно простые парные связи (например, водохранилище — ландшафт определенного вида и типа) и более сложные (большой город — группа смежных ландшафтов и т. п.). Подобные «пары» взаимодействующих природных и техногенных объектов можно рассматривать как особого рода природно-технические, или геотехнические, системы (Ретеюм и др., 1972). Методически за отправную точку для анализа можно было бы принять типологию ландшафтов или физико-географическое районирование, например систематически рассмотреть различные формы природно-техногенных взаимодействий на основе зонального ряда (т. е. в тундре, тайге, пустынях и т. д.) с необходимой внутризональной дифференциацией. Можно в качестве «входа» в природно-техническую систему взаимодействия принять систематизированные источники и формы воздействий (индустриальные, энергетические, сельскохозяйственные, рекреационные и т. п.). Однако каждое направление воздей-

ствий должно рассматриваться не «вообще», а дифференцированно по геосистемам различных уровней и типов.

В настоящее время для такого глубокого и всестороннего анализа еще недостает необходимой информации. Наука накопила огромное количество фактов, но значение их нередко обесценивается из-за отрывочного, отраслевого характера. Факты, относящиеся к техногенным изменениям отдельных природных компонентов, часто не привязаны один к другому и потому несопоставимы и непригодны для синтетического ландшафтно-географического изучения. Для того чтобы изучить техногенное воздействие на геосистемы, необходимо организовать специальные комплексные исследования — экспедиционные и стационарные. Они должны войти в общую методику ландшафтных исследований, которую необходимо дополнить особым разделом — методикой исследования человеческого воздействия на географические комплексы, их структуру, функционирование, динамику. Пока что мы имеем лишь единичные примеры исследований, приближающихся к этому типу.

Далее мы попытаемся рассмотреть лишь некоторые закономерности техногенного нарушения структуры и динамики геосистем. Но для этого следует предварительно обратиться к основным следствиям прямого и косвенного вмешательства человека и его техники в функционирование географических комплексов. Здесь мы вынуждены ограничиться самым кратким обзором, причем целесообразнее всего построить его по основным функциональным звеньям геосистем.

Механическое перемещение твердого материала и нарушение гравитационного равновесия

Нарушение гравитационного равновесия в географических комплексах и усиление выноса или аккумуляции твердых веществ может быть как прямым, так и косвенным следствием хозяйственной деятельности.

Непосредственное техногенное перераспределение твердых масс литосферы осуществляется наиболее интенсивно на территориях горных разработок, а также городов и крупных инженерных сооружений. Общее количество вещества, извлекаемого из литосферы при добыче полезных ископаемых и земляных работах в мире, исчисляется ве-

личной порядка 100 млрд. т в год. Основная часть этого материала извлекается из верхнего 500-метрового слоя земной коры, хотя отдельные рудники и скважины достигают куда большей глубины. В настоящее время около 70% месторождений полезных ископаемых разрабатывается открытым способом.

Прямой и наиболее зримый эффект этой деятельности — появление специфического «техногенного» рельефа — на уровне мезоформ: терриконов (высота их достигает 300 м, а площадь — десятков гектаров), отвалов пустой породы (высотой до 100—150 м, протяженностью до 1,5—2,0 км), карьеров (глубиной до 500—800 м, площадью до нескольких квадратных километров).

Хотя эти образования имеют каждое в отдельности локальный характер (по рангу они сопоставимы чаще с урочищами в ландшафтоведческой таксономии), их комплексы во многих горнопромышленных районах (таких, как Донбасс, Кузбасс и др.), располагаясь на площадях в сотни и тысячи квадратных километров, приобретают региональное значение — на уровне отдельных ландшафтов.

Создание техногенных форм рельефа стимулирует дальнейшие изменения в геосистемах, прежде всего процессы гравигенного характера. Пустоты, образующиеся при подземных выработках, часто вызывают опускания земной поверхности, в результате чего формируются мульды проседания и провалы глубиной до десятков метров. (К таким же последствиям может привести подземная газификация углей, строительство подземных газохранилищ, а также метрополитенов и др.) Терриконы и карьеры дают начало вторичным гравигенным процессам — обвалам, осыпям, оползням. Отвалы и терриконы подвергаются смыву, размыву, развеванию.

Аналогичные явления наблюдаются на территории больших городов (Котлов, 1977). Под тяжестью зданий и других сооружений грунты уплотняются и оседают (на торфяных грунтах оседание достигает 2—4 м)¹, на склонах стимулируется образование оползней, обвалов. Просадки в городах могут быть обусловлены осушением, а также прогревом и иссушением грунтов. Особенно ощутимое оседа-

¹ Наибольшую искусственную нагрузку на верхнюю часть земной коры создают крупные водохранилища, в результате чего могут происходить даже «техногенные землетрясения». Другие факторы дополнительных нагрузок — закачивание в недра жидкостей и газов.

ние поверхности связано с откачкой подземных вод. В Мехико оно достигло 9 м, в Токио — 7 м (скорость оседания в этом городе составляет до 20 см в год), в Москве — 35 см. Площади мутьд оседания в больших городах измеряются сотнями, а иногда даже тысячами квадратных километров и могут захватить целые ландшафты. Для городов характерны аккумуляция «культурного слоя», достигающая 2—8 м, выравнивание поверхности в результате искусственного заполнения грунтом мелких долин, оврагов, балок (глубиной до 40—45 м) и создание некоторых специфических насыпных мезо- и микроформ (дорожные и другие насыпи, дамбы и пр.). Все чаще практикуется создание искусственных намывных грунтов; мощность их большей частью 2—8 м, а в некоторых случаях достигает и 50 м.

В условиях многолетней мерзлоты под влиянием застройки, а также спуска относительно теплых сточных вод мерзлая толща протаивает, что приводит к просадкам глубиной до нескольких метров, образованию термокарстовых впадин, солифлюкции, оползням. В городах, расположенных вне зоны многолетней мерзлоты, некоторые деформации поверхности (главным образом пучение) вызываются увеличением глубины сезонного промерзания грунтов в результате уборки снега, уничтожения растительного покрова, искусственного замораживания грунтов и т. д.

Формирование техногенных форм рельефа — это одновременно и появление нового субстрата, который из-за неблагоприятных физических свойств, высокой кислотности, содержания токсичных веществ (сульфидов, солей и др.) часто малоприспособлен или вовсе непригоден для естественного возобновления растительного покрова и для рекультивации.

Описанные явления относятся к категории локальных, реже — региональных. Площади их распространения в промышленно развитых странах измеряются максимум первыми процентами от всей территории страны. Но эти площади растут, и в отдельных горнопромышленных районах доля поверхности, непосредственно нарушенной при добыче полезных ископаемых, достигает десятков процентов.

Побочный эффект техногенного перемещения горных пород имеет более широкий радиус действия. Прежде всего нарушается режим поверхностных и особенно подземных вод. Так, вследствие большого потребления воды при открытой добыче полезных ископаемых и дренающего

воздействия карьеров подземные воды истощаются на расстоянии, многократно превышающем ширину карьера. Откачка шахтных вод и закачивание воды в поровое пространство горных пород при добыче газа также нарушают водный режим на окружающем пространстве. В условиях слабого естественного дренажа создание насыпей и дамб усугубляет заболачивание. Побочные изменения водного режима в результате добычи полезных ископаемых проявляются иногда на площади, почти в 10 раз превышающей территорию, непосредственно нарушенную разработками.

Насыпные техногенные формы подвержены интенсивному выветриванию и денудации, а отсутствие растительного покрова усугубляет эти процессы. В результате выщелачивания легкорастворимых солей, плоскостного смыва, эрозии, развевания вещества терриконов, отвалов пустой породы, золы и шлака теплоэлектростанций (так же, как и городских свалок) вовлекается в «дальнюю» миграцию, загрязняет поверхностные и подземные воды, воздух. Реки, питающиеся стоком с отвалов, нередко бывают загрязнены сульфатами и другими токсичными веществами на десятки километров. Самовозгорание остатков каустобиолитов в отвалах — источник загрязнения атмосферы (в том числе сернистым газом).

Для оценки более широкого, в конечном счете — глобального эффекта преднамеренного техногенного перемещения твердых масс следует иметь в виду, что вещество, извлеченное из земной коры, в результате его производственной переработки и перераспределения по поверхности земного шара (в одних случаях — рассеивания, в других — концентрации) служит важнейшим источником техногенной миграции химических элементов.

Как ни внушительны масштабы описанного механического воздействия современного производства на твердую земную поверхность, по объему перемещаемого материала и по охвату территории они уступают примерно на целый порядок значению механической обработки почвы, ее рыхления, переворачивания, перемещения. Этим путем «перерабатывается» ежегодно не менее $3 \cdot 10^{12}$ т твердого вещества. Первичный прямой эффект указанного воздействия — изменение физических свойств почвы и, как следствие, повышение биологической продуктивности сельскохозяйственных культур. Однако географическое значение механической обработки почвы этим не ограничивается. Прежде всего надо учесть, что еще до обработки почвы сводится

естественный растительный покров. Уже это обстоятельство существенно сказывается на функционировании геосистем через нарушение биогенного круговорота вещества и энергии. Кроме того, закрепляя почву и грунты, растительный покров служит важнейшим стабилизирующим фактором в геосистемах с неустойчивым гравитационным равновесием. Поэтому его уничтожение в сочетании с механической обработкой почвы, резко ослабляющей сцепление твердых частиц, приводит к нарушению гравитационного равновесия и развитию вторичных («побочных») гравитационных процессов — смыва почвы, линейной эрозии, дефляции.

Из 15 млн. км² обрабатываемых площадей (около 10% всей площади суши) не менее 6—7 млн. км² подвержено эрозии. Ежегодно эрозия и дефляция уносят из ландшафтов суши миллиарды тонн почвенных частиц. В интенсивно эродируемых районах (например, бассейн Хуанхэ) потери достигают 30—37 т/га. Пыльная буря, разыгравшаяся в США 11 мая 1934 г., унесла за одни сутки в среднем по 1 т/га почвы с площади 300 млн. га. Вынос материала сопровождается, с одной стороны, образованием эрозионных и эоловых форм рельефа и, с другой — аккумуляцией наносов в понижениях, заиливанием водоемов, образованием мелей в реках. В этом случае преобразование рельефа — целиком косвенный результат человеческого воздействия. Все формы рельефа создаются природными процессами, которые в естественных условиях ослаблены в силу сложившегося относительного равновесия между силами сцепления и тяготения.

Толчок интенсивному механическому перемещению почвенно-грунтового материала дает не только распахка, но и выпас скота, особенно в условиях аридного климата и легкого механического состава почв. Эоловый рельеф пустынь в значительной степени обязан своим существованием именно этому фактору.

Наконец, надо заметить, что для того, чтобы резко нарушить гравитационное равновесие во многих ландшафтах, достаточно только свести естественный растительный покров, без какого-либо воздействия на почву. Наиболее чувствительны к этому горные ландшафты, где истребление лесов активизирует эрозию, обвалы, осыни, лавины, селевые потоки.

Многие из перечисленных процессов имеют региональное значение и стали типичными для целых зон. Важней-

шая особенность вторичного гравигенного переноса твердого материала, которую всегда надо иметь в виду при функциональном анализе геосистем, — его практическая необратимость.

Изменение влагооборота и водного баланса

Влагооборот в природных комплексах с древнейших времен служит объектом человеческого воздействия. Практически непосредственному преобразованию доступно одно из звеньев влагооборота — сток. Перспективы регулирования количества атмосферных осадков в сколько-нибудь ощутимых региональных масштабах представляются проблематичными¹.

Следует выделить два принципиально различных направления в преобразовании стока и влагооборота: 1) прямое гидротехническое воздействие на *водные объекты*, включая регулирование водного режима рек, перераспределение стока, а также забор воды на производственные и другие нужды; 2) преобразование водного баланса на *водосборах*, т. е. воздействие на процессы формирования стока (и тем самым на источники водного питания рек) преимущественно путем изменения растительного покрова, почвы, отчасти также рельефа. Второе направление непосредственно и нередко глубоко затрагивает функционирование геосистем, первое имеет более косвенное, но не менее существенное отношение к интересующей нас проблеме.

Регулирование расходов и перераспределение речных вод при современном уровне гидротехнического строитель-

¹ В настоящее время искусственный вызов осадков путем введения ядер конденсации в переохлажденные облака дает лишь эпизодический, локальный эффект. При этом выпадение осадков над одним участком «компенсируется» их уменьшением над другими, так что в целом дополнительного количества осадков не выпадает, получается лишь их перераспределение.

Существует, однако, предположение, что в ближайшем будущем под влиянием крупных мелиораций (преимущественно орошения) произойдет сильное увеличение испарения, и это будет способствовать выпадению дополнительных осадков на обширных территориях. Изменение термического режима Земли под влиянием производства, а также загрязнение Мирового океана (в частности, образование нефтяной пленки, препятствующей испарению) могут вызвать нарушения влагооборота в глобальных масштабах (Дроздов, Сорочан, 1976).

ства стало обычным делом. Наиболее серьезные географические последствия вызываются искусственными водохранилищами. Общий объем искусственных водохранилищ мира близок к 5 тыс. км³, т. е. они способны вместить примерно 13% годового стока рек. Практически, учитывая что полезный объем составляет около 40% полной емкости водохранилищ, они регулируют около 2 тыс. км³ вод паводков и половодий, что позволяет увеличить устойчивый сток рек всего земного шара почти на 15%. Экономический эффект от создания водохранилищ общеизвестен: образование подпора дает возможность получать электроэнергию, увеличиваются меженные расходы рек (для Волги, Днепра, Дона — в 2—4 раза), а тем самым улучшаются условия судоходства и водоснабжения, предотвращаются наводнения; облегчается использование воды для орошения и обводнения сельскохозяйственных земель, а также для переброски в другие районы.

Однако перечисленные выгоды сопряжены с многими неблагоприятными физико-географическими последствиями, которые существенно снижают, а иногда и сводят на нет экономический эффект от сооружения водохранилищ.

Появление водохранилища — это прежде всего замена наземных геосистем водным природным комплексом со специфическими для него гидрологическими процессами, гидрохимическим и гидробиологическим режимами, аккумуляцией донных осадков и т. д. Такая замена производится на 0,3% площади суши. Искусственное водохранилище — *природный* комплекс, функционирующий согласно законам, действующим в естественных водоемах. Однако естественный режим здесь нарушен искусственным регулированием уровня. При сработке уровня в меженный период может обнажиться до 50% площади дна. На Куйбышевском водохранилище попеременно затопливается и обнажается 3 тыс. км², на Рыбинском — 2,5 тыс., на Цимлянском — 1,5 тыс. км². Таким образом, появляются геосистемы с крайне своеобразным «водно-наземным» природным режимом.

Наиболее существенные преобразования создаются, следовательно, в верхнем бьефе. Потеря затопленных земель, среди которых значительную часть могут составлять ценные сельскохозяйственные угодья, уже сама по себе приносит существенный экономический ущерб. (Мы не касаемся здесь других экономических аспектов: перенесение на новые места населенных пунктов, создание дамб

для защиты городов от затопления, подготовка ложа и др.) В нижнем бьефе изменение гидрологического режима (прекращение поемости) сказывается иногда на протяжении десятков и даже сотен километров, из-за чего деградируют пойменные геосистемы.

Кроме того, крупные водохранилища прямо и косвенно влияют на ландшафты окружающих территорий. Этой проблеме посвящены довольно многочисленные исследования (см., например, Дьяконов, 1975; Вендров и Дьяконов, 1976). Отметим лишь основные вторичные процессы: перестроение берегов (размыв, активизация оползней, обвалы, провалы); подпор грунтовых вод, повышение их уровня и подтопление пониженных участков, отсюда — заболачивание лесов, сельскохозяйственных и других угодий; изменение местного климата (выравнивание температурного режима, увеличение влажности воздуха, изменение скорости и направления ветра и др.). Характер этих воздействий и их пространственные пределы зависят от многих причин, и прежде всего от структуры прилегающих ландшафтов, а также от параметров самого водохранилища. Важная задача — установить зоны влияния с учетом характера и интенсивности его проявления в различных природных комплексах. Так, наиболее разностороннее и интенсивное воздействие — гидрологическое и гидрогеологическое, климатическое и др. — сказывается в прибрежных урочищах, далее оно постепенно ослабевает. Практически значимое климатическое воздействие самых крупных водохранилищ ощущается на расстоянии 1—3 км, хотя приборы могут регистрировать его в 10 и даже 30—45 км от берегов (Вендров и Дьяконов, 1976, с. 85—86).

Косвенное влияние регулирования рек может наблюдаться на отдаленных территориях и акваториях. Особенно чувствительны к изменениям расходов рек внутренние водоемы, уровень которых испытывает прогрессирующее понижение. Сокращение расходов крупнейших рек, текущих с юга на север и несущих большое количество тепла, таких, как Обь, может вызвать определенное ухудшение термических условий в низовьях и неблагоприятные изменения ледового режима в приустьевых районах морей.

В водохранилищах отлагается часть речных наносов, в результате чего сокращается твердый сток, рост дельт и вынос твердого материала в море.

В настоящее время большую актуальность приобретает проблема переброски части стока северных рек Европейской части СССР и Западной Сибири в аридные районы. Опыта подобных гидротехнических мероприятий нет, поэтому трудно предвидеть все возможные последствия. Очевидно, их можно разделить на локальные и региональные. Первые могут затронуть непосредственно долины рек и прилегающие полосы водоразделов, при этом главными факторами станут создаваемые на трассах переброски водохранилища. Кроме того, можно ожидать оживления или затухания эрозионных процессов в связи с увеличением расходов одних рек и превращением других в «антиреки» (например, Сухоны, Онеги). Серьезной перестройки ландшафтов на водоразделах, по нашему мнению, вряд ли следует ожидать, поскольку процессы формирования стока на водосборах непосредственно не будут затрагиваться.

Одним из самых радикальных способов преобразования водного баланса наземных геосистем на уровне отдельных ландшафтов следует считать искусственное орошение, на которое уходит не менее $\frac{3}{4}$ забираемой из рек воды. В мире искусственно орошается примерно 2,2 млн. км² (1,5% площади суши). В среднем на 1 га расходуется 12—14 тыс. м³ воды, что составляет слой в 1200—1400 мм. Значительная часть воды, используемой на орошение, теряется на инфильтрацию в каналах и на непродуктивное испарение и лишь около половины транспирируется культурными растениями.

Суммарное испарение с орошаемых полей — важнейший фактор не только влагооборота, но и теплового баланса. По сравнению с естественными условиями пустынь на орошаемых землях испарение возрастает во много раз (в тропиках — до 20 раз). При этом расходуется большое количество тепла и сильно уменьшается его турбулентная отдача в атмосферу. Однако озеленение поверхности приводит к уменьшению альбедо и сокращению эффективного излучения. Поэтому радиационный баланс в оазисах возрастает. Средняя температура воздуха и почвы повышается, а суточная амплитуда ее уменьшается на 10—12°. Влажность воздуха увеличивается на 10% и более.

Под влиянием орошения и растительности преобразуются и почвы оазисов: создаются благоприятные условия для развития микроорганизмов, повышается усвояемость питательных веществ и содержание их в результате от-

ложения ила. Однако в условиях интенсивной инфильтрации и слабого дренажа может подняться уровень минерализованных грунтовых вод, что вызовет вторичное засоление. Другие возможные побочные следствия орошения — заболачивание, разрушение структуры почв, эрозия и ухудшение медико-географической обстановки (возникновение природно-очаговых заболеваний, таких, как малярия, шистозоматоз и др.).

В ландшафтах с неустойчивым и недостаточным атмосферным увлажнением (лесостепь, степь) водный баланс может измениться без изъятия речных вод в результате преднамеренного или непреднамеренного преобразования стока на водосборах в процессе сельскохозяйственного освоения территории. Эти изменения не столь радикальны, как в оазисах, но имеют более широкий радиус действия, являясь типичными для целых ландшафтных провинций. Примитивная агротехника с неглубокой вспашкой и отсутствием специальных мер по задерживанию влаги на полях приводит к потере запасов почвенной влаги и усилению поверхностного стока. Перехват паводочной части стока при более совершенных методах земледелия позволил бы, по мнению М. И. Львовича (1974), увеличить ресурсы почвенной влаги в лесостепи и степи СССР на 15—20 км³ в год. Правда, при этом суммарный сток уменьшится примерно на 10%, но это оправдывается значительным повышением биологической продуктивности геосистем.

Особенно большое значение как фактору преобразования водного баланса в лесостепных условиях М. И. Львович придает зяблевой пахоте, которая повышает инфильтрационную способность почвы и тем самым запасы почвенной влаги, сокращает поверхностный сток и, по-видимому, несколько увеличивает питание грунтовых вод.

Эффективно воздействуют на водный баланс лесные полосы: они не только перехватывают весенний сток с полей, но и задерживают снег, уменьшают непродуктивное испарение. Травосеяние в сочетании с удобрениями также увеличивает инфильтрацию почвы и сокращает поверхностный сток. Дополнительный эффект дает снегозадержание. Аналогичное действие имеет террасирование склонов. Выпас, способствуя уплотнению почвы, увеличивает сток (в том числе и в лесу). В целом любые меры по интенсификации земледелия и повышению урожайности, а следовательно, и транспирации ведут к перестройке водного баланса в сторону сокращения поверхностного стока.

Вместе с тем уменьшается интенсивность смыва почв и эрозии.

В зоне избыточного увлажнения основным фактором воздействия на водный баланс служит осушительная мелиорация. Осушение болот приводит к иссушению и осадке торфяной толщи, иногда к ее развеванию и полному разрушению. Сначала сток с осушенных болот обычно возрастает, но насколько будет устойчивой эта тенденция, нельзя ответить однозначно. В различных ландшафтах процесс, очевидно, может идти по-разному, и существенное значение имеет последующее использование осушенных болот. При создании на их месте высокопродуктивных сельскохозяйственных угодий может оказаться, что для обеспечения транспирации необходимо будет периодически применять искусственное орошение.

Наконец, несколько слов следует сказать об изменениях водного баланса в городах. С одной стороны, застройка, искусственные покрытия, водостоки, уборка снега — все это уменьшает инфильтрацию и способствует усилению поверхностного стока. С другой — откачка подземных вод и снижение пьезометрических уровней на десятки и даже сотни метров могут привести к уменьшению и даже практическому прекращению грунтового питания рек. Это произошло, в частности, с рекой Москвой в пределах Москвы. Для формирования локального, «городского» водного режима немаловажное значение имеет подпор грунтовых вод, создаваемый подземными сооружениями, уплотнение грунтов, что может привести к подтоплению, затоплению подвалов, а нередко и к конденсации влаги под зданиями. Для Ленинграда специфическую положительную роль играет увеличение мощности насыпного грунта и соответственно общее поднятие поверхности города: отчасти благодаря этому сокращается площадь, подвергающаяся затоплению при нагонных подъемах воды в Неве.

Нарушение биологического равновесия и биогенного круговорота веществ

Органический мир — один из самых чувствительных к человеческому воздействию компонентов геосистем, и он подвергся наиболее сильному преобразованию. Об уничтожении одних видов, сокращении численности других, переселении на новые места третьих написано очень много

(см., например, Дорст, 1968; Ленькова, 1971; Эренфелд, 1973). Здесь мы не будем рассматривать эти вопросы, нас интересует лишь географическое значение преобразований органического мира. В связи с этим наибольший интерес представляет не столько судьба отдельных видов или популяций, сколько *перестройка биоценозов*. Причины ее крайне многообразны: случайный занос отдельных видов, нашедших для себя «экологические ниши» в новых геосистемах (кролики, водяной гиацинт, различные сорняки, насекомые-вредители и др.), сознательная акклиматизация, или интродукция, изменение экологических условий (в результате мелиорации, загрязнения и т. п.), нерациональное, бесхозяйственное использование биологических ресурсов (вырубка леса, хищническая охота, лесные пожары, неумеренный выпас и т. п.), наконец, прямое уничтожение естественных ценозов с частичной заменой их искусственными сообществами.

Всякая перестройка биоценоза одновременно означает изменение связей не только внутри него самого (т. е. биотических), но и между биоценозом и абиотическими компонентами геосистемы. Уже приводились примеры нарушения гравитационного равновесия и водного баланса в связи с изменениями растительного покрова. Помимо этого преобразование растительного покрова как главной части биоценоза и продуцента первичной биомассы ведет к более или менее серьезным нарушениям «геохимических функций» геосистем. Растительность (вместе с бактериями) — мощный геохимический фактор. Биологический метаболизм играет важнейшую роль в круговороте таких элементов, как углерод, кислород, азот, фосфор и др. Поэтому с уничтожением или перестройкой растительного покрова неизбежно нарушается общий геохимический круговорот многих особенно подвижных элементов.

По географическому значению на первое место следует поставить вырубку лесов. Площадь лесов на Земле сократилась, по-видимому, не менее чем на 30 млн. км², что составляет 20% от всей площади суши. Часть лесных площадей заменена пашнями и лугами, часть застроена или занята зарослями кустарников, пустошами, незакрепленными песками и другими непродуктивными угодьями. Лес — важный стабилизирующий фактор в геосистеме, поддерживающий неустойчивое равновесие между ее компонентами, которое создается в условиях расчлененного рельефа, слабых грунтов, многолетней мерзлоты, экстремального

климата (с недостатком или избытком тепла и влаги). Поэтому его сведение дает толчок различным вторичным процессам, которые могут вызвать необратимые изменения в структуре ландшафтов. В результате вырубки леса, а также корчевания корней, уничтожения подстилки из локального круговорота изымается большое количество азота, кальция, фосфора и других элементов, что приводит к обеднению почвы.

Нарушение травяного и кустарникового покрова в тундре, степях, пустынях — главным образом в результате нерационального выпаса скота (перегрузки пастбищ) — сопровождается разрушением почвы, потерей почвенной влаги, развеванием легких почв. По-видимому, скотоводство ускорило процесс естественной аридизации Сахары, которая несколько тысячелетий назад была обитаемой. Отчуждение сначала первичной биологической продукции пастбищ животными, а затем вторичной — человеком ведет к нарушению биогенного круговорота элементов и истощению почв.

Замена естественных биологических сообществ культурными, как правило, приводит к количественному уменьшению общей биологической продуктивности, хотя ее качественный состав, с точки зрения человека, улучшает. Впрочем, это происходит не всегда. Некоторые «культурные» угодья (например, пастбища в Тропической Африке) продуцируют меньше белков, чем естественные биоценозы, существовавшие на их месте. Естественные биоценозы не требуют затрат на поддержание и более устойчивы к болезням и стихийным бедствиям.

Мы уже упоминали некоторые географические следствия создания культурных ценозов на обрабатываемых почвах. К этому надо добавить несколько слов об изменении биогенного круговорота элементов. В культурных ценозах ежегодно вместе с урожаем из почвы отчуждаются сотни миллионов тонн зольных элементов и азота. Так, с урожаем пшеницы выносятся (в кг на 1 га): азота — 70, фосфора — 30, калия — 50, кальция — 30; с урожаем картофеля — соответственно 90, 40, 160, 76 (Дювиньо и Танг, 1968). Для таких культур, как свекла, картофель, масличные растения, ежегодное изъятие составляет 300—700 кг/га. Согласно П. Дювиньо, теоретически в течение 15—150 лет почва со средним содержанием минеральных веществ может быть полностью истощена. Наиболее неустойчивым равновесием минеральных веществ обладают почвы, фор-

мирующиеся в условиях влажного климата и интенсивного выщелачивания, т. е. подзолистые и особенно латеритные. Естественные биоценозы поддерживают баланс, а разведение монокультур (сахарный тростник, кофе, какао, кукуруза, арахис и др.) наиболее резко нарушает его. Практически «зрелые» тропические почвы не содержат азота, фосфора, кальция и очень бедны другими биогенными элементами.

Человек, непосредственно изымая с урожаем минеральные элементы, косвенно способствует усиленному выносу их из почвы путем механической обработки последней. В США, например, в 30-е годы с полей ежегодно смывалось в реки 1,5—3,0 млрд. т почвенных частиц, и почвы теряли до 40 млн. т азота, калия и фосфора.

Как известно, убыль (и вообще недостаток) элементов минерального питания стараются компенсировать внесением удобрений. Потребление химических удобрений в мире быстро растет. Однако внесение удобрений не может восполнить всех потерь. На Лёссовом плато в бассейне Хуанхэ с полей смывается в 100 раз больше азота, калия и фосфора, чем вносится с удобрениями. Кроме того, применение удобрений, из-за того, что они не полностью усваиваются растениями, сопровождается некоторыми нежелательными побочными явлениями. Каждая последующая прибавка урожая требует значительного увеличения дозы удобрений. В результате до 40—50% и более вносимых в почву удобрений (что составляет десятки и даже сотни кг/га) вымывается с полей.

Таким образом, значительная часть потребляемых в мире химических удобрений вовлекается в неконтролируемую водную миграцию. Многие из веществ, содержащихся в удобрениях (например, нитриты), характеризуются высокой биохимической активностью и «попутно» пагубно влияют на организмы.

Серьезные проблемы возникают в связи с растущим применением пестицидов, содержащих токсичные фосфорорганические и хлорорганические соединения. С одной стороны, ядохимикаты заодно с вредителями и сорняками уничтожают полезные растения и животных, а с другой — насекомые-вредители вырабатывают иммунитет, и приходится увеличивать дозы и изобретать все новые виды ядовитых веществ. Кроме того, пестициды, попадая в пищевые цепи, прогрессирующим образом накапливаются в тканях организмов по мере перехода от низших звеньев

цепи к высшим. Так, если принять концентрацию печально известного ДДТ в почве за 1, то в организме дождевых червей он составит 10—20, у глухаря — 200 единиц, а в тканях хищных птиц его концентрация многократно возрастает, но максимальное содержание этого ядохимиката может оказаться в тканях человеческого организма стоящего на вершине пищевой пирамиды. Свойства химикатов, подобных ДДТ, определяют возможность их распространения далеко за пределы того участка, где они были применены, так что в конечном счете их круговорот приобретает глобальные масштабы.

«Поведение» химических веществ, преднамеренно или непреднамеренно вводимых в биогенный круговорот, в большой степени зависит от структуры геосистем и от характера межсистемных связей. Известно, например, что эффективность удобрений зависит от характера почвы. Так, высокое содержание кальция задерживает вынос из почвы различных элементов. Токсические вещества сравнительно быстро удаляются из фаций, формирующихся на легком субстрате, сухой почве, со слабо развитой подстилкой, тогда как в других фациях они способны надолго задерживаться. Многие растения обладают избирательной способностью к поглощению тех или иных техногенных веществ, в том числе радиоактивных (лишайники, например, способны захватывать их непосредственно из воздуха), и тем самым способствуют дальнейшей передаче их по пищевым цепям или накоплению в геосистемах. Пестициды в условиях холодного климата с длительной зимой разлагаются медленнее, чем в теплом климате, в почвах кислых и гумусированных — медленнее, чем в щелочных и малогумусных.

Таким образом, нарушение биологического равновесия в геосистемах может иметь далеко идущие последствия с различным радиусом действия. Наиболее глубокие изменения, затрагивающие практически все функции геосистем, проявляются в локальных масштабах: полная перестройка биоценозов, нарушение гравитационного равновесия, преобразование водного баланса, теплового баланса и микроклимата, баланса веществ в системе почва — биоценоз. Однако эти нарушения не имеют строго локализованного характера. Частично они могут распространяться на более обширные пространства через сток, транспортировку и аккумуляцию наносов, трофические связи и водную миграцию биогенных химических элементов.

Глобальное хозяйственное воздействие на органический мир сказалось прежде всего на общем уменьшении запасов биомассы и ее ежегодного продуцирования, а тем самым на нарушении баланса углекислоты и в меньшей степени — свободного кислорода в атмосфере. В известной мере это отразилось и на глобальном круговороте некоторых биологически активных элементов земной коры. Теоретически можно ожидать и некоторое изменение мирового влагооборота, однако количественную оценку дать трудно из-за противоречивого характера различных воздействий на осадки и сток. (В целом замена естественной растительности пашнями должна привести к увеличению стока и сокращению испарения.) Теоретически преобразования растительного покрова скажутся и на тепловом балансе земной поверхности. Так, согласно М. И. Будыко (1974), создание орошаемых земель уменьшило альбедо всей земной поверхности приблизительно на 0,03%, и это должно привести к повышению средней температуры у поверхности Земли примерно на 0,07°.

Существенный интерес представляет вопрос об устойчивости и обратимости изменений, обусловленных тем или иными нарушениями биотического компонента геосистем. Что касается искусственных ценозов, в особенности монокультур, то устойчивость их крайне низка и поддерживается исключительно постоянным вмешательством человека. Естественные биоценозы — уникальные элементы геосистем, способные к самовоспроизводству и самовосстановлению (разумеется, при условии сохранения их генофонда). Уничтожение генофонда — абсолютно необратимый процесс. При наличии генофонда сообщества могут восстанавливаться различными путями, с разной скоростью. Восстановление может быть полным или неполным — в зависимости от биологических и биоценологических особенностей самого сообщества (хвойный лес, например, требует около 100 лет для своего восстановления, а кедровый — даже 200—250) и от того, насколько нарушено равновесие между биоценозом и другими компонентами геосистемы, насколько необратимо изменились эти компоненты, образующие среду биоценоза.

В случае далеко зашедшей деградации почв, интенсивной вторичной эрозии или засоления и т. п. трудно рассчитывать на возможность возвращения биоты к своему первоначальному состоянию. (Условно сюда же можно отнести и те случаи, когда уничтожение животных, напри-

мер, копытных в степях, исключает возможность полного восстановления растительного покрова.) Необратимость изменений органического мира усугубляется экстремальными условиями его существования, например, на границах ареала лесов. В этих ситуациях производные сообщества нередко оказываются более устойчивыми и могут практически завершить антропогенные сукцессионные смены. По-видимому, таким образом на месте субэкваториальных лесов сформировались многие саванновые ландшафты.

Наиболее надежно обеспечивается восстановление коренного покрова при оптимальных условиях его существования и в геосистемах с малонарушенной структурой (например, на плакорных равнинах типичной тайги, лесостепи и др.), особенно когда этому процессу содействует человек. Разумеется, при этом не обязательно должна преследоваться цель восстановления первичных ценозов в точности. Они могут быть реконструированы с помощью интродукции других видов, мелиорации, рационального хозяйственного использования.

Воздушная миграция техногенных выбросов

Техногенный круговорот химических элементов — одно из самых специфических и трудно контролируемых проявлений человеческого воздействия на природу в эпоху НТР. Существует много способов — прямых и косвенных — техногенного воздействия на миграцию элементов в эпигеосфере. С одной стороны, человек косвенно усиливает или ослабляет естественные геохимические процессы, влияя на интенсивность стока, денудации, инфильтрации и т. п., но не выходя при этом за рамки химических реакций, происходящих в природной среде. С другой стороны, в процессе производства в результате перегруппировки атомов создаются тысячи новых соединений, многие из которых не могут образоваться в естественных условиях. Помимо многочисленных синтетических полимеров это разнообразные побочные продукты, например двуокись азота (NO_2), которая образуется в двигателях внутреннего сгорания при высокой температуре.

Часть полученных веществ предназначена для непосредственного химического воздействия на среду (удобрения, ядохимикаты), но большинство вводится в геохимический круговорот непреднамеренно, в виде отходов

производства, различных отходов, использованных промышленных изделий.

По массе вещества, вовлеченного в техногенный круговорот, на первом месте среди элементов земной коры стоит углерод, далее следуют кальций, железо, алюминий, хлор, натрий, сера, азот, фосфор, калий, медь, цинк и др. За счет добычи из недр человеком перераспределяется и рассеивается фосфора в 36 раз больше, чем выносятся всеми реками земли, железа и свинца — в 13, меди — в 12, цинка — в 11 и т. д.

В результате хозяйственной деятельности человека большинство элементов, концентрирующихся в месторождениях, выносятся из глубинных толщ к поверхности, рассеивается и затем попадает в почву, где они концентрируются и дают начало таким процессам, например, как «оже-знение».

Техногенные элементы мигрируют в воздушной и водной средах. Попадают они туда различными путями — как в результате прямого выброса газов, аэрозолей, сточных вод, так и вследствие разложения, окисления, выщелачивания, размыва и сгорания твердых отходов, накапливающихся в отвалах пустой породы, золы и шлака, на городских свалках, а также из почв сельскохозяйственных угодий.

Основной продукт сжигания топлива — двуокись углерода. Выхлопные газы автомобилей, кроме того, содержат окись углерода (3%), углеводороды (0,5%), окислы азота (0,06%), альдегиды (0,004%), частью канцерогенные, сернистый газ (0,006%), токсичные соединения свинца и другие вредные вещества.

Помимо газов в атмосферу попадают твердые продукты сжигания топлива и пыль, поставляемая цементной, угольной, металлургической, абразивной, гипсовой промышленностью, а также пыльными бурями. Главный компонент пыли — кремневый ангидрид, или кремнезем; кроме того, в ней могут содержаться свинец, цинк, мышьяк, никель, кобальт, сурьма и др. В городах воздух запылен продуктами износа автопокрышек, обуви и т. д. Поведение различных техногенных примесей в атмосфере и участие их в последующих звеньях круговорота веществ зависят как от их физико-химических свойств, так и от структуры геосистем. Более крупные твердые частицы поднимаются лишь на сотни метров и довольно быстро оседают под действием силы тяжести. Мелкие частицы либо вымываются атмо-

сферными осадками, либо месяцами находятся во взвешенном состоянии, перемещаясь на сотни и тысячи километров. Самые мелкие частицы (<1 мкм) распространяются почти по всей тропосфере и годами не выпадают на земную поверхность.

Все техногенные газы, за исключением окиси углерода, тяжелее воздуха и рассеиваются преимущественно в нижнем 3-километровом слое тропосферы. Многие из них вступают между собой в реакции и дают вторичные продукты, часто обладающие токсичными свойствами. Так, под воздействием солнечного света двуокись азота взаимодействует с углеводородами и образует наиболее опасный компонент лос-анджелесского смога — пероксиацетилнитрат (ПАН).

Из-за подвижности воздушной среды атмосферные загрязнения способны распространяться на большие расстояния от источников выбросов. Дымовые и пылевые облака распространяются на десятки и сотни километров. Сернистый ангидрид, выбрасываемый электростанциями и промышленными предприятиями Англии, Бельгии, Франции, ФРГ и Люксембурга, выпадает в скандинавских странах, Финляндии и СССР. В самой Англии выпадает лишь $\frac{1}{6}$ собственных промышленных выбросов (чем она, по-видимому, в немалой степени обязана высоким трубам!). Копоть и сажа из промышленных центров Европы отлагаются на горных ледниках. Рассмотрим сначала основные черты «поведения» важнейших техногенных элементов.

С *двуокисью углерода* (CO_2), которой ежегодно выбрасывается в атмосферу не менее 10—15 млрд. т, человек вводит в круговорот огромное количество углерода, накопленного организмами в земной коре. К сожалению, сейчас трудно дать более или менее точную оценку баланса двуокиси углерода в атмосфере. Так или иначе концентрация углекислоты в воздушной оболочке возрасла, по некоторым данным, за последние 10 лет с 0,028 до 0,032 %, т. е. на 12% (Man's impact... 1970). Возможно, баланс двуокиси углерода будет выравниваться благодаря механизмам саморегуляции в эпигеосфере. Еще в 1934 г. А. Е. Ферсман указывал, что повышение парциального давления углекислого газа должно усилить растворяющее действие угольной кислоты, содержащейся в циркулирующих водах, перенос и перекристаллизацию карбонатных пород и вынос двуокиси углерода в океаны (это может привести к увеличению концентрации карбоната кальция).

Известно, кроме того, что повышение концентрации углекислоты в воздухе стимулирует фотосинтез. А если учесть, что продуктивность земледелия должна повыситься в ближайшие 20—30 лет в несколько раз, то следует ожидать интенсивного изъятия двуокиси углерода из атмосферы, вплоть до того, что некоторых исследователей беспокоит близкая перспектива ее нехватки и поиск дополнительных источников углерода.

Далее, можно предположить, что часть избытка двуокиси углерода будет растворяться в водах Мирового океана. Правда, следует учитывать, что поглощают ее только холодные воды, а теплые выделяют, и трудно определить, в какой степени эти процессы сбалансированы. Наконец, надо полагать, что в будущем расточительное сжигание угля, нефти и газа резко сократится.

Повышенная концентрация двуокиси углерода в воздухе и в воде локально проявляется в усилении растворяющего действия водных растворов на известняки, доломиты, а также на бетон. Но основное географическое и экологическое значение возрастающей концентрации в атмосфере—это возможность ее влияния на тепловой баланс Земли.

Окись углерода (CO) выбрасывается главным образом двигателями внутреннего сгорания, кроме того, примерно 200—300 млн. т ее (только в США — 100 млн. т) ежегодно поступает при переработке нефти. Из-за своей легкости она распространяется по всей толще тропосферы, и ее средняя концентрация незначительна (0,0001—0,00015%), однако в локальных условиях (в крупных городах) она достигает 0,02—0,04%. Окись углерода частично поглощается водами океана, частично окисляется в озоновом слое до двуокиси углерода.

Сернистого ангидрида (SO₂) выделяется 100—300 млн. т в год (в США—33 млн. т) при сжигании и переработке нефти, сжигании, коксовании и газификации угля, сжигании сланцев, выплавке цветных металлов, производстве серной кислоты, цемента, резины, целлюлозы, «извергается» терриконами и т. д. Он частично поглощается известняками, океаническими водами и растениями. На частицах дыма сернистый ангидрид каталитически окисляется до серного ангидрида (SO₃). Растворяясь в воде, он превращается в серную кислоту, которая образует растворимые соли. Последние выпадают с атмосферными осадками. В крупных промышленных центрах ежегодно в атмосферу выбрасываются десятки и даже сотни тысяч тонн

SO₂. Сернистый ангидрид токсичен. Он оказывает вредное влияние на древесную растительность (с ним связывают, в частности, массовую гибель пихты в некоторых районах Западной Европы). Лишайники погибают уже при концентрации SO₂ 0,01—0,02 на 1 млн. В почве окислы серы взаимодействуют с другими веществами, пагубно влияют на микроорганизмы, повышают кислотность почв.

Окислы азота выбрасываются преимущественно с выхлопными газами автомобилей, а кроме того, предприятиями, производящими азотно-туковые удобрения, взрывчатые вещества, синтетический аммиак и др. Общие размеры их эмиссии в мире — около 50 млн. т в год, в том числе 20 млн. т — в США.

Выделение *углеводородов* также связано главным образом с автомобильным транспортом (ежегодно в США их выделяется 32 млн. т, во всем мире — не менее 50 млн. т). Это главные источники фотохимического смога.

В воздухе городов обнаруживаются все новые вещества (в лос-анджелесском смоге найдено около 600 различных соединений); многие из них не известны в естественных условиях и их влияние на живые организмы еще не изучено.

Особая проблема — *радиоактивное загрязнение* атмосферы. После вступления в силу Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой (1963) вероятность радиоактивного заражения атмосферы значительно уменьшилась, тем не менее уровень загрязнения остается выше природного. Часть радиоактивных продуктов ядерных взрывов выпадает вблизи района испытаний, часть разносится воздушными потоками по всему земному шару, причем с исключительной быстротой. Продукты взрыва, произведенного в штате Невада (США) 7 марта 1955 г., через 5 дней были обнаружены в Ленинграде (Радиоактивное загрязнение внешней среды, 1962, с. 166).

Радиоактивные изотопы (стронций-90 с периодом полураспада 28 лет, цезий-137 с периодом 30 лет и под-134 — 8 дней) попадают из атмосферы в почву с атмосферными осадками и пылью, растворяются в почвенных водах, поступают в пищевые цепи или переносятся далее со стоком. Лишайники способны захватывать их непосредственно из атмосферы. По мере прохождения по пищевой цепи концентрация радиоактивных изотопов увеличивается. Некоторые организмы могут накапливать их в сотни и тысячи

раз больше против фонового содержания. Наиболее опасны изотопы с длинным периодом полураспада, в особенности стронций-90, который поедается скотом с травой и попадает с молоком в организм человека, где усиленно поглощается костями, как эквивалент кальция. Однако и под-131, несмотря на короткий период полураспада, способен концентрироваться в щитовидной железе домашних животных, а иногда и человека. Стронций-90 интенсивно накапливается в растениях из рода *Vaccinium*, в частности в бруснике. В водоемах он не адсорбируется, поэтому рыбы накапливают его менее интенсивно, чем растения.

Миграция радиоактивных изотопов в большой степени зависит от характера геосистем — от их рельефа, почвы и других особенностей. Так, по исследованиям, проведенным в Англии, оказалось, что стронций-90 накапливается в луговой растительности и в костях овец на холме с кислыми торфяными почвами в несколько раз быстрее, чем в долине с бурыми пылеватыми нейтральными почвами (Дювиньо и Танг, 1968).

Наиболее интенсивное и разностороннее отрицательное действие техногенных примесей наблюдается, естественно, в непосредственной близости от источников загрязнений, главным образом в крупных городах и промышленных центрах. Классическим примером стал Лос-Анджелес, в котором 3 750 тыс. автомашин ежедневно выбрасывают 530 т окислов азота, около 10 тыс. т двуокиси углерода, 2 тыс. т углеводородов и т. д. (Баттан, 1967). В Токио ежегодно поступает в атмосферу около 2,5 млн. т газообразных выбросов. В крупных промышленных городах, таких, как Токио, Лондон, Ливерпуль, Питтсбург, на каждый 1 км² площади ежегодно выпадает по 400—700 т сажи и пыли. В Лос-Анджелесе только вследствие истирания автопокрышек каждые сутки в воздух попадает 50 т пыли.

Эффект этих явлений не ограничивается прямым влиянием на здоровье людей. Приведем лишь несколько дополнительных фактов. Повышенное содержание ядер конденсации и сублимации в воздухе вызывает локальное увеличение облачности на 5—10%, туманов — на 100% зимой и на 30% летом, осадков — на 5—10%. Смог уменьшает поступление солнечной радиации (особенно ее ультрафиолетовой части) на 30—40%. Сернистый ангидрид усиливает коррозию железа в городах в 20 раз по сравнению с сельской местностью, а алюминия — в 100 раз. Под воздействием серной кислоты, содержащейся в атмосфере-

ных осадках, стены зданий подвергаются химическому выветриванию, в результате которого образуется сравнительно легко растворимый гипс (Детри, 1973).

Концентрация техногенных примесей, продолжительность их пребывания в атмосфере, условия осаждения, дальнейшая «судьба», ареал воздействия на биоту и другие компоненты геосистем — все это тесно связано со структурой и состоянием последних. Известно, что замкнутые котловины, температурные инверсии, туманы весьма благоприятны для формирования устойчивых зон интенсивного загрязнения. Влияет и климат на образование разных типов смога. Можно добавить, что слабые морозящие дожди эффективнее осаждают техногенные примеси, чем ливневые. Отрицательное воздействие атмосферных загрязнений на растительность усиливается при сильной освещенности, повышенной относительной влажности воздуха и умеренной температуре, так как при этих условиях открываются устьица листьев (Детри, 1973). Редкостойные леса более подвержены влиянию вредных атмосферных примесей, чем сомкнутые, ибо в них загрязненный воздух легче проникает к растениям. Существенное значение имеют

Кислые почвы, например, интенсивнее аккумулятируют вредные соединения из атмосферы, что приводит к их закислению.

В. А. Дьяконов (1977) исследовала различные техногенные природные территориальные комплексы в зоне влияния промышленного комбината в условиях и выделила две зоны влияния: 1) зону перестройки ПТК и 2) зону выпадения осадков ПТК.

Влияние незначительного, локального воздействия исследованное К. Н. Дьяконовым в районе нефтяного факела одного из нефтяных месторождений Западной Сибири на природные комплексы окружающей территории.

Влияние очагов загрязнений не кончается на границе практически улавливаемого воздействия. Ничтожные количества примесей, рассеиваемые за пределами «зоны воздействия», ареалом влияния в конечном счете делают всю тропосферу. Впрочем, как мы уже видели, многие опасные выбросы, в том числе радиоактивные, могут давать вполне ощутимый разовый эффект практически в глобальных масштабах. Оценивая роль техногенных примесей в атмосфере, следует особо выделить энергетическое значение накопле-

ния двуокиси углерода и аэрозолей. (Этот вопрос рассматривается в одном из последующих разделов данной главы.)

Наконец, надо иметь в виду, что в тех случаях, когда техногенные примеси выпадают из атмосферы, их миграция, как правило, на этом не кончается — она продолжается в других звеньях круговорота — биогенном и водном. Часть этих примесей поглощается организмами через устьица растений и органы дыхания животных. Одни техногенные компоненты атмосферы (CO_2 , CO) поглощаются непосредственно из воздуха водами рек, озер и Мирового океана. Другие (в том числе SO_2) переходят в водное звено круговорота с атмосферными осадками или в виде осаждающейся пыли; в дальнейшем они через почвенные растворы или водоемы могут быть вовлечены в биогенный цикл либо с поверхностным и подземным стоком попадают в океан, где завершают свой круговорот.

Водная миграция техногенных выбросов

Большинство техногенных выбросов проходит через водный цикл миграции. Этот цикл охватывает многие звенья: атмосферные осадки, канализационные стоки, внутрипочвенный, грунтовый, плоскостной (поверхностный) и русловой сток, циркуляцию внутренних водоемов и Мирового океана.

Наиболее прост путь выбросов, попадающих непосредственно в реки и водоемы через канализацию. Это преимущественно промышленные и бытовые стоки. Их общий мировой объем составляет около $500 \text{ км}^3/\text{год}$, и они загрязняют более чем 10-кратный объем речных вод. (С орошаемых полей в реки возвращается 600 км^3 более или менее загрязненных вод.) Основное количество техногенных выбросов в водотоки и водоемы дают химическая, нефтеперерабатывающая, пищевая, целлюлозно-бумажная и некоторые другие отрасли промышленности. В промышленных стоках содержатся различные кислоты, фенолы, сероводород, аммиак, а также ртуть, свинец, фтор, мышьяк, кадмий и другие токсичные соединения, отработанные технические масла, нефтепродукты. В бытовых стоках содержатся вещества, обладающие высокой биохимической активностью и образующие обильную пену. К факторам прямого загрязнения рек и водоемов следует отнести водный транспорт и молевой сплав.

Однако помимо сброса сточных вод через канализацию, существуют более сложные и значительно труднее поддающиеся учету и контролю пути поступления различных хозяйственных и бытовых стоков в водоемы. Источниками их служат сельскохозяйственные земли, загрязненные удобрениями и ядохимикатами, животноводческие фермы и пастбища, рекреационные угодья, отвалы и терриконы, свалки промышленных и бытовых отходов. На свалках собирается большое количество органических веществ, металлического «скрапа», который медленно окисляется, практически неразложимых твердых продуктов (прежде всего — миллионы тонн пластмассового мусора) и химически активных, нередко токсичных отходов химической, атомной и других отраслей промышленности. Так, в 1971 г. в ФРГ на одной из свалок было обнаружено 350 т мышьяка, в других местах — сотни бочек с цианистым калием. Не исключается утечка (через подземные воды) радиоактивных отходов, захороненных в подземных полостях.

Из-за плоскостного смыва (преимущественно талыми снеговыми и ливневыми водами), а также инфильтрации в почвогрунты часть вещества из скоплений твердых отходов вовлекается в водную миграцию. Таким образом плоскостные стоки, имеющие широкий радиус действия, загрязняют почвенные и грунтовые воды. Их трудно локализовать и изолировать от биологического круговорота на суше.

Естественными коллекторами загрязненных поверхностных и грунтовых вод, как и канализационных, оказываются реки и водоемы. Не удивительно, что многие даже крупные реки, такие, как Рейн, Огайо и др., превратились в сточные канавы. Однако реки выполняют в основном транзитную роль. Правда, некоторая часть отходов накапливается на речном дне (широко известный пример — река Потомак у Вашингтона, где слой слежавшихся отбросов и фекалий кое-где достиг 3 м; дно многих сплавных рек устлано затонувшими бревнами). В речной воде происходит так называемое самоочищение: часть органических примесей разрушается и минерализуется — главную роль в этом процессе играют микроорганизмы и водоросли. В конечном счете отходы, попадающие в реки, выносятся в океан и отчасти во внутренние водоемы, так что загрязнение рек — процесс обратимый.

Среди природных комплексов суши наиболее серьезной трансформации под воздействием мигрирующих с водой

техногенных и других отбросов подвергаются внутренние водоемы — озера и водохранилища. В отличие от рек они характеризуются сильно замедленным влагооборотом (вода, содержащаяся во всех реках земного шара, в среднем «обновляется» благодаря стоку каждые 11 суток, а вода всех озер могла бы обновиться только через 7 лет, т. е. интенсивность оборота у озер примерно в 230 раз меньше). Поэтому в озерах и водохранилищах условия самоочищения хуже чем в реках. Непрерывное поступление и накопление веществ-загрязнителей ведет к резким изменениям гидрохимического и гидробиологического режима.

Водная флора и фауна чувствительно реагируют на токсичные вещества, содержащиеся в детергентах, пестицидах, промышленных отходах (ртуть и др.), в результате ухудшаются условия существования ихтиофауны, а также птиц (вследствие потери кормовых ресурсов, непосредственного воздействия нефтепродуктов и масел и т. д.). Многие озера превращаются в «мертвые» водоемы. Примером служит озеро Эри в США, в которое в 60-х годах ежегодно поступало до 38 млн. м³ промышленных стоков, а кроме того, рассеянные сельскохозяйственные стоки, загрязненные минеральными удобрениями и пестицидами.

За последние 20—30 лет широко распространилось явление антропогенной евтрофикации водоемов, обусловленное увеличением концентрации в воде азота и особенно фосфора. Подробную сводку по этому вопросу дал Л. Л. Россолимо (1977). Вещества, стимулирующие развитие автотрофных водных организмов, поступают в озера и водохранилища как с сосредоточенным (речным, канализационным) стоком, так и с рассеянным стоком с сельскохозяйственных, рекреационных и других угодий. В США сброс фосфора с коммунальными стоками составил в 1970 г. 120 тыс. т против 18 тыс. т в 1940 г. (Коммонер, 1974).

Повышение концентрации фосфора, азота и углерода вызывает бурное развитие сине-зеленых водорослей и «цветение» водоемов. Так, биомасса водорослей в озере Эри у Кливленда возросла с 1930 по 1960 г. в 12 раз, а к 1969 г. увеличилась еще вдвое. Это влечет за собой резкое обеднение воды кислородом, так как его интенсивно расходуют бактерии, разлагающие растительные остатки. В результате сильно ухудшаются условия жизни рыб и беспозвоночных. Вся система окислительно-восстановительных

процессов нарушается, расширяется зона с анаэробным обменом, в результате восстановительных процессов выделяются сероводород, аммиак, метан. В ряде случаев эти тенденции усугубляются сбросом нагретых вод тепловыми и атомными электростанциями.

Процесс антропогенной евтрофикации проточных водоемов не является необратимым, он поддается регулированию путем предотвращения сброса веществ-евтрофикаторов, удаления их и органической массы из водоемов, увеличения проточности последних.

Конечное звено водной миграции различных техногенных выбросов — *Мировой океан*. Значительная часть посторонних примесей в водах суши, не перехваченная биологическим круговоротом, заканчивает свой путь в океане, присоединяясь к нефтепродуктам и промышленным отходам, которые сбрасываются непосредственно в воды океана, а также к техногенным осадкам из атмосферы. Все это в совокупности обуславливает прогрессирующее загрязнение Мирового океана, который оказывается наиболее «потерпевшей стороной» в глобальном техногенном круговороте веществ. Загрязнение океана — большая проблема, которая должна служить предметом специальных исследований. Здесь подчеркнем лишь два обстоятельства. Процесс загрязнения океана в значительной мере необратим. Масштабы этого процесса могут иметь большое географическое значение в силу континуальности океанической среды, огромной площади Мирового океана и его выдающейся роли в формировании структуры всей эпигеосферы (в частности, ее теплового баланса, влагооборота и газообмена).

Техногенные изменения теплового баланса

Тепловой баланс земной поверхности и атмосферы преобразуется в результате косвенных последствий многих других техногенных воздействий. Энергетический эффект различных факторов часто оказывается противоположным, и его суммарная оценка затруднительна.

Техногенные факторы изменения теплового баланса и температурного режима можно разбить на 4 группы.

1. *Преобразование подстилающей (субаэральной) поверхности* главным образом путем изменения растительного покрова и увлажнения (вырубка лесов, создание оазис-

сов, осушение болот и др.), создания водохранилищ, искусственных покрытий в городах, запяления поверхности снега и льда, образования нефтяной пленки в океанах. Все эти факторы воздействуют на радиационный и тепловой баланс через изменение отражательной способности и интенсивности испарения. Локальный эффект, а кое-где и региональный (на нижних ступенях) бывает весьма значительным. Один из наиболее ярких примеров — оазисы, о которых уже говорилось. Глобальный эффект искусственного орошения выражается, согласно М. И. Будыко (1974), в повышении средней температуры воздуха на $0,07^{\circ}$.

Создание водохранилищ приводит к некоторому увеличению радиационного баланса, при этом в условиях избыточно влажного климата основная часть этого прироста расходуется на турбулентный обмен с атмосферой, а в аридных условиях — на испарение. Осушительные мероприятия ведут к увеличению потока тепла от земной поверхности в атмосферу. В городах на тепловой режим влияет резкое сокращение испарения и аккумуляция солнечного тепла камнем, бетоном, кирпичом, асфальтом (Кратцер, 1958).

2. *Техногенное тепло*, поступающее в атмосферу в результате производства энергии. Вся вырабатываемая энергия в конечном счете превращается в тепло. При этом не менее $\frac{2}{3}$ энергии, содержащейся в потребляемом топливе, не используется в производстве из-за низкого КПД и рассеивается непосредственно в атмосфере в виде тепла (часть тепла выбрасывается с нагретой водой, используемой для охлаждения на тепловых и атомных электростанциях). В среднем за год в атмосферу поступает примерно $5 \cdot 10^{16}$ ккал техногенного тепла, или около $0,01$ ккал/см², что составляет около $0,006\%$ от величины солнечной радиации, поглощаемой земной поверхностью и атмосферой. М. И. Будыко (1974) полагает, что это дает повышение средней температуры воздуха у земной поверхности на $0,01^{\circ}$. Но в наиболее развитых странах эффект выделения техногенного тепла может быть более чувствительным. В США еще в 1963 г. выделялось $9,5 \cdot 10^{15}$ ккал тепла, т. е. $0,15$ ккал/см², что составляет около $0,2\%$ от средней величины годового радиационного баланса (Man's impact..., 1970). В крупных городах количество выбрасываемого в атмосферу тепла измеряется десятками и сотнями килокалорий на квадратный сантиметр в год.

3. *Увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере.* Роль этого фактора служит предметом дискуссий. Усиление парникового эффекта должно вести к повышению температуры, однако этому сопутствуют изменения облачности и некоторые другие взаимосвязанные процессы. Повышение температуры тропосферы должно сопровождаться ее понижением и образованием облаков в стратосфере, а это приведет к увеличению потерь солнечной радиации на отражение.

4. *Увеличение содержания аэрозоля в атмосфере.* Запыленность воздуха способствует образованию облаков и увеличивает величину отраженной радиации Солнца, но, с другой стороны, усиливая поглощение длинноволнового излучения, повышает парниковый эффект. Соотношение этих противоположных тенденций еще недостаточно ясно. По мнению М. И. Будыко (1974), изменение концентрации атмосферного аэрозоля в настоящее время снижает среднюю годовую температуру приблизительно на $0,5^{\circ}$ и наиболее резко это понижение выражено в высоких широтах.

Как мы видим, суммарный тепловой эффект техногенных факторов наиболее четко и ощутимо проявляется локально, особенно в городах, где действуют все 4 группы факторов. Определяющее значение имеет при этом непосредственный выброс тепла, количественно превышающий величину солнечной радиации в несколько раз. Кроме того, играет роль сильная запыленность воздуха, вследствие чего в атмосфере над городами может поглощаться до 20% и более солнечной радиации (особенно ультрафиолетовой ее части), а также повышенное содержание углекислоты, наконец, аккумуляции тепла зданиями, асфальтовыми покрытиями и т. д. и изменение альбеда (у загрязненного снега, например, оно в два раза ниже, чем у чистого). В результате средние годовые температуры воздуха в городах на $1-2^{\circ}$ выше, чем в окрестностях, разница зимних температур может достигать $6-7^{\circ}$, а минимальных — еще больших величин.

Благодаря циркуляции атмосферы локальные контрасты в тепловом балансе сглаживаются, но тем самым кумулируется действие отдельных техногенных очагов и создается глобальный эффект. Именно в силу этого обстоятельства города спасаются от сильного перегрева (постоянный выброс техногенного тепла в атмосферу должен был вызвать повышение температуры воздуха в больших городах на десятки градусов), но в перспективе может воз-

никнуть опасность повышения температуры всего приземного слоя тропосферы.

Оценки возможных нарушений теплового баланса, изменений климата и других сопряженных географических процессов еще ненадежны и противоречивы. Это обусловлено, во-первых, слабой изученностью природного фона, т. е. изменений (поступательных и ритмических), происходящих в атмосфере в силу естественных внешних и внутренних причин (под влиянием колебаний солнечной активности, поступления вулканической пыли, автоколебательных процессов в системе атмосфера—океан—оледенение и др.); во-вторых, неполнотой и неточностью информации о различных составляющих техногенного воздействия на тепловой баланс; в-третьих, недостаточным знанием механизма техногенных воздействий и саморегулирования атмосферных процессов.

По мнению М. И. Будыко (1974), при современных темпах роста производства энергии через 100—200 лет дополнительное количество тепла на Земле будет сравнимо с величиной радиационного баланса континентов, что теоретически может привести к повышению средней температуры воздуха к середине XXI в. приблизительно на 1° , а к 2070 г. — более чем на 3° . Этого будет достаточно, чтобы полностью растопить сначала морские льды, а затем и материковые ледниковые покровы. Отсюда должно последовать повышение уровня Мирового океана и преобразование глобального влагооборота. Прогрессирующий разогрев атмосферы мог бы компенсироваться увеличением концентрации аэрозоля примерно на целый порядок, что маловероятно, учитывая предпринимаемые меры по предотвращению загрязнения атмосферы. В подобных прогнозах следует принимать во внимание обратное влияние на тепловой режим таяния льдов и ряд других, пока еще мало известных обратных связей.

Результаты техногенных воздействий на планетарном уровне пока что несоизмеримы с естественными колебаниями теплового баланса. Это видно из того, что усиливающееся поступление техногенного тепла и углекислоты не смогло компенсировать общего понижения температуры, наблюдаемого в последние десятилетия. (За последние 30 лет температура воздуха на Земле понизилась на $0,2^{\circ}$, тогда как за предшествующие 40 лет она повысилась на $0,5^{\circ}$.) Но без участия техногенного фактора понижение температуры могло быть еще более значительным.

Некоторые закономерности изменения структуры геосистем под влиянием человеческой деятельности

Деятельность человека, как это видно из предшествующего краткого обзора, вызывает разного рода нарушения в функционировании природных комплексов и так или иначе изменяет их структуру. Почти нет ландшафтов, которые не испытали бы прямого или косвенного воздействия человеческого общества. На этом основании некоторые географы считают возможным утверждать, будто на Земле почти не осталось природных ландшафтов и большинство из них заменено «антропогенными ландшафтами» (Мильков, 1973). Вопрос об «антропогенных ландшафтах» достаточно сложный и дискуссионный. Подробный разбор существующих точек зрения на этот предмет занял бы слишком много места, поэтому мы отсылаем читателя к другим работам, где дается критический анализ концепции так называемого антропогенного ландшафтоведения (Исаченко, 1974а, 1974б, 1976а) и сосредоточим наше внимание на существовании тех трансформаций геосистем, которые обусловлены вмешательством человека в природные процессы.

Прежде всего необходимо подчеркнуть, что, как бы сильно ни был изменен ландшафт человеком, он остается частью природы и полностью подчиняется ее законам. Человек не в состоянии отменить природные законы развития ландшафтов, он не может сгладить основные естественные различия между ландшафтами тундры и пустыни, гор и равнин, задровых полей и лёссовых возвышенностей. Оазис, созданный в пустыне, остается частью пустыни, точно так же как вырубка или пашня в тайге принадлежат таежной зоне и будут принадлежать ей до тех пор, пока действуют зональные закономерности или пока мы не научимся управлять поступлением солнечной радиации, глобальной циркуляцией атмосферы и тектоническими движениями.

Перестройка отдельных компонентов, например растительного покрова и водного режима, возведение различных сооружений — далеко не достаточные основания для того, чтобы говорить о появлении нового, «атропогенного» (т. е. буквально «созданного человеком», или рукотворного) ландшафта. Во-первых, даже в случаях самого ин-

тенсивного вмешательства человека в структуру и функции природного ландшафта, например в крупнейших городах, остаются практически неизменными (и продолжают влиять на жизнь людей и на их хозяйство) геологический фундамент, макрорельеф, климат, т. е. «первичные» компоненты ландшафта. Вряд ли когда-либо удастся сравнить климат Норильска и Сочи, «упразднить» условия, создаваемые для строительства и освоения территории вечной мерзлотой, избежать трудностей, возникающих при прокладке метрополитена в Ленинграде или, например, в Ташкенте.

Во-вторых, человек не создал новых компонентов ландшафта, он лишь внес в него *новые элементы*: посевы и искусственные насаждения — элементы растительного покрова, каналы и водохранилища — элементы гидрографической сети, карьеры и терриконы — элементы рельефа и т. д. Среди этих элементов следует различать объекты искусственные, не существующие в дикой природе (инженерные сооружения — здания, дороги и др.), и естественные, которые человек лишь переносит из одного ландшафта в другой или по-разному группирует (например, виды и сообщества растений и животных). Существуют новые элементы как бы смешанного типа, например водохранилища, созданные из природных компонентов, но при помощи искусственных инженерных сооружений.

Любые новые элементы ландшафта выступают в нем как аналоги естественных объектов. Те и другие действуют в системе природных связей, выполняя аналогичные функции в качестве физико-механических, геохимических, биологических агентов. С другой стороны, они в равной мере подвергаются воздействию природных процессов. Различные искусственные сооружения, из каких бы материалов они ни были построены, подвергаются выветриванию, подобно горным породам; заброшенные каналы меандрируют; терриконы разрушаются эрозией; водохранилища испаряют воду, заполняются наносами и зарастают; культурные фитоценозы испытывают мощное давление со стороны представителей природной растительности и животного мира.

Основное отличие «новых» элементов ландшафта от «старых», т. е. коренных, природных, состоит в их неустойчивости. Они не способны к самостоятельному существованию и развитию без постоянной поддержки чело-

века. Ландшафт как бы стремится отторгнуть эти элементы как инородные тела и восстановить нарушенное равновесие. Посевы или домашние животные, предоставленные самим себе, гибнут или дичают, вырубки вновь зарастают лесом, здания разрушаются, водоемы заиливаются и зарастают.

Всякий ландшафт, измененный человеком, как правило, менее устойчив, чем первичный ландшафт, ибо естественный механизм саморегуляции в нем нарушен. Поэтому некоторые экстремальные отклонения параметров внешней среды, которые «гасятся» в естественном ландшафте, могут оказаться катастрофическими для ландшафта «антропогенного»: единичный ливень смывает верхний слой почвы, однодневный заморозок губит культурную растительность, пыльная буря за несколько дней уносит сотни миллионов тонн почвы и т. п. (Дзерdzeевский, 1968).

Устойчивость — важнейший критерий оценки любого новообразования в геосистемах. Очевидно, утверждать появление «антропогенного» ландшафта мы вправе только в том случае, если перед нами действительно новая и устойчивая природная система, созданная человеком, способная к дальнейшему развитию, т. е. необратимая.

Полностью отрицать возможность создания таких систем нельзя, однако такая возможность осуществима при строго определенных условиях, в частности она находится в обратной зависимости от уровня (ранга) геосистем. Чтобы перестроить геосистему или создать на ее месте «новую», необходимо создать иную структуру, иную устойчивую систему внутренних и внешних связей. Как известно, геосистемы — это системы открытого типа, через которые непрерывно проходят потоки вещества и энергии. Изолировать геосистему от внешних воздействий невозможно. Значит, для того чтобы получить новые и устойчивые изменения в структуре геосистемы, нужно, очевидно, либо преобразовать ее внешнюю среду, либо перестроить систему внутренних связей, но таким образом, чтобы эта новая система связей находилась в устойчивом равновесии со средой. Общей средой всех ландшафтов служит эпигеосфера. О сколько-нибудь существенной перестройке ее основных параметров, связанных со свойствами Земли как планеты и влиянием космических факторов, говорить не приходится. Однако, как это следует из приведенных ранее фактов, определенная перестройка струк-

туры эпигеосферы не исключена, поскольку техногенное энергетическое и геохимическое воздействие может приобрести глобальные масштабы. Если это воздействие достигнет критических рубежей, оно «автоматически» скажется на всех подчиненных эпигеосфере геосистемах. Но такое «преобразование» означало бы катастрофу для человечества, и надо полагать, что дело до этого не дойдет, так как народы Земли смогут ввести эффективную международную систему контроля над состоянием и изменением своей общей природной среды.

Таким образом, реальный путь преобразования конкретных природных комплексов состоит в воздействии на их внутренние связи путем перестройки тех или иных компонентов. В этом отношении человечество не может пожаловаться на недостаток опыта. Но из этого опыта следует, что нельзя добиться устойчивых изменений в природном комплексе путем воздействия на *любой* его компонент, как утверждают некоторые авторы. Изменение животного мира, например, вряд ли повлечет за собой перестройку климата и рельефа с геологическим фундаментом. Но достаточно изменить любой из трех последних компонентов, чтобы животный мир, а также растительность и почвы отреагировали бы на это соответствующим образом.

Для оценки результатов стихийного или целенаправленного воздействия на геосистемы важно различать две группы компонентов — назовем их условно первичными и вторичными. К первым относятся твердый фундамент и воздушные массы, ко вторым — все остальные. Наиболее устойчивых изменений в структуре геосистем можно добиться путем *преобразования первичных компонентов*. Это объясняется тем, что указанные компоненты играют роль основных входов, через которые в геосистему поступают энергия и вещество извне, и образуют как бы начальные звенья в цепи внутренних взаимодействий. Им принадлежит определяющее значение в дифференциации геосистем и формировании их пространственных рубежей. Твердый фундамент вместе с рельефом не восстанавливается; следовательно, и сам фундамент, и все, что с ним связано, — необратимо. Напомним, что с изменением рельефа связано нарушение гравитационного равновесия, а все гравитационные процессы имеют одностороннюю направленность, они необратимы. Поэтому появление карьеров, оврагов и т. п. образований — это именно те случаи,

когда понятие «антропогенный природный комплекс» может употребляться с наименьшими натяжками.

Биотические компоненты обладают способностью восстанавливаться после нарушения — в этом заключается их важнейшее стабилизирующее значение в геосистемах (Сочава, 1974б). Иначе говоря, они обладают свойством поддерживать устойчивость геосистем и их обратимые изменения.

Однако преобразование твердой поверхности, а также атмосферных процессов, как правило, ограничено локальными масштабами — «микро- и мезоуровнями», т. е. микро- и мезорельефом, микро- и местным климатом. Отсюда следует вывод о том, что практически сколько-нибудь существенные, устойчивые перестройки геосистем возможны на уровне систем локальных рангов — морфологических частей ландшафта. При открытых горных разработках или заполнении грунтом оврагов фации и урочища могут быть не только изменены, но даже уничтожены или заменены «новыми». Степень устойчивости естественных геосистем в отличие от их разного рода нарушенных вариантов, или модификаций, находится в прямой зависимости от ранга, т. е. растет «снизу вверх» — от фаций к урочищам, ландшафтам, зонам и т. д. Игнорирование иерархии геосистем при оценке человеческого воздействия, когда целая ландшафтная зона, и куча камней на обочине дороги, и даже скотопроезд рассматриваются как качественно равноценные и одинаково антропогенные «ландшафты», — грубая ошибка некоторых сторонников идеи «антропогенного ландшафта».

Собственно ландшафт — значительно более сложная и устойчивая по отношению к человеческому воздействию система, чем урочища и фации. Если создание карьеров и отвалов имеет катастрофическое значение для некоторых урочищ, то это еще не означает появления «нового» ландшафта. Перспективы создания нового фундамента для ландшафта представляются довольно проблематичными. Пример радикального преобразования ландшафта — осушение морского дна. Но, разумеется, само морское дно имеет чисто естественное происхождение, так же как и климат и вся внешняя природная среда ландшафта. «Новый» ландшафт на морском дне представляет собой чрезвычайно неустойчивую систему, существующую только при постоянном поддержании искусственного режима.

По-видимому, в качестве наибольшего приближения к созданию новых ландшафтов можно рассматривать расширение площади суши в результате искусственного намывания грунта. Но и в этом случае природа отнюдь не «уничтожается» и не «заменяется»: естественным путем в ландшафт поступают солнечная радиация и атмосферные осадки, под насыщенным грунтом остается «старый» фундамент со всеми его свойствами (сейсмичностью, например). Вторжение в сложившиеся соотношения суши и моря вызовет активизацию береговых процессов, которые будут стремиться «отторгнуть» новый ландшафт.

На уровне ландшафта и геосистем более высоких рангов самым существенным преобразованиям подвергаются «вторичные» компоненты: биота, почвы, водный режим. Их перестройка вызывает, как правило, лишь частичное и преимущественно обратимое нарушение структуры ландшафта. Относительно устойчивые (необратимые) изменения наблюдаются при следующих условиях:

1. Человеческая деятельность дает толчок процессам, к которым ландшафт уже подготовлен в силу заложенных в нем естественных тенденций. Такая ситуация складывается в ландшафтах с неустойчивым равновесием, перекрывающих быструю эволюцию, богатых реликтовыми элементами, а также расположенных в экстремальных условиях (например, на границах зон). В подобных случаях бывает достаточно небольшого толчка, специально рассчитанного или случайного, чтобы нарушить равновесие и вызвать вторичные процессы, которые ускорят развитие «прогрессивных элементов» (по выражению Б. Б. Полькова) в ландшафте. Это может быть и заболачивание, и деградация многолетней мерзлоты, и оврагообразование, и остепнение или опустынивание. В естественных условиях такие процессы часто сдерживаются стабилизирующими факторами; человек, косвенно содействуя развязыванию скрытых тенденций, снимает стабилизирующее начало, каковым чаще всего служит растительность.

Благодаря способности растительного покрова к восстановлению механизм саморегуляции в ландшафте невозможно нарушить полностью. Кроме того, вступают в действие отрицательные обратные связи, которые затормаживают вторичные процессы. Поэтому система стремится восстановить утраченное равновесие, но это будет уже иное равновесие, так как многие изменения необратимы (например, появление эрозионных форм рельефа, проса-

дочных понижений, новых болот, уничтожение лесов на крайних пределах распространения).

Подобные процессы обычно ведут к формированию новых фаций и урочищ в ландшафте и к усилению его морфологической дифференциации. Особенно заметные изменения в морфологии наблюдаются при нарушении гравитационных соотношений в сопряженных рядах фаций и урочищ.

2. Экологически эквивалентная замена одних элементов ландшафта другими. Этот случай относится к перестройке растительного покрова и зооценозов и основывается на сознательном или стихийном использовании экологического потенциала геосистем. Новые элементы легко «вписываются» в ландшафт, если находят для себя благоприятную среду и ранее отсутствовали в силу исторических причин (молодости ландшафта) или его территориальной изоляции (самый типичный пример — острова). Искусственные насаждения, созданные там, где природные условия благоприятны для леса, но последний еще не успел распространиться, будут устойчивыми без дальнейшего вмешательства человека. Примером устойчивого сообщества из вида, никогда ранее не произраставшего в данном ландшафте, может служить Линдуловская лиственничная роща на Карельском перешейке. Еще больше известно примеров непреднамеренной перестройки биоценозов (один из «классических» — катастрофическое расселение кроликов в Австралии).

Замена биоценозов должна в той или иной степени сказаться на круговороте веществ, почвообразовании, влагообороте, но эти изменения не приводят к коренному преобразованию структуры ландшафта, так как указанные процессы в большой степени определяются «первичными» компонентами (которым подчинены в такой же степени и новые биоценозы).

В тех случаях, когда новые элементы не «вписываются» в структуру ландшафта, они, как уже отмечалось, не могут существовать без искусственного режима, поддерживаемого человеком. Лес, посаженный в сухой степи, будет расти только при постоянном накоплении и сохранении влаги в почве и защите от степных трав, суходольные луга в тайге — при непрерывном выкашивании и уходе, осушенные участки — при постоянном поддержании дренажной сети и т. д. Культурные фитоценозы практически все неустойчивы.

Надо заметить, что во многих случаях необратимости антропогенных изменений в ландшафтах оказывается лишь кажущейся. По-видимому, многие казалось бы устойчивые «вторичные» ландшафты саванн и Средиземья представляют собой лишь производные стадии обратимых ренатурализационных (восстановительных) смен: восстановление растительного покрова часто представляет лишь вопрос времени, при этом длительность его усугубляется постоянным вмешательством человека, который может и вовсе воспрепятствовать восстановлению.

Таким образом, мы должны прийти к заключению, что противопоставление «антропогенных» ландшафтов природным ландшафтам не имеет никаких оснований. «Антропогенные» ландшафты иногда рассматриваются как некие автономные системы, оторванные от естественной основы, как будто последняя перестает существовать в поле или в городе. В действительности те объекты, которые с легкой руки некоторых географов получили ходячее название «антропогенных ландшафтов», большей частью представляют собой разнообразные нарушенные состояния природных геосистем или, как их предложил называть еще в 1938 г. Л. Г. Раменский, антропогенные *модификации* природных комплексов. Особенно широко представлены модификации локальных геосистем — урочищ и фаций. Среди них могут быть, как уже отмечалось, и новые системы, приуроченные к техногенным формам рельефа, искусственным водоемам, устойчивым лесопосадкам и т. п., но наиболее многообразны обратимые модификации, чаще всего обусловленные нарушениями растительного покрова. На месте одних и тех же первичных лесных фаций могут образоваться гари, вырубki, суходольные луга, вторичные леса, кустарники, кочкарники, залежи, пашни с различной степенью окультуренности и т. д. Все они представляют собой производные образования, или модификации коренной фации, имеют временный характер и должны рассматриваться как стадии деградации или восстановления. Иначе говоря, все эти модификации могут быть сведены в *единый генетический ряд*.

Отсюда можно сделать еще один важный вывод: исследование различного рода производных модификаций геосистем должно основываться на *динамическом подходе*. Существует вредная тенденция рассматривать каждую более или менее временную модификацию природного комплекса (луг, огород, вторичные кустарники и т. п.)

как самостоятельный «тип», «класс» или «семейство», т. е. классифицировать их по временным признакам, по сиюминутному использованию. Подобный статичный подход дезориентирует практику, лишает ее перспективы, ибо не отражает естественного потенциала того или иного участка и возможностей его повышения. Современное использование отнюдь не всегда наиболее целесообразное, а современное состояние природного комплекса далеко не всегда отвечает его потенциалу. Нельзя, например, оценивать лесные ресурсы на перспективу, если исходить из факта произрастания в данный момент вторичных мелколесий.

Динамический подход предполагает прежде всего выяснение генетической связи каждой модификации геосистемы с ее исходным *инвариантом* (Сочава, 1973) и дальнейший анализ стадийных смен, возникающих как в ходе человеческого воздействия, так и в процессе восстановления, т. е. приближения (разумеется, не всегда полного) к первоначальному, естественному состоянию.

Итак, каждому типу или виду природных ландшафтов отвечает свой ряд, или своя серия, производных ландшафтов, точнее модификаций, обязанных своим существованием вмешательству человека. Подробная классификация такого типа — дело будущего. Пока же в первом приближении можно наметить следующие основные категории производных модификаций ландшафтов:

1. *Условно неизменные, или первобытные, ландшафты*, которые не подвергаются прямому хозяйственному использованию и воздействию; косвенное воздействие (например, осаживание техногенных отходов) затрагивает и эти ландшафты — в Антарктике, высокогорьях и др.

2. *Слабоизмененные ландшафты*, подвергающиеся экстенсивному хозяйственному воздействию (охота, рыбная ловля, выборочная рубка леса), которое затронуло лишь отдельные «вторичные» компоненты, но основные природные связи остаются ненарушенными, и изменения имеют обратимый характер. Сюда можно отнести некоторые тундровые, таежные, пустынные, экваториальные ландшафты, еще не вовлеченные в активное хозяйственное использование.

3. *Нарушенные (сильно измененные) ландшафты*, которые подверглись интенсивному стихийному воздействию, затронувшему многие компоненты, что привело к существенному нарушению внутренних связей в направлении,

часто необратимом и обычно неблагоприятном с точки зрения общества. Ландшафты этой группы широко распространены в разных зонах; они характеризуются такими процессами, как обезлесение, вторичная эрозия и дефляция, смыв почв, заболачивание, засоление, загрязнение вод и атмосферы.

4. *Культурные ландшафты*, т. е. рационально преобразованные ландшафты, в которых структура целенаправленно изменена на научной основе в интересах общества.

КУЛЬТУРНЫЙ ЛАНДШАФТ

Сущность культурного ландшафта и цели его формирования

Понятие о культурном ландшафте имеет почти ту же историю, что и научное понятие о ландшафте вообще. Мы находим его еще у классиков ландшафтоведения Л. С. Берга, С. С. Неуструева и других. Однако долгое время этот термин относили ко всякому измененному человеком ландшафту. Четкости в его трактовке нет и по сей день. Нередко его используют как синоним «антропогенного ландшафта», т. е. безотносительно к уровню природного комплекса и характеру изменений, обусловленных человеческой деятельностью. Так, в литературе появились «культурные ландшафты» городские и сельские, карьерно-отвалы и садово-парковые, промышленные и дорожные и даже «рисовые» и «чайные». Не касаясь здесь несоответствия перечисленных объектов и их смыслового несоответствия научному представлению о географическом ландшафте, укажем лишь на явную несообразность трактовки в качестве «культурных» таких ландшафтов, в которых воздух загрязнен промышленными отходами, вода в реках непригодна для питья, леса истреблены, поверхность изрыта карьерами, поля засорены и малоурожайны и т. д.

Культурный ландшафт, или ландшафт, окультуренный человеком, очевидно, должен представлять собой *улучшенную модификацию* ландшафта естественного; в каких-то определенных отношениях первый должен отличаться от второго более высокими качествами. Понятия «лучше», «хуже», «качество» антропоцентричны: в природе не существует хороших и плохих ландшафтов. Когда мы говорим, что один ландшафт лучше другого, то имеется в виду, что он предпочтительнее с точки зрения человека, точнее — потребностей общества. Следовательно, критерии культурного ландшафта должны определяться общественными потребностями.

Одним из этих критериев, бесспорно, служит высокий экономический потенциал ландшафта. Однако только этого критерия недостаточно. Вряд ли можно считать ланд-

шафт «культурным» лишь потому, что его интенсивно эксплуатируют, «выжимают» из него максимум производственных ресурсов и каждый клочок в нем заселен, застроен или распахан. В таких случаях обычно и получаются стихийно нарушенные ландшафты, в которых временный экономический эффект достигается ценой ухудшения среды обитания человека. Здоровая природная среда должна служить не менее, а скорее более важным критерием культурного ландшафта.

Итак, культурному ландшафту должны быть присущи два главных качества: 1) высокая производительность и экономическая эффективность и 2) оптимальная экологическая среда для жизни людей.

Этими критериями определяются цели и задачи оптимизации ландшафтов. Повышение экономической эффективности ландшафта достигается рациональным использованием и расширенным воспроизводством природных ресурсов. Рациональное использование относится ко всем видам ресурсов, воспроизводство — только к возобновимым, и прежде всего биологическим. Один из главных признаков культурного ландшафта — максимальная биологическая продуктивность (и соответственно интенсивный биогенный круговорот веществ). Другой важный признак повышения «отдачи» ландшафта и вместе с тем сохранения невозобновимых ресурсов и поддержания здоровой среды — эффективная утилизация возобновимых и практически неисчерпаемых источников энергии — солнечной радиации, геотермического тепла, ветра, приливов. Разумеется, при этом предполагается исключение всяких вредных воздействий производства на природную среду. Эти задачи выходят за рамки географии, но у географов здесь — обширное поле деятельности. Главное состоит в том, чтобы осуществление соответствующих инженерно-технических, агротехнических и других мероприятий не вступало в противоречие с целями формирования здоровой среды обитания и не наносило ущерба естественным структурам геосистем, не разрушало их природных «механизмов».

Вторая группа задач лишь условно может быть отнесена к категории экологических. В действительности эти задачи шире, поскольку их постановка выходит за рамки экологических требований: в культурном ландшафте природная среда должна обеспечивать не только биологические потребности людей, но и условия для их всесторон-

него и гармонического развития. «Здоровая географическая среда — это прежде всего среда, способствующая сохранению здоровья человека, предупреждению его болезней, обеспечивающая нормальные условия труда и быта, всестороннее духовное и физическое развитие» (Лебедев, Преображенский, Райх, 1972, с. 39). По словам Д. Л. Арманда (1966), истинно культурный ландшафт должен быть не только производительным и здоровым, но и *красивым*. А это, кстати говоря, предполагает максимально возможное сохранение участков с естественной средой, гармоничное сочетание элементов искусственной и естественной среды, разнообразие и живописность пейзажей. Сплошь «окультуренный», ухоженный ландшафт может быть высокопродуктивным, но это не значит, что он будет благотворно влиять на настроение человека, на его работоспособность и способствовать его культурному развитию.

Может показаться, что два главных требования к культурному ландшафту, которые здесь сформулированы, трудно совместимы. Во всяком случае предшествующий опыт человечества не дает большой уверенности в такой возможности. Однако следует напомнить, что это опыт преимущественно стихийной эксплуатации ландшафтов, опыт разграбления ресурсов и одновременно разрушения нормальной жизненной среды. Но тот же опыт говорит, что при должном научном подходе экономические и экологические, а также культурно-эстетические интересы не только не противоречат друг другу, но в большинстве случаев совпадают. Так, насаждение лесов целесообразно и в санитарно-гигиенических, и экономических, и мелiorативных, и эстетических интересах. Д. Л. Арманд верно заметил, что разумное обычно красиво, что «в большинстве случаев воспринимаются как красивые те творения рук человеческих, которые сделаны целесообразно и добротно» (Арманд, 1966, с. 224). Прав он и в том, что сохранение природы, исходя из эстетических, воспитательных и научных интересов, со временем обернется и «материальной» прибылью.

Таким образом, кратко можно сформулировать следующие основные цели формирования культурного ландшафта:

- 1) обеспечение максимальной производительности возобновимых природных ресурсов, главным образом биологических;

- 2) эффективное использование возобновимых, неисчерпаемых, не загрязняющих среду источников энергии;
- 3) предотвращение нежелательных стихийных процессов как природного, так и техногенного происхождения (смыв почв, эрозия, заболачивание, наводнения, обмеление рек, сели, загрязнение воды, воздуха, почв и т. п.);
- 4) оптимизация санитарно-гигиенических условий природной среды (включая биогеохимическую ситуацию и причины возникновения природно-очаговых болезней);
- 5) обеспечение наилучших природных условий для воспитания и культурного развития человека, а также для научного исследования природных комплексов.

К этому можно было бы добавить обеспечение оптимального функционирования геосистем. Достижение всех перечисленных целей следует осуществлять, учитывая необходимость поддерживать нормальное функционирование ландшафта и всех его составных частей, по возможности сохраняя их естественную структуру, не допуская чрезмерных «нагрузок». В этом и состоит сущность охраны природы в широком смысле слова и в то же время залог надежности культурного ландшафта.

Выяснив основные цели, необходимо теперь определить, как их достичь, т. е. каковы конкретные пути оптимизации ландшафтов.

Принципы оптимизации структуры и функций ландшафта

Как мы уже отмечали, некоторые специалисты подходят к проблеме оптимизации природной среды с позиции «пантехнизма» и предлагают заменить природные ландшафты искусственной или «полуискусственной» средой, насыщенной инженерными сооружениями. У ряда географов этот взгляд встречает обоснованные возражения. Есть и такие, кто одну из задач географа видит в том, чтобы ограничить «власть техники» в ландшафте. «В пределах допустимого, — пишут Л. Бауэр и Х. Вайничке из ГДР, — природа должна удерживать свои права, в том числе и в ландшафте, усиленно эксплуатируемом человеком. В конечном счете целью развития служит культурный ландшафт. В основе его лежит рациональное использование человеком заключенных в природе потенциальных сил, а

не разрушение или угнетение природы» (Бауэр и Вайничке, 1971, с. 240—241).

В. Б. Сочава выдвинул принцип сотворчества человека с природой. «Под сотворчеством мы понимаем осуществляемую человеком систему мероприятий, направленную на развитие потенциальных сил природы, активизацию природных процессов, увеличение продуктивности геосистем, а следовательно, и коэффициента полезного использования энергетических возможностей земного пространства. Сотворчество с природой основано на использовании и оптимизации тенденций, свойственных природе, ее интегральных (а не частных) режимов» (Сочава, 1978, с. 254). Как видим, эти цели принципиально совпадают с задачами формирования культурного ландшафта, как они были изложены выше.

В приведенных высказываниях особо подчеркивается, что основной принцип оптимизации природной среды (геосистем) состоит в использовании и оптимизации *потенциальных возможностей и тенденций, заложенных в самой природе*. Действуя в союзе с природой, можно добиться наиболее устойчивых результатов. Естественные тенденции, присущие ландшафтам, конечно, не всегда отвечают интересам общества (например, заболачивание, засоление и др.), поэтому в ряде случаев заведомо придется нарушать сложившееся равновесие и искусственно поддерживать новые, неустойчивые культурные модификации ландшафтов с помощью техники. Но это отнюдь не является правилом.

Вообще надо заметить, что не существует и не может существовать некоего эталона, или идеала, культурного ландшафта. Огромное множество природных ландшафтных типов, помноженное на многообразие форм человеческого воздействия, дает необозримое число их конкретных современных модификаций, т. е. их реальных состояний на сегодняшний день. И естественно, пути оптимизации должны быть дифференцированы соответственно реальным ситуациям. Более того, надо заметить, что оптимизация ландшафта не всегда должна означать его преобразование в культурную модификацию. В. Б. Сочава пишет, что «в настоящее время не возникает сомнения в том, что спонтанный ландшафт отнюдь не представляет собой во всех случаях лишь объект для трансформации его в культурный. Он призван существовать во многих местах и подлежит уходу, принципы которого основаны на знании зако-

нов природных систем» (Сочава, 1967, с. 27). В другом месте он указывает, что «сотворчество с природой неравнозначно ее преобразованию, хотя цели и задачи того и другого нередко совпадают» (Сочава, 1978, с. 254).

Если тот или иной природный ландшафт функционирует оптимально с точки зрения потребностей общества, он вовсе не обязательно должен быть окультурен. Например, если подходить к таежным ландшафтам с позиций оценки их глобальных функций, как поставщиков свободного кислорода, регуляторов водного режима, а также «кладовых» древесины и других ресурсов для будущих поколений, то может оказаться наиболее целесообразным оставить значительную их часть в спонтанном состоянии.

Можно различать три основных направления в оптимизации геосистем.

1. Полная консервация, т. е. сохранение естественного (спонтанного) режима. Во многих случаях это целесообразно и даже необходимо — в научных интересах (сохранение эталонов геосистем для изучения закономерностей их строения и развития), для сохранения генофонда растений и животных, водоохранных, почвозащитных и других целей. Однако мы уже знаем, что этот путь не может быть основным. Полное изъятие природных комплексов из хозяйственного оборота реально на небольшой части земной поверхности.

2. Строго регламентированное, преимущественно экстенсивное использование в сочетании с мерами, направленными на поддержание природного равновесия в ландшафте. Здесь подразумеваются способы хозяйствования, минимально нарушающие естественные связи, например регулируемое лесопользование с рубками в пределах годичного прироста, культурные пастбища и т. п. Принцип оптимизации в данном случае лучше всего можно характеризовать, согласно Л. Бауэру, Х. Вайничке, В. Б. Сочаве, как *заботу о ландшафте* или *уход за ландшафтом*. Минимальные, немеллиоративные меры по уходу (например, санитарные рубки, противопожарные мероприятия, устройство кормушек, солонцов для диких животных и т. п.) при соблюдении строгих норм хозяйственного использования природных ресурсов существенно способствуют повышению потенциала ландшафта — увеличению прироста и качества биомассы, поддержанию устойчивого стока и сохранению качества воды в реках и водоемах, улучшению санитарно-гигиенических и эстетических достоинств ландшафта.

шафта и т. д. Подобные ландшафты, очевидно, вполне можно отнести к категории культурных, хотя это не предполагает их коренного преобразования.

3. Активное воздействие методами, которые с известными оговорками можно назвать преобразовательными (имея в виду, что ландшафт в любом случае остается модификацией коренного природного ландшафта). Здесь интенсивное хозяйственное использование сочетается с глубоким мелиоративным воздействием и разносторонними природоохранными мероприятиями; равновесие в ландшафте поддерживается в значительной мере искусственно. Многообразие реально существующих ландшафтов, подлежащих преобразованию, не позволяет конкретизировать здесь эти самые общие положения. Но мы все же укажем на два наиболее типичных варианта.

При организации культурных ландшафтов на базе спонтанных (первобытных) или близких к ним слабо нарушенных ландшафтов, которые ранее мало затрагивались хозяйственной деятельностью, главное внимание следует обращать на профилактические мероприятия. Мы имеем в виду меры, направленные на предупреждение возможных нежелательных последствий предстоящего освоения. В основе этих мер должно лежать тщательное изучение внутренних и внешних связей ландшафта, выяснение «слабых мест» в его структуре, т. е. устойчивости этой структуры к разным формам человеческого воздействия. Только после этого можно что-либо рекомендовать: ограничить ли мелиоративное вмешательство (например, чтобы избежать пересушки водораздельных геосистем и вторичной дефляции), сохранить ли определенную часть лесных массивов (в противоэрозионных, противодефляционных, водоохраных и других целях), применять те или иные способы обработки полей и т. п.

В тех многочисленных случаях, когда культурные ландшафты придется создавать на месте геосистем, сильно нарушенных предшествующей хозяйственной деятельностью, необходимо разрабатывать комплекс *«лечебных» мероприятий* с тем, чтобы ликвидировать или существенно ослабить отрицательные последствия прежнего стихийного воздействия. К ним относится создание зеленых зон вокруг городов, рекультивация площадей, нарушенных горными разработками, закрепление подвижных песков, мелиорация вторичных солончаков и многое другое. Истинно ландшафтный подход к «лечению» ландшафта дол-

жен быть направлен на ликвидацию причин его «болезней», а не на их следствия. Так, можно бороться с селями, воздвигая перегородки на пути селевых потоков, но это паллиатив, равноценный лечению тяжелого заболевания транквилизаторами. Важно предотвратить самую возможность возникновения подобных явлений, поэтому настоящий путь состоит в том, чтобы восстановить нарушенное природное равновесие в истоках формирования разрушительных процессов. Точно так же борьбу с оврагообразованием надо вести на водосборах путем их рационального использования и мелиорации.

Нередко оказывается наиболее целесообразным восстановление (по возможности) первичных геосистем с их растительным покровом, животным миром, почвами, водным режимом. И. П. Герасимов (1967), например, рекомендует восстановить многие «потерянные» ресурсы Сахалина (леса, заросли высокотравья, естественные запасы ценных животных).

В сопряженной системе фаций и урочищ, составляющих один ландшафт, могут быть участки, требующие разного подхода — различного режима использования, охраны и мелиорации. Собственно культурные ландшафты в настоящее время еще редки и обычно представлены фрагментами, или «оазисами» (например, Каменная степь), среди геосистем, нарушенных в той или иной мере. Определить оптимальное соотношение между участками с различным функциональным назначением и режимом использования — одна из важнейших задач географа при проектировании культурного ландшафта.

Следует еще раз подчеркнуть, что культурный ландшафт остается *природным комплексом* и развивается по природным законам. Это было ясно уже классикам русского ландшафтоведения. С. С. Неуструев писал в 1918 г., что культурные ландшафты «состоят в связи, хотя и не сразу видной, с естественными ландшафтами» и «в основе культурного ландшафта всегда лежит естественный» (Неуструев, 1949, с. 270). Б. Б. Польнов не улавливал «ни границы, ни признаков, которые бы исключали так называемые культурные ландшафты из категории природных» (1946, с. 238).

Попытки доказать, будто ландшафты, измененные человеком, развиваются по общественным законам, методологически несостоятельны (см. Исаченко, 1971в). Даже самое интенсивное преобразование означает лишь появле-

ние новой модификации ландшафта, а не создание «нового» ландшафта (за некоторыми возможными исключениями, о них ранее упоминалось). Каждому естественному ландшафту будут соответствовать свои культурные модификации, а в сходных (однотипных, одновидовых) ландшафтах сформируются аналогичные модификации. Поэтому, как подчеркивает В. Б. Сочава (1973), в основе всякого преобразования ландшафта должно лежать представление о его инварианте. Добавим, что разработка типовых мер по оптимизации ландшафтов должна базироваться на их естественной классификации.

Одна из главных задач оптимизации ландшафта состоит в том, чтобы создать возможно более устойчивую его модификацию. Как уже отмечалось, культурный ландшафт в большинстве случаев менее устойчив, чем его исходный инвариант. Однако пути формирования культурного ландшафта многовариантны, альтернативны. Задача состоит в том, чтобы выбрать из множества возможных модификаций наиболее оптимальный вариант. Относительная устойчивость — существенный критерий оптимальности. Чем более устойчив ландшафт, тем он, между прочим, экономичнее, так как требует меньшей затраты средств и материальных ресурсов на поддержание своих функций.

Известно, что сложные, многокомпонентные системы более устойчивы, чем простые, малокомпонентные. Это положение бесспорно доказано для биоценозов. В сложных биоценозах полнее используется энергия и первичная биологическая продукция, существует множество как бы параллельных пищевых цепей, в силу чего имеется возможность их взаимозаменяемости. В простых ценозах выпадение одного звена может привести к катастрофическим последствиям для всей системы. В этом отношении особенно уязвимы искусственные ценозы, особенно монокультуры. Они не в состоянии справиться с нашествиями вредителей, с резкими колебаниями температуры и т. д. По-видимому, та же закономерность присуща геосистемам, хотя она еще почти не изучена. Но исходя из важных стабилизирующих функций биоты в геосистемах (Сочава, 1974б), можно утверждать, что устойчивость последних в немалой степени должна зависеть от свойств и разнообразия биоценозов. Л. Бауэр и Х. Вайничке (1971, с. 118) вполне правы, когда пишут, что «способность культурного ландшафта сохранять стабильность своего

баланса, естественное самовосстановление и стойкость к хозяйственному вмешательству человека определяется в основном его многообразием и дифференциацией».

К этому можно добавить, что внутреннее разнообразие повышает экологические, рекреационные и эстетические качества ландшафта. Отсюда лишний раз следует, что именно ландшафт должен рассматриваться как основной объект при оптимизации природной среды. В рамках фации или урочища вряд ли можно сформировать многокомпонентную, дифференцированную, внутренне разнообразную среду.

Подытоживая сказанное, приходим к заключению, что в ландшафтно-географических разработках при проектировании культурного ландшафта следует ориентироваться на оптимизацию его структуры и функций. А это означает необходимость воздействия на обе главные системы его внутренних связей: а) между подчиненными геосистемами морфологического уровня и б) между компонентами ландшафта — твердым субстратом, водой, почвой и т. д. Практически это осуществляется посредством: а) организации территории ландшафта и б) регулирования его «естественных функций», т. е. процессов, вытекающих из взаимодействия компонентов.

Организация территории на основе ландшафтного подхода

Под организацией территории здесь подразумевается научно обоснованное размещение площадей с различным хозяйственным или другим (например, рекреационным, селитебным, природоохранным) функциональным назначением и режимом использования. Научная организация территории основывается на морфологии ландшафта. В известном смысле можно сказать, что цели организации территории состоят в том, чтобы найти наилучшее применение каждой морфологической единице ландшафта, с одной стороны, или, с другой — найти для каждого применения наиболее подходящие урочища или фации.

Ландшафтно-географический подход к организации территории не сводится к оценке и использованию потенциала каждого отдельного участка (урочища, фации), как такового, но основывается на учете сопряженности этих участков, на их «горизонтальных» связях, т. е. на морфо-

логическом строении ландшафта как целого, можно сказать, на функционально-динамическом подходе к морфологии ландшафта.

Морфологические части ландшафта, или геосистемы локального уровня, вовлеченные в хозяйственное использование, с практических позиций рассматриваются как угодья (сельскохозяйственные, рекреационные, охотничьи и т. д.). В организацию территории входит решение таких вопросов, как: а) оптимальный набор угодий различного назначения; б) их рациональное взаимное расположение, форма, размеры; в) режим использования, необходимые мелиорации и мероприятия по охране. Эти вопросы должны быть решены таким образом, чтобы обеспечивалось оптимальное функционирование всей системы угодий в пределах данного ландшафта с максимальным экономическим эффектом.

Конкретные пути организации территории зависят от многих факторов: во-первых, от естественной структуры самого ландшафта, во-вторых, от социального заказа, в-третьих, от «наследия», оставленного деятельностью предшествующих поколений людей.

Первейший принцип организации территории состоит в том, что это мероприятие должно быть строго дифференцировано по типам и видам ландшафтов, т. е. с учетом их зональных и азональных особенностей, а также индивидуальной специфики каждого ландшафта. Из анализа последствий человеческого воздействия на ландшафт ясно вытекает, что хозяйственные нагрузки на ландшафты необходимо регулировать в соответствии с их внутренней структурой и устойчивостью к внешним воздействиям. Нельзя, например, допускать вырубку лесов в высокогорьях и среднегорьях с их высоким гравитационным потенциалом. В низкогорьях допустимы лишь выборочные, регламентированные рубки, при этом лесные угодья, как правило, следует заменять не пашнями, а лугами.

Отсюда следует, что разработке проекта организации территории ландшафта должны предшествовать всесторонняя *качественная оценка геосистем* и разработка *ландшафтно-географического прогноза*. Иначе говоря, прежде чем приступить к организации культурного ландшафта, надо хорошо знать его потенциал в целом и каждой его составляющей и предусмотреть возможные отрицательные последствия предстоящего преобразования. Оценка и про-

гнозирование составляют важнейшие задачи методики прикладных ландшафтных исследований.

Что касается социального заказа, то он формулируется в первую очередь текущими и перспективными государственными планами социально-экономического развития. Эти планы определяют многоцелевые потребности в различных природных ресурсах и площадях. Интересы экономики и охраны природы не всегда совпадают; более того, между различными отраслями производства могут возникнуть противоречия в отношении использования земельных, водных и других ресурсов. Так, земли, наиболее удобные для промышленного или коммунального строительства или предназначенные для открытых горных разработок, часто представляют собой ценный сельскохозяйственный или рекреационный земельный фонд. Интересы разных «потребителей» сталкиваются при дефиците воды. Для сельского и лесного хозяйства важно задерживать часть стока, тогда как для промышленного и коммунального водоснабжения, транспорта и энергетики это невыгодно. При создании водохранилищ возникает конфликтная ситуация между интересами различных отраслей гидроэнергетики, водного транспорта, сельского хозяйства, рыболовства и т. д.

При выборе решения следует руководствоваться не только экономическими расчетами, но и всесторонней оценкой возможных будущих физико-географических последствий того или иного варианта организации территории, а также ландшафтно-географическим прогнозом. Рекомендации ландшафтоведа, разумеется, не являются единственной основой для принятия решений. Однако в некоторых случаях, возможно, придется предпочесть вариант, экономически как будто менее выгодный, но рациональный для сохранения природного равновесия и в конечном счете для экономической отдачи в будущем. Таким образом, рекомендации ландшафтоведа должны носить альтернативный характер: содержать два или даже более вариантов организации территории, с учетом различных возможных путей трансформации угодий, мелноративных и природоохранных мероприятий.

Формировать культурный ландшафт можно на различной исходной основе. Так, при промышленном освоении новых территорий на севере Западной Сибири или в зоне Байкало-Амурской магистрали предстоит начинать с ландшафтов, почти не измененных человеческой деятельностью.

стью. Но в некоторых случаях приходится производить коренную реконструкцию урбанизированных или горно-промышленных территорий с сильно нарушенными ландшафтами и стихийно сложившейся планировочной структурой.

Оба этих крайних примера характеризуются своей спецификой и своими трудностями. В ландшафтах первого рода необходимо предварительно провести всесторонние ландшафтные исследования, в программу которых следует включить комплексную оценку условий освоения и жизни населения с учетом медико-географических особенностей геосистем, их пригодности для сельскохозяйственного, инженерного, рекреационного освоения, потребности в мелиорациях и охране. Не менее важно дать прогноз возможных нарушений структуры ландшафтов в случае осуществления хозяйственных проектов, например, таких, как сооружение мощных гидроузлов типа Нижне-Обского или Печоро-Вычегодского, межбассейновая переброска речного стока, осуществление мелиораций на обширных площадях и т. п.

Рациональная организация давно освоенных и в той или иной степени нарушенных ландшафтов сталкивается с недостатком резервных земель, необходимостью коренной трансформации угодий, противоречивостью хозяйственных запросов. Так, в пригородных зонах крупных городов необходимо предусмотреть резервы территории для дальнейшего развития города и его спутников, создание защитного зеленого пояса и рекреационных угодий для кратковременного и длительного отдыха населения, обеспечить земельный фонд для пригородного сельского хозяйства и коммуникаций и т. д. Как отмечает Е. Н. Перчик (1973), старая планировочная система обладает большой инерцией, ее перестройка требует больших усилий и капиталовложений. Поэтому проекты организации таких территорий нет смысла разрабатывать на краткие сроки, и нужно смотреть на 50—100 лет вперед. Это обстоятельство неизбежно диктует необходимость разработки прогноза изменений, которые могут произойти за такой период в ландшафтах как в результате развития естественных процессов, так и в результате человеческого воздействия. Само собой разумеется, тщательная и всесторонняя оценка геосистем — инженерная, сельскохозяйственная, рекреационная — послужит важной предпосылкой для разработки научно обоснованного переустройства территории.

Организация территории ландшафта непосредственно сопрягается с задачами районной планировки, и участие ландшафтоведа в разработке схем и проектов районных планировок явилось бы одной из наиболее действенных форм использования принципов и методов ландшафтоведения в целях оптимизации природной среды.

Если отвлечься от конкретного социального заказа и разнообразия реальных ситуаций, можно сформулировать следующие основные принципы организации территории ландшафта.

1. Культурный ландшафт не должен быть однообразным. Внутреннее разнообразие ландшафта отвечает и важнейшему условию его устойчивости, и экологическим и эстетическим требованиям, хотя не всегда соответствует ближайшим экономическим интересам. Чередование небольших массивов сельскохозяйственных угодий, лесов, рош, водоемов, а иногда даже болот, экологически целесообразно, но может затруднять применение сельскохозяйственной техники. Во многих ландшафтах (например, холмисто-моренных) характер морфологического строения сам по себе определяет дробность и пестроту угодий, но в этом случае разумнее приспосабливать сельскохозяйственную технику к ландшафту, нежели укрупнять угодья с риском вызвать эрозию или другие неблагоприятные последствия.

2. В культурном ландшафте не должно быть разного рода антропогенных пустошей, свалок, заброшенных карьеров и других «неудобных» земель. Всех их следует подвергнуть рекультивации.

3. Из всех видов использования земель приоритет надо отдать зеленому покрову, учитывая его особые функции в ландшафте, о которых уже много раз упоминалось. Хотя лучшие угодья должны использоваться в сельском хозяйстве, всегда необходимо стремиться к максимально возможному увеличению площадей под древесными насаждениями, используя для этого рекультивируемые земли и часть малопродуктивных сельскохозяйственных угодий.

4. В некоторых ландшафтах, для того чтобы поддерживать природное равновесие, целесообразно экстенсивно, «приспособительно» использовать земли. Естественные ценозы полнее используют солнечную энергию и воду, чем культурные, и при определенных условиях экономически более эффективны.

Некоторые зарубежные авторы идеализируют примитивные способы использования земель. Так, считается, что кочевое животноводство наиболее «экологично» в силу того, что в нем налажены пищевые цепи (с человеком на вершине) и оно наносит меньше ущерба природной среде, чем культурное оседлое хозяйство (Использование и охрана природных ресурсов, 1972, с. 53). Имеются также указания о том, что в некоторых условиях выгодна переложная система земледелия, хотя в иных случаях (на крутых склонах, известняковом субстрате) она чрезвычайно вредна, так как катастрофически нарушает водный баланс и вызывает интенсивную эрозию (там же, с. 50—51).

В современную эпоху подобные методы использования земель приходится расценивать как архаичные, и многие из таких земель надо, по-видимому, рассматривать как потенциальный фонд для развития интенсивного сельского хозяйства. Тем не менее иногда «приспособительное» хозяйство себя экономически оправдывает. Например, в акациевых саваннах восточной Африки, где концентрация домашних животных не может конкурировать с биомассой диких копытных, которые к тому же лучше приспособлены к недостатку влаги, болезням и не требуют ухода, рациональное охотничье хозяйство «экологичнее» и экономичнее, чем животноводство.

При эффективном «уходе за ландшафтом» поддержание в спонтанном состоянии лесных, болотных и других геосистем может дать немалую экономическую выгоду и в то же время будет отвечать целям охраны природы. К. М. Малин (1967) считает, что при увеличении поголовья диких животных в СССР и правильном охотничьем хозяйстве можно получать ежегодно не менее 200 тыс. т товарного мяса (к этому следует добавить и другую биологическую продукцию: грибы, ягоды, орехи, дикорастущие плоды). Болота могут дать до 500 кг клюквы с гектара и некоторое количество дичи, что в сочетании с водоохраным значением болот и их ролью в качестве местообитаний редких биологических видов и сообществ во многих случаях делает сохранение болот более предпочтительным, чем их осушение.

5. В проектах организации территории ландшафта необходимо предусматривать полное изъятие некоторых земель из хозяйственного использования и введение более или менее жестких ограничений на использование других

земель. Существуют, как известно, разные категории охраняемых территорий, хотя они и не имеют единого статуса, классификации и номенклатуры.

Высшая категория охраняемых территорий — заповедники. Они служат эталонами геосистем и природными лабораториями для их комплексного изучения, являются местами для размещения ландшафтных станций и пунктов международного мониторинга, т. е. систем наблюдений за состоянием и изменениями природной среды. Кроме того, заповедники позволяют сохранить генетический фонд растений и животных, в числе которых есть редкие биологические виды. Они часто служат убежищами и центрами расселения флоры и фауны, источниками пополнения охотничьей фауны. Наконец, они выполняют водоохранную роль и в целом способствуют регулированию природных процессов на окружающих территориях. Полные заповедники должны быть закрыты не только для хозяйственной деятельности, но и для всякого массового посещения и использоваться только для научных исследований.

Чтобы эффективно выполнять свои функции, заповедник должен занимать достаточно большую и репрезентативную (типичную в физико-географическом отношении) территорию. Ландшафтно-географический принцип требует, чтобы заповедник охватывал типичные ряды сопряженных геосистем в пределах целого ландшафта. Небольшие заповедники, окруженные со всех сторон освоенными землями, подвергаются разнообразному «давлению», начиная от чрезмерного скопления животных, находящихся здесь убежище, и вторжения сорняков и вплоть до техногенных загрязнений. Как правило, оптимальная площадь заповедника должна измеряться тысячами квадратных километров (крупнейшие заповедники СССР: Кроноцкий — 9,6 тыс. км², Алтайский — 8,6 тыс. км² и Печоро-Илычский — 7,2 тыс. км²). Каждый заповедник должен быть окружен буферной зоной с ограниченным режимом использования.

От собственно заповедников следует отличать другие категории охраняемых территорий — национальные и природные парки, природные резерваты и заказники. Национальные парки в некоторых странах занимают значительную площадь¹, они предназначены главным образом для

¹ В Англии, например, под национальные парки отведено около 5% всей территории. Самый крупный национальный парк — Фрейландский (около 7 млн га).

массового туризма и открыты для широкого посещения (в США их ежегодно посещает более 100 млн. человек; число посетителей Татранского национального парка в ЧССР и ПНР достигает 4 млн.). Ландшафтные заказники — небольшие охраняемые территории, где хозяйственная деятельность в той или иной степени ограничена и сохраняются специфические элементы ландшафта (например, друмлины в ландшафте Вооремаа Эстонской ССР). В природных резерватах охраняются главным образом элементы живой природы и ведутся научные исследования. Обычные заказники создаются для охраны диких животных, в том числе перелетных птиц. Они закрыты для охоты на те или иные сроки, иногда — практически на неограниченное время и в последнем случае приближаются к заповедникам (таких долговременных заказников много в странах экваториальной Африки). Нередко, впрочем, территории с подобным режимом именуются национальными арками.

При организации территории категория, статус и размеры охраняемых площадей будут зависеть от сохранности первичных ландшафтов, освоенности территории и других условий. Очевидно, «полные» заповедники могут быть созданы лишь на базе относительно ненарушенных ландшафтов. Национальные парки, требующие довольно больших площадей, при этом хорошо доступных для транспорта, могут иметь очень разнообразный характер и размещаться как в пределах малоизмененных ландшафтов, так и на давно освоенных территориях с археологическими, историческими и другими культурными памятниками. Особенно ценно сочетание фрагментов типичных естественных ландшафтов с участками, представляющими культурно-исторический интерес. В таких национальных парках можно сочетать площади с разным назначением и режимом — от резерватов для научных исследований до зон массового отдыха и участков хозяйственного назначения. (Примером может служить Лахемааский национальный парк в Эстонской ССР площадью 65 тыс. га.) Национальные парки — одна из перспективных форм использования территории, где можно сочетать природоохранные, воспитательные, научные и в значительной мере экономические интересы.

В интенсивно осваиваемых ландшафтах желательно также выделить охраняемые территории на уровне хотя бы отдельных урочищ и их групп, для которых может быть

установлен режим природных резерватов или специализированных (преимущественно биологических) заказников. Наконец, там, где не сохранилось геосистем в состоянии, близком к естественному, подлежат выявлению и сохранению отдельные природные элементы, или памятники природы (редкие виды растений и животных, отдельные старые деревья, геологические обнажения, интересные формы рельефа, крупные валуны и т. п.).

6. Разработка рациональной планировочной структуры культурного ландшафта должна сопровождаться его внешним благоустройством, поддержанием или формированием высоких эстетических качеств. Уже в результате рекультивации нарушенных земель, озеленения и научно обоснованного размещения различных угодий эта цель в значительной степени достигается. Существенное дополнительное значение имеет удачное «вписывание» в ландшафт различных сооружений, что входит в сферу так называемой ландшафтной архитектуры. Примером может служить придорожное оформление территории: желательно сохранить или создать зеленые полосы вдоль дорог, убрать линии электропередач и связи в кабели. Р. Парсон (1969) правильно заметил, что рекламные щиты вдоль дорог опошляют ландшафт, опасны для водителей и вызывают желание бойкотировать рекламируемые товары.

7. При организации территории необходимо учитывать всестороннюю сопряженность фаций и урочищ, их связи по гравитационному «каналу», через циркуляцию воздушных масс и сток. Так, взаимное расположение промышленных предприятий, жилых кварталов, зеленых зон, водоемов должно согласовываться с преобладающим направлением ветра, а также поверхностного и подземного стока. Для того чтобы предотвратить вторичные гравигенные процессы, важно обеспечить необходимую площадь лесов, при этом не только вдоль водотоков или оврагов, но и в особенности на водоразделах и склонах, независимо от ценности этих земель для других видов использования.

Одна из важных задач — предотвратить потерю ценнейших биогенных элементов почвы и материнской породы, ослабление биологического круговорота, а следовательно, и сокращение биологической продуктивности ландшафта. Вынос элементов минерального питания из плакорных фаций усиливается при распашке и внесении удобрений в почву. Растительность способна перехватывать эти элементы на путях их миграции, играя роль важнейшего биогео-

химического барьера. М. А. Глазовская (1969) рекомендует размещать такие барьеры из высокопродуктивной растительности в фациях подножий, депрессий, долин. По ее мнению, водоемы при умелой организации рыболовства могли бы служить геохимическими ловушками для той части биологически важных элементов, которую не удалось задержать зелеными барьерами.

8. Рациональное размещение земель и научно обоснованный режим их использования и охраны необходимо сочетать с мерами, направленными на повышение их потенциала путем разного рода мелиораций. Здесь мы в сущности уже переходим ко второй стороне проблемы формирования культурного ландшафта — к воздействию на его функционирование, т. е. на природные процессы, происходящие в ландшафте.

Регулирование природных процессов в ландшафте

Непрерывное поддержание и регулирование природных процессов в желательном направлении и на должном уровне составляет отличительную черту культурного ландшафта в противоположность ландшафту, стихийно нарушенному, которому человек предоставляет возможность необратимо деградировать или (в случае его обратимости) вступить в полосу длительных ренатурализационных смен.

Отсюда возникает вопрос о возможности и перспективах *управления природными процессами в геосистемах*. По мнению некоторых авторов, принцип управления природными процессами состоит в том, чтобы ценой небольших затрат энергии и вещества вызвать в них «ценные реакции» (Долгушин, 1964; Федоров, 1971). И. Ю. Долгушин считает, что в основе этого подхода лежит принцип индукции, т. е. использование импульса, усиливающего процесс. По Д. Л. Арманду (1968), в данном случае мы используем положительные обратные связи в системе, которые обуславливают лавинообразное усиление процесса, играя как бы роль реле.

Подобный принцип индукции нашел целенаправленное применение в области воздействия на погоду. Достаточно лишь небольшого охлаждения переохлажденного облака (например, путем рассеивания 100—200 г твердого

CO₂) или введения в него небольшого числа ядер конденсации (несколько граммов йодистого серебра), чтобы вызвать выпадение осадков. При этом высвобождающаяся в результате конденсации энергия стимулирует восходящие токи и дальнейшее развитие облачности. Аналогичный метод используется для рассеивания низких облаков и туманов над аэродромами и для предотвращения града (Дессене, 1969; Федоров, 1971).

Нетрудно заметить, что для результативности подобных воздействий необходимо одно существенное условие — наличие неустойчивого равновесия в системе, которой мы собираемся «управлять». В сущности это частный случай распространенной ситуации, когда человек своим вмешательством вызывает необратимые изменения в геосистемах. Стихийно, не отдавая себе в этом отчета, люди «включали реле», например, вырубая леса или выжигая их, что приводило к цепным реакциям (например, таяние мерзлоты, образование просадок и вторичных озер — в этом случае в ландшафте также существовало неустойчивое равновесие).

Управление природными процессами путем целенаправленного использования принципа индукции и положительных обратных связей в геосистеме вряд ли можно рассматривать как универсальный способ воздействия на ландшафт. Во-первых, непременным условием для этого должно быть неустойчивое равновесие в геосистемах, а это вовсе не обязательный случай в реальных природных условиях. Далее, необходимо, чтобы искусственное нарушение этого равновесия «сработало» в нужном нам направлении, т. е. чтобы ход «цепной реакции» до конца отвечал интересам общества. И затем, в связи с предыдущим мы должны уметь не только дать толчок процессу («включить реле»), но и *контролировать* процесс, предвидеть все его побочные следствия и конечные результаты.

Как заметил И. Ю. Долгушин (1964), по окончании «цепной реакции» обычно устанавливается некоторое новое равновесие между элементами системы. Важно, однако, предвидеть, *какое* это будет равновесие и *когда* оно установится. Далеко не всегда можно полагаться на стихийное саморегулирование процесса, на то, что на нужном этапе включатся отрицательные обратные связи. По-видимому, подобный путь пригоден лишь для чисто локальных и эпизодических воздействий типа тех, о которых мы упо-

мянули. Расширение масштабов «ценных реакций» чревато опасностью потери контроля над ними или потребует таких усилий для их регулирования, какие во много раз превысят затраты энергии на «включение реле».

При формировании культурного ландшафта важно получить не временные и локальные результаты, а долговременные и по возможности устойчивые изменения природных процессов (а в сущности функций ландшафта) на значительных площадях. Этого можно достичь известной перестройкой так называемых организационных, или конструктивных, связей (Хильми, 1964) в геосистемах, или, иначе говоря, условий проявления инвариантных (физических, химических, биологических) законов (Урсул, 1968). Одни и те же универсальные, или инвариантные, природные законы действуют в различных физико-географических условиях. Именно в силу огромного разнообразия этих условий открываются широкие возможности — выразимся осторожно — *регулировать функции геосистем*, в отличие от «управления» ими с помощью метода индукции, перспективы которого, надо полагать, довольно ограничены.

В качестве объектов непосредственного воздействия следует выбирать такие звенья естественного механизма функционирования ландшафта, которые могут служить наиболее удобными «входами» в систему. Они должны иметь достаточно активный характер, тесную сопряженность с другими звеньями, что позволило бы эффективно использовать их для косвенного воздействия на другие звенья, и в то же время относительно легко поддаваться искусственному регулированию. Еще А. И. Воейков нашел два главнейших естественных «рычага» для улучшения природной среды. На них же опирался В. В. Докучаев в своих планах оптимизации природы степей. Это *растительный покров* (а по существу биогенный круговорот веществ) и регулируемое звено влагооборота — *процесс стока*.

Другие «функции» ландшафта в этом отношении менее перспективны. Непосредственно воздействовать на гравитационные процессы и целенаправленно формировать рельеф можно лишь в ограниченных масштабах. То же надо сказать о физико-механических процессах в атмосфере и воздействии на климат (примеры «управления», о которых речь шла выше, относятся только к погоде, но не к климату). Е. К. Федоров (1971) признает, что наиболее ре-

альный путь изменения климата на больших площадях — косвенный, т. е. воздействие на подстилающую поверхность. Практически это означает использование растительного покрова (его альbedo, транспирационной способности, шероховатости) и стока (для орошения и тем самым изменения характера подстилающей поверхности, интенсивности транспирации и др.). Изменяя растительный покров и влагооборот, можно воздействовать на миграцию химических элементов в ландшафте, хотя в настоящее время это звено подвергается и активному прямому воздействию.

Растительный покров заслуживает особого внимания как естественный регулятор географических процессов в руках человека. Важнейшее его свойство состоит в том, что он сам себя воспроизводит, и его поддержание (если говорить о естественных, т. е. спонтанных, сообществах) требует от человека минимума усилий. Функции растительного покрова в геосистеме хорошо известны. В отличие от временных «индукторов» это постоянно действующий стабилизирующий фактор. Особенно важна его роль как регулятора вертикальных (межкомпонентных) географических связей. Интенсивность влагооборота и почвообразования стоит в прямой связи с продуцированием биомассы, а интенсивность гравигенных процессов — в обратной.

Техногенное воздействие усиливает утечку элементов минерального питания растений из ландшафта. Растительный покров — практически единственный фактор, препятствующий как техногенному, так и естественному выносу химических элементов и способствующий усилению их внутриландшафтного круговорота. Способность растительного покрова трансформировать лучистую энергию Солнца в потенциальную химическую энергию определяет его негэнтропийное значение (Сочава, 1974б).

Таким образом, высокая интенсивность фотосинтеза и развитый зеленый покров должны служить первейшим показателем оптимальности ландшафта.

Значение влагооборота — своего рода кровеносной системы ландшафта и важнейшего канала как межкомпонентных, так и межсистемных географических связей — также не нуждается в подробных объяснениях. Посредством водных мелиораций, т. е. регулирования стока, осуществляется воздействие на гравигенный перенос материала, испарение, водную миграцию химических элемен-

тов, почвообразование, функционирование биоты и биологическую продуктивность.

Проведение водных мелиораций требует особо тщательного учета структуры конкретных геосистем и их сопряженности. Увлечение осушительными мелиорациями в зоне избыточного увлажнения, как уже отмечалось, подчас приводит к нежелательным трансформациям природных комплексов. Когда осушение проводится без учета естественных тенденций изменения ландшафтов, в частности атмосферного увлажнения, оно может усугубить процесс иссушения (что и произошло в некоторых районах земного шара, где за последние десятилетия наметилось уменьшение количества атмосферных осадков). В зоне избыточного увлажнения в летние месяцы может наблюдаться дефицит влаги, так что сельскохозяйственные земли в это время нуждаются не в осушении, а в орошении. К тому же из-за перераспределения осадков внутри ландшафта наряду с постоянно переувлажненными участками во впадинах и на плоских междуречьях существуют фации и урочища с недостаточным увлажнением (например, на крутых склонах гранитных гряд, вершинах камовых холмов и т. п.). Таким образом, водную мелиорацию нельзя рассматривать как односторонний процесс орошения или осушения; сущность ее состоит в *двустороннем регулировании водного режима геосистем*¹.

Это положение относится и к аридным ландшафтам, где осуществляется ирригация. Оптимальные результаты можно получить, если строго соблюдать режим и нормы полива и орошение сочетать с дренажем.

В зоне неустойчивого увлажнения актуально сокращение поверхностного стока и использование части задержанной влаги для повышения биологической продуктивности. Правда, при этом несколько сокращается питание рек, что сказывается на весеннем стоке; меженный сток может даже увеличиться из-за пополнения запасов грунтовых вод. Таким образом, при правильном регулировании процессов стока на водосборах водный режим рек выравнивается.

¹ Надо заметить, что осушение болот (в особенности верховых) экономически малоэффективно. Нередко после осушения возникают пожары, лес растет плохо и не оправдываются затраты на осушение. Между тем неосушенные болота дают ценные пищевые продукты и лекарственные травы.

К двум основным естественным «рычагам» регулирования географических процессов надо добавить еще один — *химизацию*, т. е. прямое целенаправленное влияние на геохимический круговорот в ландшафте, преимущественно на его биогенную составляющую.

Все перечисленные способы оптимизации ландшафта можно отнести к мелиорации, если понимать ее широко. Правильная агротехника в сущности та же мелиорация, она преследует те же цели регулирования, или оптимизации, природных процессов (обеспечение высоких урожаев) и пользуется теми же «рычагами». В системе агротехнических мероприятий в этой связи можно выделить три основных звена:

а) регулирование поверхностного стока преимущественно механическими способами (зяблевая вспашка, снегозадержание, вспашка поперек склона, контурная вспашка, обвалование, террасирование склонов), с тем чтобы обеспечить растения влагой, предотвратить денудацию и «утечку» элементов минерального питания и в конечном счете увеличить биологическую продуктивность;

б) использование биологических методов (многоотраслевое хозяйство с интенсивным животноводством, рациональные севообороты, лесные полосы, «зеленые» удобрения и др.) как эффективных средств перехвата поверхностного стока, усиления биогенного круговорота веществ, регулирования биоценологических отношений (лесные полосы, например, служат местобитаниями птиц, уничтожающих вредных насекомых);

в) применение способов прямого химического воздействия на миграцию химических элементов в системе почва — растение, а через нее на биологическую продуктивность с помощью химических удобрений, известкования, а также на формирование искусственных биоценозов с помощью пестицидов и гербицидов.

Химические способы воздействия на функционирование геосистем требуют особой осторожности, как это следует из материалов, приведенных в предыдущей главе.

Описанные способы регулирования различных звеньев функционирования ландшафта осуществляются с применением тех или иных технических средств, но только преобразование стока в некоторых случаях требует возведения инженерных сооружений. Роль последних надо рассматривать как вспомогательную. Они эффективны лишь при условии, когда «вписываются» в ландшафт, и их дей-

ствие сбалансировано с природными процессами. Функция плотины, например, может потерять всякий смысл, если состояние ландшафта (облесенность, интенсивность поверхностного стока и эрозии) таково, что через 20—30 лет водохранилище полностью заполнится наносами.

Инженерные решения часто оказываются не лучшей мерой. Так, восстановление лесов на водосборе может служить более радикальным методом борьбы с паводками, чем сооружение плотин. Но в некоторых случаях, когда речь идет о борьбе с так называемыми стихийными бедствиями, инженерные решения пока остаются практически единственно возможными.

Под *стихийными природными процессами* надо понимать такие разрушительные явления, которые трудно предвидеть и тем более предотвратить (вулканические извержения, землетрясения, цунами, ураганы, катастрофические наводнения и т. п.). Мы еще не в состоянии управлять этими процессами или регулировать их. Борьба с ними сводится к защитным и приспособительным, в значительной мере инженерным мероприятиям, а также к совершенствованию методов прогноза, с тем чтобы ослабить действие стихии.

От подобных явлений следует отличать такие «стихийные» процессы, которые полностью или в большой степени обязаны человеческой деятельности, — вторичную эрозию, пыльные бури, движение разбитых песков и др. Их можно предупредить, если рационально использовать земли и проводить ландшафтно-мелиоративную профилактику, основанную главным образом на регулировании стока и интенсификации биотических процессов. В сущности эти же природные «рычаги» используются для «лечения» тех ландшафтов, где указанные процессы уже развились в результате предшествующего стихийного хозяйственного воздействия.

ПРИКЛАДНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЛАНДШАФТОВ

Инвентаризация геосистем. Ландшафтные карты и ландшафтный кадастр

Проектирование культурного ландшафта включает ряд практических задач инженерного, агрономического, лесоводственного, санитарно-гигиенического, архитектурно-планировочного характера, которые должны решаться соответствующими специалистами. Однако направляющая и координирующая роль принадлежит ландшафтовед, поскольку все частные задачи необходимо решать комплексно, на основе общей ландшафтно-географической концепции и возможно более полного и точного изучения структуры и функций геосистем.

Мы не раз убеждались в том, что разработке проекта оптимизации ландшафтов должны предшествовать всесторонняя оценка потенциала геосистем, их пригодности к различным видам использования и прогноз их дальнейшего поведения в зависимости от планируемого воздействия и естественного фона. Этими задачами определяется основное содержание *прикладных ландшафтных исследований*. Такие исследования должны предварять проекты оптимизации природной среды, так как создают необходимые естественнонаучные предпосылки для них. Что касается собственно проектирования, то в нем географу-ландшафтовед следует участвовать непосредственно, а не быть лишь «подсобником» или поставщиком необходимой информации. Разработка проекта организации территории в сущности завершающий этап прикладных ландшафтных исследований.

В основе всех прикладных ландшафтно-географических разработок должен лежать объективный научный анализ геосистем. Иначе говоря, прикладная работа требует опоры на результаты фундаментальных ландшафтных исследований. Первейшей предпосылкой для оценки геосистем и последующей их интерпретации с целью выработки обоснованных конструктивных предложений служат всесто-

ронные, комплексные сведения о них. Этот первый этап работы можно назвать *инвентаризацией геосистем*.

Основные результаты инвентаризации — ландшафтная карта и комплексная характеристика (описание) геосистем. Первоисточником для них служит полевой материал, и прежде всего ландшафтная съемка, а также данные стационарных ландшафтных исследований (пока еще, к сожалению, редких). Полевые материалы дополняются изучением литературных источников и, кроме того, аэро- и космических снимков. Все это составляет предмет общей методики ландшафтных исследований и относится к фундаментальным задачам ландшафтоведения. Такие исследования имеют общенаучный, или «универсальный», характер и ведутся независимо от практического задания. Методика их рассматривается в специальных руководствах (Исаченко, 1961; Глазовская, 1964; Преображенский, 1966; Пашканг и др., 1966; Методика ландшафтных исследований, 1971; Методы комплексных исследований геосистем, 1974; Миллер, 1974; Геренчук и др., 1975; Жучкова, 1977).

Практическое задание не может влиять на объективный характер результатов исследований, на выявление геосистем, их картографирование, районирование, генетическую классификацию и т. д. Ни границы, ни структура, ни морфология или другие признаки природного комплекса не зависят от нашего отношения к нему и от целей, которые ставит перед собой общество.

Однако конкретная практическая задача, поставленная заранее перед ландшафтным исследованием, придает процессу инвентаризации определенную направленность. Эта целенаправленность выражается, во-первых, в детальности исследования, во-вторых, в содержании и оформлении опорной («инвентаризационной») ландшафтной карты и, в-третьих, в содержании характеристики геосистем.

Оптимальная детальность ландшафтного исследования определяется уровнем (стадией) проектных или планировочных работ и конкретно выражается в выборе ранга изучаемых геосистем и соответствующего масштаба картографирования.

На стадии предплановых разработок и подготовки генеральных схем охраны и рационального использования природных ресурсов всей страны или крупных экономических районов ландшафтно-географическое обоснование целесообразно вести на уровне высших региональных гео-

систем или видов ландшафтов. Этому уровню отвечают масштабы карт порядка $1:1\,000\,000$ — $1:2\,500\,000$.

При территориальных планировках (организации территории) в рамках республик или областей следует опираться на изучение собственно ландшафтов и их крупных морфологических подразделений, с картографированием в масштабах примерно от $1:200\,000$ до $1:500\,000$ — $1:600\,000$.

При территориальных планировках административных районов, промышленных узлов, рекреационных зон и т. п. наиболее оптимальными объектами ландшафтного исследования могут служить урочища с картографированием в масштабах $1:25\,000$ — $1:100\,000$.

Наконец, при разработке проектов детальных планировок (например, населенных пунктов, сельскохозяйственных предприятий, рекреационных объектов) изучаются урочища и подурочища, а иногда и фации с отображением их в масштабах $1:2\,000$ — $1:10\,000$.

Инвентаризационная ландшафтная карта — важнейший документ прикладного ландшафтного исследования. Карта сопровождает его на всех этапах, вплоть до разработки проекта, который должен быть представлен прежде всего на карте.

Составление ландшафтной карты для того или иного практического использования принципиально почти не отличается от создания карты общенаучного типа и ведется с применением тех же методов и приемов (Исаченко, 1961). Однако, не изменяя содержания карты по существу, его можно сделать более доступным, а самую карту — более удобной для использования и последующей интерпретации.

Во-первых, прикладная карта не должна быть перегруженной, мелкоконтурной, она должна нести более облегченную нагрузку, чем научно-справочная карта той же кондиции. Практически это означает, что при одинаковом содержании карта, рассчитанная для практического использования, может иметь масштаб в 2—4 раза более крупный, чем научно-справочная.

Во-вторых, на инвентаризационной ландшафтной карте прикладного назначения важно отобразить современное состояние геосистем, зависящее от хозяйственной деятельности человека, т. е. объектами изображения должны служить фактически существующие *модификации* геосистем. На научно-справочных ландшафтных картах обычно

показывают «восстановленные» (спонтанные) природные комплексы. Для оценки, а в большей степени для прогноза необходимо учитывать их современное состояние.

В-третьих, содержание ландшафтной карты можно дополнить некоторыми аналитическими характеристиками природных комплексов, важными при данном целевом назначении. Например, на ландшафтной карте, предназначенной для использования в инженерной практике, целесообразно показать на фоне контуров геосистем изогипсы или линии равных уклонов, инженерно-геологические свойства грунтов и т. п. Но и в этом случае, чтобы не перегрузить карту, целесообразнее все дополнительные показатели вынести на прозрачную основу.

В-четвертых, удобство использования карты в большой степени зависит от того, как построена ее легенда. Известны разные способы построения легенд для ландшафтных карт. Наиболее типична традиционная (описательная) форма с условными знаками в виде одной колонки и текстовыми пояснениями к ним (рис. 4). Последние часто из-за экономии места бывают очень краткими и сводятся к указанию лишь определяющих признаков геосистем (например, «бореальные восточноевропейские типичные низкогорные ландшафты», «холмисто-моренные урочища» и т. п.). Для практических целей желательна более развернутая легенда, в которой раскрывались хотя бы основные компоненты геосистем. Таковую легенду рационально строить в табличной форме. Как пример приводим табличную легенду (табл. 3) к фрагменту ландшафтной карты Ленинградской области (рис. 14). (На этой карте представлены в сильно обобщенной форме типы урочищ или их сочетания — местности.)

Преимущества табличной легенды состоят в ее обзорности, в удобстве сравнения геосистем по любому признаку. Подбор показателей может быть разным в зависимости от назначения. Если, например, ландшафтная карта будет использована для рекреационной оценки природных комплексов, можно привести морфометрические характеристики рельефа, особенности местного климата или микроклимата, характеристику естественной дренированности и увлажнения, растительного покрова и т. д. Здесь же в отдельной графе можно указать оценочную категорию каждого выдела (см. табл. 3)¹.

¹ Рис. 14 представляет собой фрагмент карты общенаучного типа. Соответственно в легенде (табл. 3) приведены основные по-

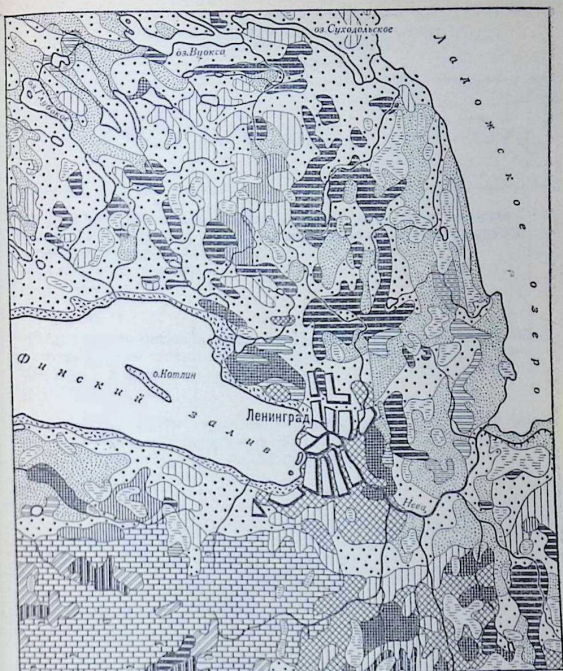


Рис. 14. Ландшафтная карта окрестностей Ленинграда.
Объяснения условных знаков см. в табл. 3

Следует иметь в виду, что никакая легенда не может дать «полную» характеристику природного комплекса и заменить его описание. Слишком громоздкие легенды неказатели, имеющие наиболее широкое, а не узкоспециализированное значение и важные для оценки территории в самых разных аспектах.

Таблица 3
ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
ОКРЕСТНОСТЕЙ ЛЕНИНГРАДА
(легенда к рис. 14)

№ п/п	Рельеф	Поверхностные отложения	Дренажированность и увлажнение
1	Холмисто- и грядово-моренный комплекс	Мощные валуновые суглинки	Интенсивный дренаж на склонах, заболачивание в котловинах
2	Холмисто-котловинный камовый комплекс	Мощные пески и супеси	То же
3	Возвышенное известняковое плато	Маломощные карбонатные валуновые суглинки	Интенсивный карстовый дренаж, нормальное увлажнение
4	Повышенные волнистые моренные равнины	Бескарбонатные валуновые суглинки	Кратковременный застой поверхностных вод
5	Низменные плоско-волнистые озерно-ледниковые равнины	Ленточные глины и суглинки	То же
6	То же	Пески	Хороший дренаж, кратковременная верховодка
7	Низменные приморские террасы	Супеси, пески, дуэльные наносы	Слабый дренаж, кратковременный в длительный избыток влаги
8	Плоские понижения известнякового плато	Карбонатные валуновые суглинки	Слабый дренаж, длительное поверхностное переувлажнение

Почвы	Растительный покров	Категории оценки*		
		ниже- нер- ной	сель- скохо- зяй- ствен- ной	рекре- ацион- ной
Пестрые с преобладанием слабоподзолистых на склонах и торфянисто-подзолисто-глеевых в котловинах	Ельники черничные, кисличные, дубравно-травяные, с.-х. угодья	III	III	II
Поверхностно- и скрыто-подзолистые иллювиально - железисто-гумусовые	Сосняки брусничные, вересковые, лишайниковые, с.-х. угодья	III	III	I
Дерново-карбонатные, оподзоленные, выщелоченные и типичные; дерново-слабоподзолистые	Ельники сложные, вторичные мелколиственные леса, с.-х. угодья	II	I	III
Дерново-сильно- и среднеподзолистые глееватые	Ельники черничные и кисличные, вторичные мелколиственные леса, с.-х. угодья	I	II	III
Дерново-сильноподзолистые глееватые	То же	III	II	III
Поверхностно-подзолистые и подзолы иллювиально-гумусово-железистые	Сосняки брусничные, вересковые, травяные, лишайниковые	I	III	I—II
Дерново-подзолистые глееватые, перегнойно-торфянисто-глеевые; подзолы иллювиально-гумусово-железистые	Ельники травяные, сложные, долгомошные; сосняки разных типов; парковые насаждения	II	II—III	I—II
Торфянисто-подзолисто-глеевые и торфяно-глеевые	Ельники долгомошные, травяно-долгомошные, вторичные березняки	II	II	III

Продолжение

№ п.п	Рельеф	Поверхностные отложения	Дренажность и увлажнение
9	Низменные плоские моренные равнины	Валунные суглин- ки, двучленные наносы	То же
10	Низменные плоские озерно-ледниковые равнины	Ленточные глинны	То же
11	Низменные плоские озерно-ледниковые и озерные равнины	Маломощные пе- ски и супеси	Слабый дренаж, дли- тельное поверхност- ное и грунтовое пе- реувлажнение
12	— болота верховые	сфагновые, преимущественно градово- мочажинные	
13	— болота переходные	травяно-сфагновые	
14	— болота низинные	травяные и мохово-травяные	

* Условия для освоения и использования: I — наилучшие, II — отно-

рациональны, их приходится отрывать от карты и разме-
щать на отдельных листах, но в любом случае они не из-
бавляют потребителя от необходимости обращаться к
подробным описаниям. Для легенды должны быть отобра-
ны лишь самые существенные признаки, дающие генера-
лизованное представление о геосистемах, позволяющие
отразить специфику каждой из них и сравнить их.

*Характеристика природных комплексов. Кадастр ланд-
шафтов.*

Один и тот же ландшафт можно (и нужно) описывать
по-разному, в зависимости от того, где и как это описание
будет использоваться. Взаимосвязанный учет рельефа,
климата, почвы, водного режима необходим и инженеру-
строителю, и агроному, и архитектору, но каждого из них
будут интересовать разные свойства, различные парамет-
ры компонентов. Эти обстоятельства и будут диктовать
целенаправленность прикладной характеристики геосис-
тем.

Почвы	Растительный покров	Категории оценки*		
		инже-нер-ной	сель-скохозяй-ственной	рекре-ацион-ной
То же	То же	II	II	III
То же	То же	III	II	III
Торфянистые подзолы иллювиально-гумусовые, перегнойно-торфянисто-подзолисто-глеевые, торфяно-глеевые	Сосняки сфагновые и долгомошные	II	III	III

сительно благоприятные, III — малоблагоприятные

Мы уже отмечали, что наши фактические знания о природных комплексах страны недостаточны, неравномерны, не всегда сопоставимы. Настало время привести в систему эти знания и создать единый «банк данных». Для этого прежде всего необходимо решить вопрос об *уровне обобщения информации*, т. е. о том, какую ступень природного территориального деления взять за «эталон», за основу для сбора и объединения разнообразных фактов, относящихся к природной среде. Очевидно, это будет собственно ландшафт как основная категория в системе географических комплексов, с наибольшей полнотой отражающая сочетание местных природных условий. Урочища или фации не отвечают этому требованию. Более того, их инвентаризация в общесоюзном масштабе предполагает проведение сплошной крупномасштабной ландшафтной съемки, что пока нереально. Высшие региональные природные системы (ландшафтные провинции, области, зоны и др.) слишком обширные и гетерогенные образования,

чтобы служить эталонами для обобщения физико-географической информации, комплексной оценки природной среды и разработки мер по ее оптимизации.

Следующий практический вопрос — *источники сведений* для комплексной характеристики ландшафтов. Как известно, важнейший первоисточник — полевое наблюдение, т. е. ландшафтная съемка. Однако к настоящему времени ландшафтными съемками охвачена небольшая часть страны. Поэтому ближайшая задача — свести по единой системе, т. е. по ландшафтам, разнообразную отраслевую (ведомственную) информацию о природе страны. (Тем самым выявится и состояние изученности различных территорий.) Все источники, используемые для этой цели, можно разделить на три группы:

а) официальные материалы, опубликованные различными ведомствами и содержащие унифицированные данные, охватывающие всю территорию страны (например, геологические, геоморфологические, климатические, почвенные карты, издания типа «Геология СССР», «Гидрогеология СССР», «Справочник по климату СССР», «Ресурсы поверхностных вод СССР»);

б) отраслевые литературные и картографические источники, содержащие результаты региональных исследований отдельных компонентов ландшафта (рельефа, растительности и т. д.), нередко выполняемые по разной методике и по-разному интерпретируемые, а потому требующие критического анализа;

в) материалы полевых ландшафтных исследований с соответствующими картами, статистическими данными стационарных наблюдений и т. п., также неоднородные и требующие критического анализа.

Наконец, третий существенный вопрос касается *формы обобщения и записи* фактических данных, собранных из разных источников. Очевидно, должна быть единая, достаточно жесткая форма, включающая определенный набор обязательных показателей и обеспечивающая сравнимость ландшафтов по любому из них. Это может быть только бланковая форма, наподобие тех бланков, какие уже широко применяются в ландшафтоведении для полевого описания фаций и урочищ (см., например, Геренчук и др., 1975; Жучкова, 1977).

Таким образом, суть дела состоит в создании единого *кадастра ландшафтов СССР*. Бланк такого кадастра был в свое время предложен автором (см. Исаченко, 1973).

1 Вводный раздел. Геологический фундамент Подземные воды Рельеф	2 Климат Сток и поверхностные воды
3 Морфология ландшафта, увлажнение, почвы, растительный покров Животное население Фенологические явления	4 Многолетняя мерзлота, опасные природные явления Медико-географическая характеристика Воздействие человека на ландшафт Дополнения и примечания Источники

Рис. 15. Макет бланка кадастра ландшафтов

Здесь мы ограничимся лишь макетом — представлением о разделах кадастра (рис. 15).

Надо заметить, что опыт практического составления ландшафтного кадастра на Европейской части СССР позволил сохранить первоначальную форму, главную, чтобы полнее отразить взаимную приуроченность компонентов и внутреннее (морфологическое) строение ландшафта. Поэтому было признано расширить раздел «Структура ландшафта» туда характеристику основных местоположений почв, увлажнения, почв и растительности.

Анализ природных условий и ресурсов

Оценка природных комплексов основывается на анализе их потенциала по многим и обычно сложным характеристикам, которые относятся к различным естественным условиям и ресурсам. Направление благоприятности или неблагоприятности среды для сельского хозяйства будет зависеть от совокупности разных факторов, включая обеспеченность кормами, условия перезимовки сельскохозяйственных животных, расчлененность рельефа и размеры земельных участков, плодородие почв и возможность их обработки и т. д. При комплексной оценке приходится принимать во внимание десятки факторов. Важнейшим условием при этом служит наличие данных.

Лучшим средством для сравнительного географического анализа служит карта. Однако большие трудности возникают из-за того, что разные элементы природных комплексов относятся к различным территориальным уровням и картографируют их различными методами. Чтобы получить картину непрерывного изменения различных показателей (они есть для отдельных элементов — почв, растительности, животных и т. д.) по территории, обычно на карте строят систему изолиний. Водные ресурсы характеризуют гидрографическим бассейном или отдельными водотоками, лесные — по лесхозам и т. д.

Нам интересуют сочетания, или комплексные характеристики, природных условий и ресурсов, необходимо всем показывать.

...ый дает пред-
соотношении
работы по со-
Севера
примере усовершен-
образом с тем,
оченность основ-
целесообразным строе-
а» и включать
ений, материаль-
ности.

ресурсов

ся на срав-
чень разно-
к различ-
имер, сте-
природной
сочетания
теплом
твенных
ельных
аботки,
родной
пока-
срав-

блече-
ости
дой
ди-
ак,
о-
е-
а

телям придать форму, пригодную и удобную, — как бы привести их к единому территориальному знаменателю. Поэтому важно установить единство территориальных подразделений для учета, а также учета всех показателей природной среды, а также оценки их природно-ресурсного потенциала. Просьба есть лишь одно решение: принять за таковое объективное природно-территориальное деление поверхности, т. е. сетку геосистем — ландшафтов и районов другого ранга (в зависимости от необходимости проработки и обобщения материала).

При всем огромном качественном многообразии элементов среды, играющих роль природных условий, ресурсов, они сочетаются в пространстве отнюдь не случайных, случайных комбинациях, ибо они взаимосвязаны и подчинены общим географическим закономерностям. Практически это означает, что каждой геосистеме присущ свой закономерный набор природных ресурсов — земельных, водных, лесных, минеральных и др. Геосистема — это и есть тот «общий знаменатель», который позволяет комплексно учитывать, анализировать, сравнивать и оценивать природно-ресурсный потенциал. Чтобы обеспечить полную сравнимость любых территорий и сопоставить показатели природной среды, нужно переложить эти показатели на ландшафтную основу, т. е. провести их инвентаризацию, обработку и картографирование в виде природных территориальных комплексов. В результате мы получим целую серию однородных и сопряженных карт (картограмм), дающих как бы аналитическую, поэлементную характеристику одних и тех же территориальных единиц — ландшафтов, урочищ и т. д. Тем самым существенно облегчается использование карт в практике. Более того, этот подход отражает действительные закономерности размещения природных ресурсов, ибо передает их в естественных границах, а не в искусственных (в отличие от традиционных картограмм, строящихся по административному делению).

Что касается ранга природных территориальных единиц, составляющих основу подобных карт, то в принципе ими могут быть природные комплексы любого уровня, но основное практическое значение имеют ландшафты и урочища. Наиболее полный охват всех природных условий и ресурсов достигается выделением ландшафтов. Однородность в зональном и азональном аспектах, а следовательно

на, в основных чертах климата и геологического фундамента предопределяют размещение в границах ландшафта самых разных частных ресурсных рубежей — агроклиматических, минерально-сырьевых, водных, лесных и др. Таким образом, ландшафт представляет собой в сущности самостоятельный природно-ресурсный район, характеризующийся специфическим набором природных ресурсов и одновременно своеобразными местными условиями для их освоения.

Описанные принципы были применены для комплексного ресурсного картографирования Северо-Запада Европейской части СССР (Исаченко и Шляпников, 1976). Карты создавались параллельно с разработкой ландшафтного кадастра и в значительной степени на его основе.

Все рассматриваемые ниже примеры (рис. 16, 17, 18, 19, 20) построены, как это нетрудно заметить, на единой ландшафтной основе — во всех случаях территориальными единицами картографирования послужили ландшафты, показанные на рис. 13. Каждая карта отражает группировку одних и тех же природных контуров, но по разным критериям. Таким образом, эти карты отображают не просто «ресурсы», а ресурсы ландшафтов (аналогичным образом можно построить карты ресурсов урочищ или ландшафтных зон).

На элементарных ландшафтно-ресурсных картах, показанных на рис. 16—19, отображены в отдельности некоторые важные агроклиматические характеристики ландшафтов. На рис. 20 дается обобщенная (комплексная) характеристика агроклиматических условий и ресурсов по тем же ландшафтам, с учетом ряда частных показателей, в том числе и отраженных на четырех предыдущих картограммах.

Приведенные карты дают, естественно, лишь сравнительную фоновую характеристику ландшафтов, без их внутренних (морфологических) различий. Для отображения последних требуется перейти к следующему, более низкому уровню иерархии геосистем, т. е. к урочищам.

Картограмма годового слоя стока (рис. 21) характеризует в самой обобщенной форме возобновимые ресурсы поверхностных вод отдельных ландшафтов.

Лесные ресурсы, как выше отмечено, могут быть все-сторонне освещены с помощью серии элементарных карт. Одна из них — картограмма лесистости (рис. 22). Подобно предыдущим, она внешне очень проста и по своему содер-

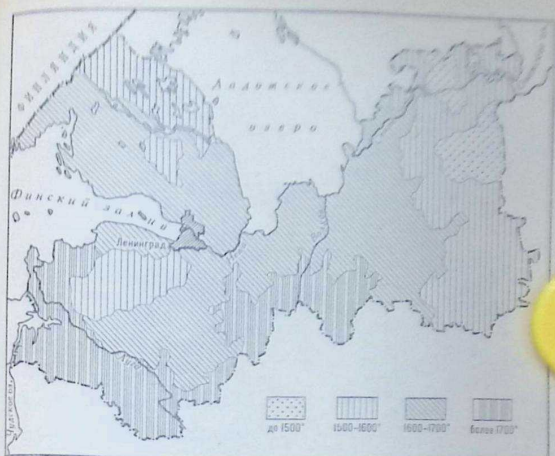


Рис. 16. Сумма температур за период со средними суточными температурами выше 10° по ландшафтам Ленинградской области

жанию отнюдь не оригинальна. Специфика этой карты в том, что она построена не по сетке административно-хозяйственного деления, как это обычно делается, а по природным комплексам и легко сопоставляется со всеми другими картами ресурсной серии.

Разумеется, лесистость не может служить исчерпывающим показателем лесных ресурсов. Попытка более полно осветить *современное состояние* лесного фонда области по конкретным ландшафтам представлена на рис. 23. Эта картосхема комплексная: на ней совмещено несколько определяющих показателей лесных ресурсов. Продолжая развивать эту тему, можно перейти далее к картографированию *потенциальных* лесных ресурсов, опираясь на анализ лесорастительных условий в разных ландшафтах и на изучение сохранившихся коренных лесов (на значительной части территории современный растительный покров представлен временными вторичными насаждениями, в том числе мелколесьями, которые не отражают действитель-

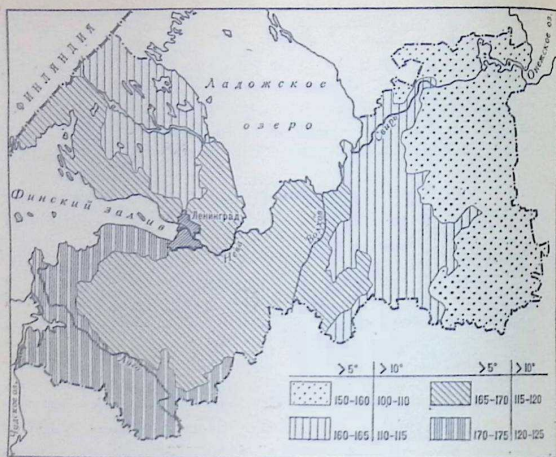


Рис. 17. Продолжительность периодов (число дней) со средними суточными температурами выше 5° и выше 10° по ландшафтам Ленинградской области

ного лесоресурсного потенциала природных комплексов). Опыт составления такой карты представлен на рис. 24. Здесь мы уже отступаем от строгой инвентаризации ресурсов и переходим к оценке природных комплексов и прогнозированию их динамики.

Особо следует остановиться на картах минеральных ресурсов. В отличие от традиционных карт этого типа, на которых различными значками показаны месторождения полезных ископаемых, в данном случае речь идет о группировке ландшафтов по свойственному им набору, или сочетанию, ресурсов недр. Поскольку одним из главных диагностических признаков ландшафта служит строение геологического фундамента (включая как четвертичные, так и дочетвертичные породы), можно ожидать, что различным видам ландшафтов будут свойственны свои комплексы минерально-сырьевых и энергетических ресурсов. Это предположение полностью подтверждается на

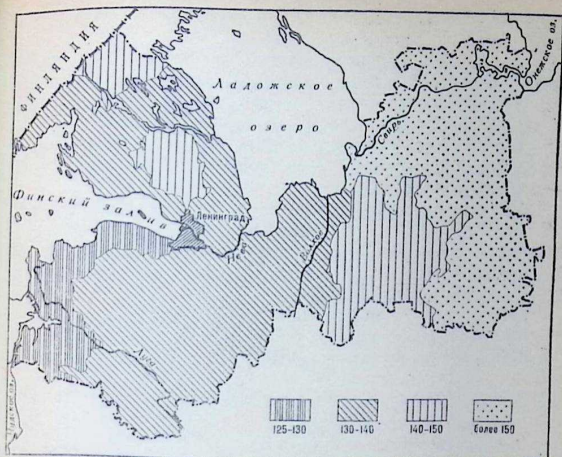


Рис. 18. Продолжительность залегания снежного покрова (число дней) по ландшафтам Ленинградской области

практике. Так, в Ленинградской области ландшафты низменных озерно-ледниковых равнин на ленточных глинах (№ 1 на рис. 13) — главные сырьевые базы для производства кирпича. Ижорский ландшафт, относящийся к группе платообразных возвышенных ландшафтов на карбонатных нижнепалеозойских породах (№ 11 на той же карте), — основной район добычи известняка и доломита. Сельговые ландшафты Балтийского кристаллического щита (№ 10) — уникальные поставщики гранита. В ложбинах между сельговыми грядами можно добывать песчано-гравийный материал и кирпичные глины. Низменные моренные заболоченные ландшафты (№№ 5—6) бедны строительными материалами, но обладают значительными торфяными ресурсами, и т. д.

Карта ресурсов минеральных строительных материалов (рис. 25), приведенная здесь как пример, отражает соответствующую группировку ландшафтов. Легко заметить, что она мало отличается от общей типологической

ландшафтной карты (рис. 13). Карты такого типа могут иметь прогнозное значение.

Мы привели далеко не полный набор ландшафтно-ресурсных карт. Его можно было бы дополнить более подробной характеристикой ресурсов поверхностных вод, картами ресурсов подземных вод, почвенных ресурсов (в частности, запасов микроэлементов в различных ландшафтах), лекарственных, естественных кормовых и других растительных ресурсов и т. д.

В некоторых случаях ресурсные карты, в особенности комплексного типа (агроклиматические, минерально-сырьевые, лесные и др.), приближаются к оценочным и прогнозным картам, так что грани между этими группами карт не всегда резко очерчены.

Метод картографирования на ландшафтной основе применим не только для отображения собственно ресурсов, но и для аналитической характеристики природных компо-

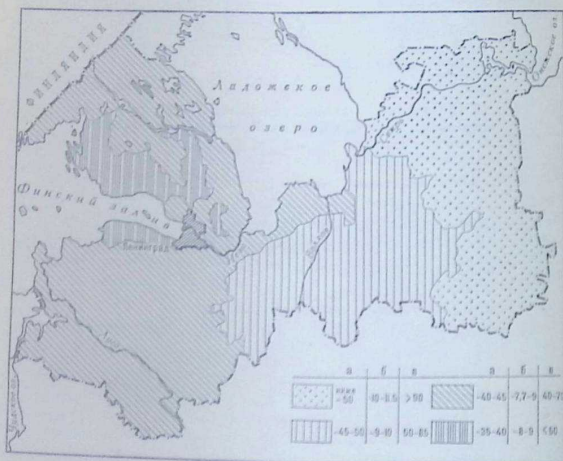


Рис. 19. Температурные условия холодного периода по ландшафтам Ленинградской области:

а — абсолютный минимум температур (в градусах),
б — средняя температура самого холодного месяца (в градусах),
в — вероятность наступления дней с температурой ниже -30° (в %)

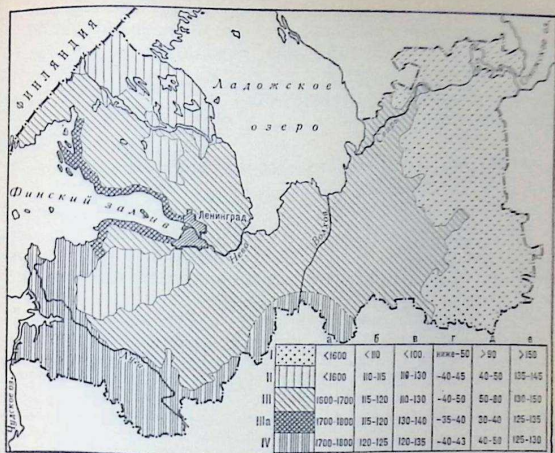


Рис. 20. Агроклиматическая группировка ландшафтов Ленинградской области:

I—IV—агроклиматические группы ландшафтов, IIIa — прибрежная полоса вдоль Финского залива. Основные показатели: а — сумма температур за период со среднесуточными температурами выше 10° , б — продолжительность этого периода (сут.), в — продолжительность безморозного периода (сут.), г — абсолютный минимум температур, д — вероятность наступления температур ниже -30° (в%), е — продолжительность залегания снежного покрова (сут.).

лексов вообще, в том числе их состояния, связанного с воздействием человека, их освоенности, а также влияния природной среды на жизнь общества.

Простой пример — картограмма распаханности территории по ландшафтам (рис. 26). Если сравнить ее с обычной картограммой, построенной по административным районам (рис. 27), нетрудно заметить, что она дает более точную и закономерную картину. Использование для картографирования этого показателя сетки административного деления приводит к смазыванию существенных различий, обусловленных влиянием природной среды, поскольку ландшафты во многих районах крайне разнородны.

Аналогичная картина получается при картографировании плотности населения и его динамики. Медико-геогра-

фические карты, построенные на ландшафтной основе (Фельдман, 1977), позволяют выявить ландшафтную обусловленность таких заболеваний, как клещевой энцефалит, зоб, столбняк и многие другие, разработать медико-географические прогнозы, планировать профилактические и лечебные мероприятия.

Принципы и методы качественной оценки природной среды

Природные условия и ресурсы оцениваются для того, чтобы определить степень их пригодности или благоприятности, исходя из тех или иных общественных потребностей. Оценка предполагает наличие объекта и субъекта. Объектом оценки могут выступать любые природные элементы (например, формы рельефа, температура воздуха, растения и др.), компоненты (климат, почвы и др.) или их сочетания. Под субъектом оценки могут подразуме-

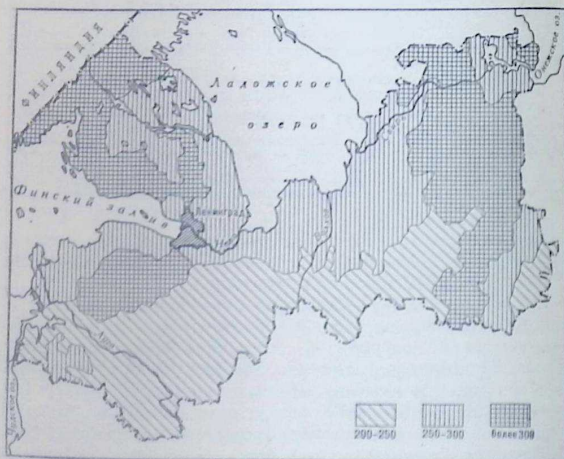


Рис. 21. Годовой слой стока по ландшафтам Ленинградской области (в мм)

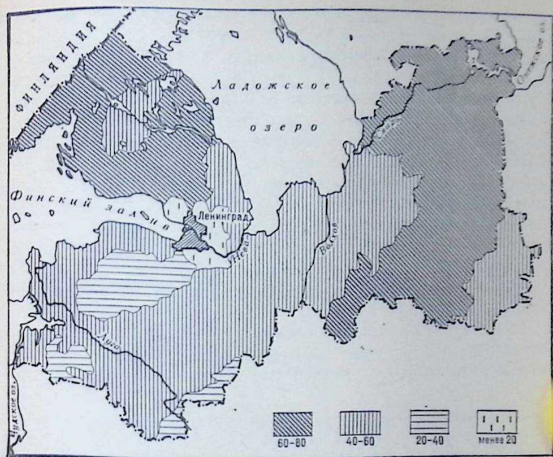


Рис. 22. Лесистость ландшафтов Ленинградской области (в %)

ваться технические средства и сооружения (например, дороги), отдельные предприятия и отрасли хозяйства, хозяйство в целом и сами люди — их различные группы и коллективы.

Оценка выражает отношение «субъекта» к «объекту» в форме специализированной группировки (ранжирования) оцениваемых объектов в зависимости от их социальной значимости, возможности и эффективности использования. Оценка, таким образом, всегда соотносительна, и этим она отличается от инвентаризации, т. е. от учета или измерения.

Оценка природной среды и любых ее элементов исторична, поскольку с развитием общественных потребностей и техники изменяется роль различных природных ресурсов и отношение к ним общества. Это обстоятельство в сочетании с огромным многообразием «объектов» и «субъектов» определяет множественность оценок. Не существует какой-либо единой оценки природной среды «вообще», безотносительно к конкретному «субъекту».

Однако в данном случае нас интересуют не все виды и формы оценок, а лишь те, в которых объектом выступает природный территориальный комплекс как целое, т. е. как геосистема. Иначе говоря, в дальнейшем мы будем заниматься вопросами комплексной, или интегральной, оценки геосистем. Строго говоря, оценка отдельных элементов геосистемы — абстракция, ибо оценка каждого данного элемента будет зависеть от влияния других элементов и компонентов системы. Например, оценка одного и того же уклона поверхности для определения возможности его распахки будет разной в зависимости от свойств материнской породы, режима и интенсивности атмосферных осадков, мощности снежного покрова и условий его таяния. То же можно сказать о сельскохозяйственной оценке почвы или климата.

Кроме того, оценка отдельных элементов природного комплекса имеет мало практического смысла: при освоении и использовании территории приходится сталкиваться

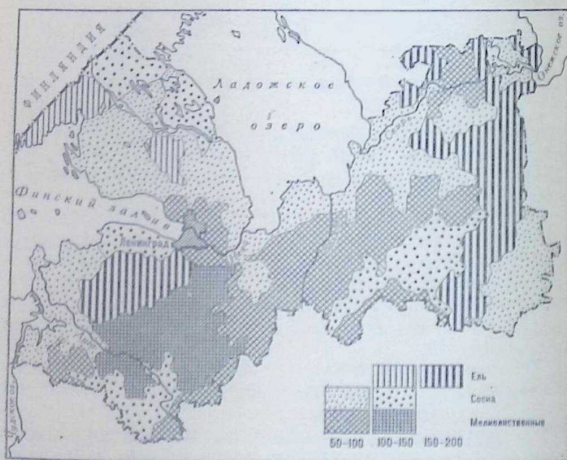


Рис. 23. Современные лесные ресурсы Ленинградской области. Преобладающие породы и общий средний запас древесины ($\text{м}^3/\text{га}$) по ландшафтам

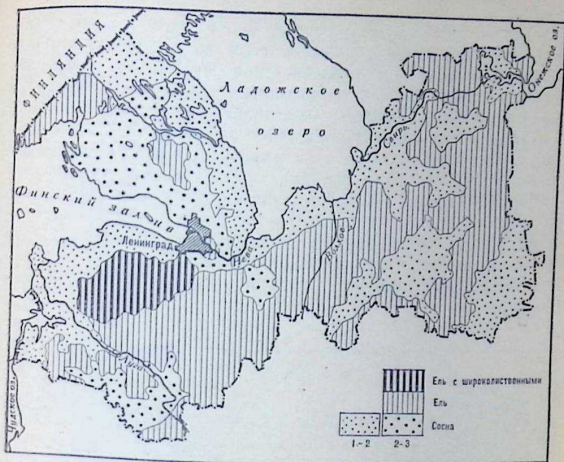


Рис. 24. Потенциальные лесные ресурсы Ленинградской области. Перспективные древесные породы и средний годовой прирост древесины ($\text{м}^3/\text{га}$) по ландшафтам

одновременно с влиянием многих факторов, в конечном счете с их интегральным влиянием. Но поэлементная оценка обычно бывает необходима как предварительная процедура, предшествующая процессу получения интегральной оценки.

Иногда каждый элемент оценивается в своих территориальных подразделениях, а затем результаты накладываются на одну карту и выводится интегральная оценка. А иногда все частные оценочные показатели вычисляются для выборочных точек и суммируются, после чего путем интерполяции строится сеть изолиний, выражающих разные значения интегральной оценки (см., например, Лопатина и Назаревский, 1972).

Подобным способам присущи серьезные недостатки. Территориальные оценочные подразделения получаются условными, подчас случайными (в ряде случаев интерполяция вообще недопустима, ибо многие природные яв-

ления дискретны). Значительно более точные и объективные результаты мы получим, если за территориальные оценочные единицы примем геосистемы — естественные закономерные сочетания различных природных условий и ресурсов. Использование ландшафтной карты с единой системой природных территориальных подразделений позволяет сопоставлять и интегрировать любые поэлементные оценки, а также сравнивать результаты оценок разного направления (сельскохозяйственного, рекреационного и т. д.). К. А. Салищев (1970 с. 7), рассматривая перспективы оценочного картографирования, подчеркивал, что одно из главных условий его развития — «опора на ландшафтные исследования и их картографические результаты».

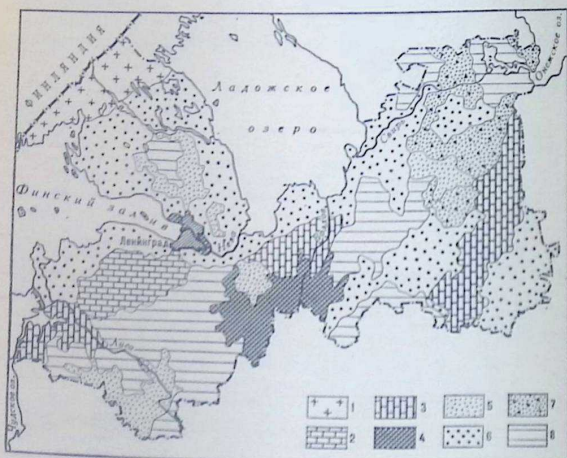


Рис. 25. Ресурсы минеральных строительных материалов по ландшафтам Ленинградской области:

1 — граниты, 2 — известняки, доломиты, 3 — известняки, местами песчано-гравийный материал, 4 — глины кирпичные, 5 — песчано-гравийный материал, местами минеральные красны, 6 — песчано-гравийный материал, местами глины кирпичные, 7 — песчано-гравийный материал, валунный камень, 8 — малоперспективные ландшафты (местами песчано-гравийный материал и валунный камень; единичные месторождения формовочных песков)

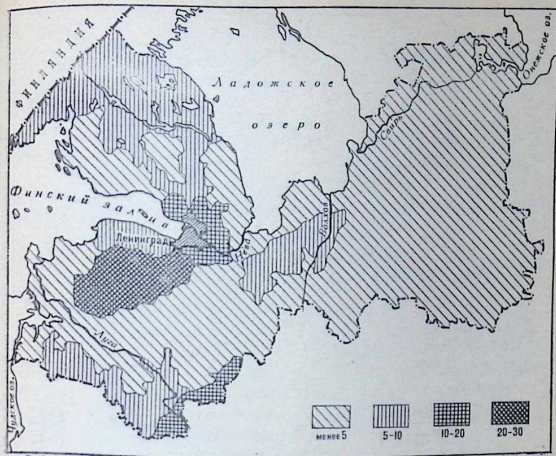


Рис. 26. Распаханность территории Ленинградской области по ландшафтам (в %)

Таким образом, вопрос об объекте оценки в данном случае решается однозначно: в дальнейшем мы будем продолжать иметь дело с геосистемами различных рангов.

Теперь постараемся уточнить понятие «субъектов» оценки применительно к задачам оптимизации природной среды. Природный комплекс как объект оптимизации должен интересовать нас во многих аспектах. Один и тот же ландшафт будет представлять неодинаковую ценность в зависимости от того, с позиций какого «субъекта» к нему подходить.

Одна из главных целей оценки природного комплекса состоит в том, чтобы помочь выбрать наилучший вариант его хозяйственного использования, а также очередность освоения, оптимальные технологические решения. Здесь «субъектами» выступают различные отрасли производства (сельское, лесное хозяйство, строительство и т. д.). В целом это направление оценочных исследований можно назвать *производственным* или *технологическим*. В нем



Рис. 27. Распаханность территории Ленинградской области по административным районам (в %)

выделяется ряд ветвей в соответствии с конкретными «субъектами». Можно, например, оценивать природные комплексы только под углом зрения перспектив и возможностей развития отдельных сельскохозяйственных культур, строительства дорог, трубопроводов или инженерных сооружений определенного типа и т. п.

Другое важное направление связано с оценкой природной среды как совокупности условий жизни людей, и его следует назвать *экологическим* или *социально-экологическим*. В данном случае «субъектом» непосредственно становится население. К конкретным видам оценок относятся такие, как медико-географическая, санитарно-гигиеническая, рекреационная, эстетическая. Каждая из них в свою очередь может дифференцироваться дальше (например, можно оценивать ландшафты с позиций различных категорий отдыхающих или нуждающихся в том либо ином лечении).

По-видимому, следует особо выделить группу *мелиора-*

тивных оценок, куда войдут все виды оценок, рассчитанные на использование в работах по улучшению природной среды (гидромелиорация, агролесомелиорация, борьба с оврагами и др.).

Переходя теперь к способам оценки геосистем, необходимо указать на различия между *качественной* и *количественной* оценками. Первая имеет целью выявить качественные различия природной среды, существенные для ее практического использования, вторая — должна помочь определить экономическую эффективность освоения, использования, а также мелиорации среды. Качественная оценка выражается в натурных показателях или в единицах условной бонитировочной шкалы, количественная — в стоимостных показателях. Количественная оценка есть не что иное, как оценка *экономическая*. Проблемы экономической оценки относятся к задачам экономической науки и экономической географии, им посвящена обширная дискуссионная литература (см. Минц, 1972; Экономическая оценка природных ресурсов, 1969; Экономическая оценка и рациональное использование..., 1973).

К компетенции физико-географа относится, таким образом, *всесторонняя качественная оценка геосистем*. Опыт свидетельствует, что успеху оценочных ландшафтно-географических исследований способствует тесное сотрудничество физико-географа (ландшафтоведа) со специалистами, представляющими тот или иной «субъект», т. е. с инженером, мелиоратором, агрономом, медиком, архитектором.

Принципы качественной оценки геосистем основываются на изучении взаимоотношений между природным комплексом и «субъектом» оценки. Для этого необходимо знать требования последнего к среде, а также характер его воздействия на природный комплекс. В тех случаях, когда требования «субъекта» хорошо известны и сформулированы в официальных инструкциях («Строительные нормы и правила» и т. п.) и проектировщик может четко сформулировать задачу, географу остается только подобрать подходящие природные комплексы. Такая ситуация называется *нормативной* (Куницын и др., 1969; Мухина, 1973).

Однако такая ситуация довольно редка. Нормативы разработаны лишь для относительно простых случаев (например, допустимых уклонов поверхности при прокладке дорог и строительстве зданий), они не охватывают *комплекса* природных факторов и быстро устаревают.

Поэтому чаще при оценке природных комплексов складывается *исследовательская* ситуация, при которой придется решать ряд задач, связанных с взаимоотношениями субъекта и объекта оценки. Особенно важно выяснить возможные результаты предполагаемого вмешательства в природные процессы: как в будущем инженерные сооружения, мелиоративные, агротехнические или иные меры повлияют на геосистемы. Таким образом, оценка тесно связана с прогнозом, она часто содержит в себе его элементы. Вместе с тем любая качественная оценка геосистем должна как бы включать в себя и оценку их устойчивости к соответствующему воздействию.

Отсюда нетрудно объяснить, почему «заказчик» обычно не в состоянии задать критерии оценки и даже перечень необходимых для нее природных показателей. Чаще решение ищут совместно методом последовательного приближения: начинают с предварительных набросков, постепенно расширяя и углубляя оценку.

Методика качественной оценки геосистем начинается с отбора оценочных показателей, т. е. определения тех свойств природного комплекса, которые существенны для данного «субъекта». Чем сложнее последний, тем труднее задача. «Субъекты» также могут быть и относительно элементарными и более или менее комплексными. Так, дать рекреационную оценку территории для организации пассивного летнего отдыха небольшой группы людей проще, чем дать такую же оценку для создания многоцелевого рекреационного комплекса для большого города.

Оценивая геосистемы с позиции их оптимизации, приходится учитывать возможность их многоцелевого использования, а также необходимость мелиорации и охраны. Этим диктуется многостепенный, как бы ступенчатый характер процесса оценивания — от более простых («низших») форм оценки к все более высоким ступеням интеграции оценок (например: строительство шоссе — строительство определенного класса — строительство безрельсовых дорог — дорожное строительство вообще — инженерное освоение территории в целом).

По мере поднятия по ступеням оценочной лестницы парастает число оценочных показателей и вместе с тем усложняется проблема их интегрального оценивания.

После того как набор необходимых показателей природного комплекса определен, обычно приступают к их раздельной *бонитировке*, т. е. непрерывный ряд наблюдаемых

величин разбивают на некоторое число ступеней, или бонитировочных классов, с учетом критических, или пороговых, значений. Так, на шкале уклонов рельефа интервал между $0,5^\circ$ и $4,0^\circ$ будет соответствовать наиболее благоприятным (оптимальным) условиям для строительства. При уклонах менее $0,5^\circ$ ухудшается дренаж, усложняется устройство канализации; при уклонах более 4° нарастают трудности для строительства сооружений и их эксплуатации, а территории с уклонами свыше $20-30^\circ$ практически вообще непригодны для большинства видов строительства.

Таким образом, интервалы оценочной шкалы не обязательно будут одинаковыми и оптимум может оказаться в разных ее частях. При оценивании важно выявить лимитирующие факторы, исключающие возможность использования природного комплекса для той или иной цели. Наличие уклона в 30° в приведенном примере сводит на нет значение всех других природных факторов, так что отпадает необходимость их оценивать во всех тех природных комплексах, которые лежат за пределами этого «порога».

Наиболее сложная часть оценочного исследования — переход от частых (поэлементных) оценок к *интегральной оценке природного территориального комплекса*. Основные трудности здесь связаны, во-первых, с качественным разнообразием и несоизмеримостью первичных оценочных показателей (например, уклона поверхности, физических свойств грунта, климатических условий и т. д.) и, во-вторых, с их неодинаковой значимостью, или «весом» (например, в интегральной оценке природных условий капитального строительства рельеф играет более важную роль, чем почва или растительность, хотя и они имеют значение).

Чаще всего решение проблемы видят в применении балльных шкал. Предварительно все частные показатели оцениваются по одинаковой 3—5-балльной шкале, затем оценки всех показателей суммируются и выводится «суммарный балл» (из суммы можно получить среднее арифметическое, так что результат будет выражен в той же 3-, 4- или 5-балльной шкале). Считается, что таким образом можно преодолеть несоизмеримость (т. е. выражение в разной размерности) поэлементных оценок. Высший балл означает наиболее благоприятные условия, низший — наименее, промежуточные — мало или относительно благоприятные.

Для того чтобы учесть разную значимость отдельных элементов оценки, им нередко придают различные «веса»,

т. е. вводят поправочные «коэффициенты значимости» (например, чтобы отразить решающую роль рельефа, баллы его оценки перемножаются на коэффициент 1,5 или 2,0, тогда как для других природных элементов остается коэффициент 1,0, а для некоторых он может быть уменьшен до 0,5 и т. п.).

При всей внешней простоте этот способ выведения интегральной оценки страдает крупными недостатками.

Прежде всего деление всех природных комплексов на небольшое число бонитировочных групп по 3—5-балльной системе слишком схематично, оно во многих случаях не отражает действительного разнообразия природной среды и бывает недостаточным для принятия практических решений.

Еще более серьезный недостаток состоит в том, что местности, где в действительности сочетаются самые разнообразные условия, получают в результате механического сложения элементарных оценок одинаковый суммарный балл. Так, условия строительства на Витимском плоскогорье и в Ергенях признаны «одинаковыми», выражаются одним и тем же баллом (Мухина, 1973). Но Витимское плоскогорье имеет «единицу» за многолетнюю мерзлоту, а Ергени получили по этому показателю «пятерку» (поскольку мерзлоты там нет), а по механическому составу грунтов ситуация прямо противоположная.

Таким образом, балльное выражение оценки скрывает принципиальные *качественные различия* в условиях освоения, заселения, использования разных территорий.

В некоторых случаях суммирование баллов приводит к резкому искажению фактического положения вещей. Так, высокая сейсмичность или крайняя расчлененность рельефа нередко исключают какую бы то ни было возможность строительства, между тем как другие природные условия вполне благоприятны и получают высокие баллы. Формально общая сумма баллов может оказаться значительной, но она лишена смысла, так как никакие преимущества прочих условий не могут компенсировать роли одного фактора, определяющего общую отрицательную оценку. В связи с этим одни авторы предлагают не суммировать, а перемножать баллы поэлементных оценок (Арманд, 1973). Другие высказывают сомнения по поводу правомерности такого приема и предлагают более сложные манипуляции (Мухина, 1973). Но вряд ли есть смысл спорить на эту тему: если заведомо известно, что какое-либо качество при-

родного комплекса сводит всю оценку к нулю, зачем продвигать какие-либо дополнительные манипуляции с баллами?

Весь процесс выведения суммарного балла, начиная от перевода первичных поэлементных оценок в единую шкалу и определения весовых значений отдельных факторов, условен и содержит много субъективного, чего не отрицают сами сторонники этого метода (Лопатина и Назаревский, 1972; Мухина, 1973; Bartkowski, 1974). Поэтому точность оценки оказывается лишь кажущейся, в действительности результат ее очень приблизителен, а нередко и сомнителен.

Стремясь «объективизировать» эту процедуру, некоторые авторы сгущают сеть оценочных точек (иногда снимая все оценочные показатели для нескольких тысяч точек!), привлекают аппарат математической статистики и ЭВМ, и только для того, чтобы установить 4—5 категорий сложности или благоприятности условий на территории площадью в миллионы квадратных километров. В сущности получаются тривиальные выводы вроде того, что в лесостепи условия жизни лучше, чем в южной тайге, а в последней лучше, чем в тундре.

Возникает серьезное сомнение в отношении практического смысла столь трудоемких исследований. В самом деле, какие выводы может сделать проектировщик, выбирая оптимальное технологическое решение, узнав, что данный ландшафт оценен баллом «3» или «4» и что одинаковый балл имеют таежные ландшафты на мерзлоте и полупустынные — на лёссах? ¹

Оценочная группировка геосистем должна быть содержательной: каждую ступень оценки, как бы она ни была получена, необходимо раскрыть *по качеству*, по фактическому сочетанию природных условий и ресурсов. Для этого следует провести *оценочную классификацию природных территориальных комплексов* (Исаченко, 1972). Классифицировать следует по тем критериям, которые важны с позиции данного «субъекта», т. е. по заранее отобранным

¹ Согласно И. В. Канцеевской и Л. И. Мухиной (1972), природные условия строительства одинаково «среднеблагоприятны» на Украине и Чукотском нагорье, «благоприятны» — в Нечерноземном центре и горах Охотского побережья. В другой работе Л. И. Мухиной находим, что Ленинградская область и Северная Земля имеют одинаковый балл «пляжно-купальной» оценки (Теоретические основы рекреационной географии, 1975, с. 178).

оценочным показателям. Эти показатели соответственно их значимости должны учитываться в определенной перспективе. Понятие «значимости» относительно и в той или иной мере условно. Например, для развития сельскохозяйственных культур одинаково важны и, как известно, не взаимозаменяемы тепло, свет, влага, различные элементы минерального питания. Некоторая условность в очередности использования различных показателей при разработке оценочной шкалы не повлияет на конечный результат, ибо на последней ступени классификации так или иначе будут учтены все факторы.

Все же существуют некоторые принципиальные критерии значимости природных факторов. Они определяются, во-первых, податливостью данного фактора человеческому воздействию, возможностью преодоления его неблагоприятного (лимитирующего) влияния и, во-вторых, его ролью в геосистеме, т. е. тем, насколько он определяет характер других природных явлений и процессов (или, напротив, зависит от них). Так, например, обеспеченность теплом для сельского хозяйства служит важнейшим «первичным» природным фактором, который практически не поддается регулированию и в то же время определяет многие другие свойства геосистем, существенные для сельского хозяйства. Обеспеченность влагой также важный фактор, но возможности регулировать ее у нас значительно шире. Почва тоже необходима, но ее недостатки в значительной мере преодолимы. «Исправить» же рельеф или материнскую породу практически невозможно.

Таким образом, при оценочной группировке ландшафтов для сельского хозяйства можно сначала разделить их на категории по обеспеченности теплом, на следующей ступени ввести рельеф как фактор, влияющий на возможность распашки и механизированной обработки полей, затем — обеспеченность влагой и мелиоративное состояние земель и т. д.

В итоге мы получим ряд оценочных групп, которые соответствуют реальному разнообразию комбинаций природных условий сельского хозяйства. Их целесообразно объединить в несколько основных оценочных классов (наиболее благоприятные, относительно благоприятные, малоблагоприятные, неблагоприятные). Это объединение носит сугубо вспомогательный и относительный характер, и нет смысла — с помощью баллов или каких-либо других искусственных приемов — добиваться количественного

сравнения и жесткой ранжировки качественно крайне разнородных сочетаний элементов природной среды.

Для разработки оценочной классификации целесообразно предварительно составить, как рекомендуют Е. Б. Лопатина и О. Р. Назаревский (1972), таблицу-матрицу, показывающую соотношения между различными сторонами субъекта (например, медико-географическими, рекреационными и другими аспектами условий жизни населения) и элементами природного комплекса (оценочными показателями), с указанием относительной значимости каждого элемента для всех аспектов «субъекта» оценки.

Основные направления качественной оценки геосистем

Как мы уже знаем, набор специализированных оценок природных комплексов может быть безграничным. Но для разработки главных направлений оптимизации природной среды важно выбрать ключевые темы. Всеобщее значение имеют оценки инженерно-строительные, сельскохозяйственные, рекреационные. В зависимости от конкретных условий, т. е. характера ландшафтов, с одной стороны, и перспективных и текущих планов социально-экономического развития — с другой, эти основные направления оценок приобретают тот или иной акцент, детализируются, а кроме того, могут быть дополнены другими оценками (например, лесорастительной, гидромелиоративной и т. п.).

Инженерная оценка геосистем. В эту обширную группу входят оценочные исследования разных направлений — от узкоспециализированных (например, оценка природных условий для прокладки трубопроводов или строительства аэродромов) до инженерно-ландшафтных исследований, предназначенных для оценки общих условий промышленного и гражданского строительства или инженерного освоения территории в целом. Уже есть опыт инженерно-географических исследований как более узкого, так и более широкого характера. Так, Т. В. Звонкова с сотрудниками (1973) разработала серию карт оценки территории Западной Сибири для дорожного строительства, освоения нефтяных и газовых месторождений, промышленного и гражданского строительства. Правда, авторы применили аналитический подход: они исходили не из системы природных комплексов как целостных объектов оценки, а пошли способом наложения на карту частных оценочных показате-

лей. В. С. Преображенский и его соавторы (Типы местности и природное районирование Читинской области, 1961) избрали иной путь: они попытались дать общую оценку условий инженерного освоения по *физико-географическим районам*. Методически этот подход более перспективен, хотя оценочная группировка не опиралась на строгие критерии и получилась слишком схематичной.

И. В. Канцеговская и Л. И. Мухина (1972) попытались разработать оценку природных условий строительства всей территории СССР, взяв за территориальные оценочные единицы физико-географические провинции, что в силу общирности и гетерогенности этих региональных подразделений имеет, по-видимому, мало смысла. К тому же, как уже отмечалось, принцип балльной оценки привел авторов в ряде случаев к грубым ошибкам.

Примером конкретного ландшафтно-географического анализа для градостроительных целей можно назвать исследование Я. Р. Дорфмана (1961) по обоснованию перспективного плана развития города Черновцы. Представляют интерес исследования польских географов по изучению природной среды для градостроительства, хотя они имеют преимущественно аналитический характер (Różycka, 1971). Значительное приближение к ландшафтно-географическому подходу мы обнаруживаем в работах словацких специалистов по ландшафтно-экологическому обоснованию планировки населенных пунктов (Ružyčka a kolektív, 1976).

Всякая инженерная оценка природных комплексов должна начинаться с отбора оценочных показателей и определения критериев оценки. Набор показателей оказывается почти неисчерпаемым; он охватывает практически все компоненты ландшафта. Здесь, разумеется, невозможно подробно проанализировать все элементы ландшафта, имеющие инженерно-оценочное значение, к тому же с позиций различных «субъектов». Для этого необходимо создать специальное руководство, а мы ограничимся лишь наиболее существенными примерами.

Один из главных инженерно-оценочных элементов ландшафта — рельеф. Расчлененность рельефа определяет наличие строительных площадок и их размеры, объем земляных работ, частоту мостовых переходов, степень удлинения трасс дорог, влияет на эксплуатацию инженерных сооружений (производительность транспортных механизмов, расход горючего, скорость движения и др.). От релье-

рена, некоторые пески. Но для строительства напорных плотин такие материалы малопригодны, так как через них фильтруется вода из водохранилищ. Крупные валуны создают трудности при подземном строительстве. Глины, суглинки, пылеватые грунты, переувлажняясь, набухают, размягчаются, теряют несущую способность, а высыхания дают осадку. Они непригодны как балластный материал. Лёссы отличаются просадочностью. Крайне неблагоприятны для инженерного освоения мощные торфяники. Мерзлые грунты очень прочны, но попеременное таяние и замерзание деятельного слоя приводит к их пучению и деформации сооружений.

Значение климата как фактора инженерного освоения территории чрезвычайно многообразно (см. Заварина, 1976). Температура воздуха влияет на тепловой режим помещений, от нее зависит расчет толщины стеновых ограждений, площади окон, системы отопления и вентиляции, нормы топлива, ориентации зданий. Быстрая смена температур способствует разрушению ограждающих конструкций. Низкие температуры могут вызвать разрушение металлических конструкций (дорожных, строительных и других машин, мостов, опор линий электропередач, рельсов, проводов и др.), уменьшают надежность и долговечность резиновых изделий, пластмасс. Температура почвогрунта влияет на фундаменты и трубопроводы; вспучивание грунтов при замерзании создает дополнительные нагрузки на сооружения и подземные коммуникации.

Высокая влажность воздуха способствует разрушению стен зданий, развитию грибков, увеличивает теплоотдачу помещений, создает внутри них сырость. В этом же направлении действуют длительные морозящие дожди. Негативную роль играют снег (нагрузка на крыши зданий, осложнение работы городского транспорта и условий строительных работ), изморозь, гололед.

Ветер, с одной стороны, создает ветровую нагрузку, с которой приходится считаться при проектировании высоких зданий, труб, опор линий электропередач, мачт. Он вызывает пыльные бури, метели, бураны, усиливает теплоотдачу зданий, усугубляет охлаждение металлических конструкций и понижает их хладостойкость, ухудшает условия работы на открытом воздухе. Но, с другой стороны, ветер ускоряет просушивание стен зданий, охлаждает помещения от перегрева, улучшает вентиляцию и уносит промышленные выбросы.

Поверхностные и подземные воды оцениваются как источники водоснабжения и как природные факторы, обуславливающие определенные инженерные ограничения. Последние определяются густотой гидрографической сети, шириной и глубиной долин, озерностью, заболоченностью, паводками. Грунтовые воды создают большие помехи при промышленном строительстве, если их уровень лежит выше 7 м, а при жилищном — выше 3 м. Обводненность пород усложняет строительство туннелей и других подземных сооружений. Воды, содержащие сульфаты, разрушают бетон.

При инженерной оценке природных комплексов необходимо учитывать растительный покров, а в некоторых ландшафтах — и животный мир. Растительный покров играет важную санитарно-гигиеническую роль в городах, защищает транспортные пути от снежных заносов, предохраняет насыпи от размыва. Причиной существенных инженерно-строительных помех могут быть термиты, гризуны, ядовитые змеи. Мелкие животные создают механические повреждения. По их вине происходит короткое замыкание. Птицы создают помехи для воздушного транспорта.

Для отдельных групп ландшафтов характерны специфические инженерные ограничения, вызванные такими природными явлениями, как сейсмичность, которая усиливает и удорожает строительство, а при силе землетрясений свыше 9 баллов практически исключает возможность строительства.

За критерии инженерной оценки тех или иных элементов природной среды обычно принимают нормативы, устанавливаемые строительными нормами и правилами (СНиП'ами). Таких нормативов очень много. В одной лишь строительной климатологии их десятки — существует специальная методика их расчета (см., например, Гербул — Гейбович, 1971; Заварина, 1976).

Принимая во внимание многообразие возможных аспектов инженерной оценки природных условий и связанную с этим необозримость элементарных оценочных показателей, важно определить, насколько глубоко специализированной должна быть комплексная, ландшафтно-географическая оценка, какими принципами следует руководствоваться при отборе показателей, в какой мере следует учитывать существующие частные нормативы.

В результате прикладных географических исследований может быть разработана целая система инженерных

оценок — от относительно узких до более широких, с серией оценочных карт различного содержания (см., например, Звонкова и др., 1973). Однако специфика и значение ландшафтного подхода наиболее полно проявляются в разработке ландшафтно-инженерных карт широкого, или общего, назначения. Можно утверждать, что, чем шире и сложнее инженерная проблема, тем более необходимо участие географа-ландшафтоведа в ее решении. Это участие особенно актуально на первых стадиях проектирования, на уровне технико-экономического обоснования (ТЭО) и разработки проектного задания, когда важно предусмотреть с возможной полнотой взаимосвязи между будущим инженерным комплексом и геосистемами и наметить различные альтернативные варианты решения.

При инженерной оценке обширных территорий, где предполагается возводить промышленные комплексы или новые города, ландшафтно-географическое обоснование более актуально, чем при инженерном освоении конкретной строительной площадки или при сооружении дорожной насыпи, хотя и здесь во многих ситуациях участие ландшафтоведа оказывается небесполезным.

Совместный учет различных природных факторов позволяет выделить среди них *определяющие* и избавляет от необходимости анализировать при комплексной оценке многочисленные частные параметры и нормативы. Более того, ландшафтный подход позволяет увязывать, т. е. совмещать и согласовывать в единой системе территориальных единиц разрозненные частные оценки. Благодаря ему можно точнее и полнее отразить пространственную дифференциацию разнообразных элементов климата, имеющих инженерное значение, чем это осуществлено в многочисленных схемах частного прикладного климатического районирования, несовершенство которых признают сами специалисты-климатологи.

Опыт убеждает в том, что существуют некоторые универсальные оценочные показатели геосистем, сохраняющие значение при самых разнообразных формах инженерного освоения территории. К ним относятся прежде всего такие всеобщие инженерные ограничения, как сильно расчлененный рельеф, интенсивное проявление гравитационных процессов, высокая сейсмичность, мощный торфяной грунт, сильно льдистые многолетнемерзлые породы, очень низкие (ниже -30°) температуры, штормовые ветры и т. п. В то же время небольшие уклоны, устойчивые грунты, глубокое

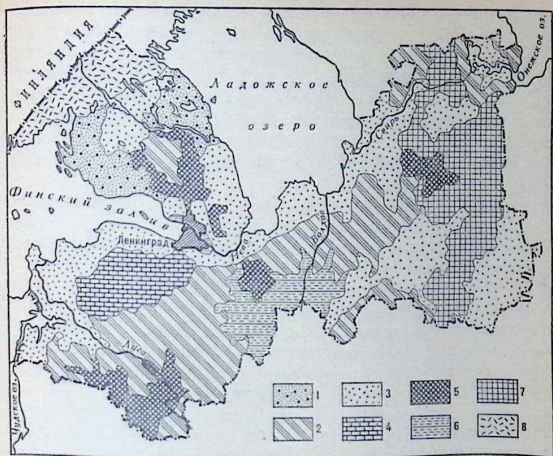


Рис. 28. Инженерно-оценочная классификация ландшафтов
Ленинградской области
(объяснения условных знаков см. в табл. 4)

залегание грунтовых вод, наличие местных строительных материалов в любом случае благоприятствуют инженерно-му освоению территории. Соотношение двух указанных групп ведущих показателей можно положить в основу оценочной классификации геосистем и содержания соответствующих карт.

Инженерную оценку геосистем можно осуществлять на разных уровнях, из которых наиболее актуальны, по-видимому, два. На стадии предплановых разработок и технико-экономического обоснования проектов целесообразно оценивать собственно ландшафты, с отображением результатов на картах относительно малых масштабов (1 : 1000 000 и мельче). На последующих стадиях проектирования желательно составлять среднемасштабные оценочные карты с инженерно-географической группировкой урочищ.

В зависимости от уровня и масштаба отбор оценочных показателей, естественно, будет иметь свою специфику.

При оценке ландшафта следует принимать во внимание фоновые характеристики климата, при оценке урочищ необходимы данные о местных климатах и даже микроклиматах. Такие показатели, как густота речной сети, лесистость, заболоченность и многие другие пригодны для оценки ландшафтов; для урочищ важны морфометрические характеристики конкретных мезоформ рельефа, таксационные показатели древостоя, мощность торфа в различных типах болотных массивов и т. п.

Среднемасштабным инженерно-ландшафтным картам посвящена работа А. А. Шляпникова (1974). Здесь мы рассмотрим пример комплексной инженерной оценки ландшафтов Ленинградской области со схематичной мелкомасштабной картой (рис. 28 и табл. 4). Критерии, по которым выполнена оценочная классификация, ясны из табл. 4, представляющей предельно краткую легенду к карте. Оценочная группировка ландшафтов основана на их генетической систематике, отображенной на рис. 13. Само собой разумеется, что инженерную характеристику каждой из выделенных групп можно было бы значительно расширить за счет различных количественных показателей (величины уклонов, горизонтального и вертикального расчленения, густоты гидросети, уровня грунтовых вод, мощности поверхностных отложений и пр.).

В классификации не учтены климатические факторы, так как на рассматриваемой территории они существенно (с инженерной точки зрения) не дифференцируются. При инженерной группировке ландшафтов на обширных территориях климатические критерии необходимо учитывать.

Оценка условий сельскохозяйственного освоения гео-систем. Общеизвестно, что организация сельскохозяйственного производства на всех ее территориальных уровнях — от долгосрочного планирования развития сельского хозяйства страны по зонам до землеустройства колхозов и совхозов, и оперативной работы по обеспечению ежегодной продукции с каждого гектара земель — требует всестороннего и комплексного учета физико-географических условий. Нет такого звена в сельскохозяйственном производстве, которое не зависело бы от этих условий, будь то способы обработки почвы, возможность возделывания тех или иных культур, выбор сортов, применение удобрений, севообороты, использование естественных пастбищ, сроки полевых работ и т. д.

Таблица 4

**ИНЖЕНЕРНО-ОЦЕНОЧНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**
(легенда к рис. 28)

Группы ландшафтов	Основные инженерные ограничения	Основные факторы, благоприятствующие инженерному освоению
1	Густая гидросеть, обилие озер, локальное грунтовое переувлажнение	Устойчивые песчано-гравийные грунты, небольшие уклоны, строительные материалы — песок, гравий
2	Поверхностное переувлажнение, крупные водораздельные торфяники	Устойчивые моренные грунты, небольшие уклоны
3	Высокое стояние грунтовых вод, крупные водораздельные торфяники, густая гидросеть	Устойчивые песчаные грунты
4	Карст	Небольшие уклоны, хороший дренаж, строительные материалы — известняки, доломиты
5	Участки пересеченного камового рельефа, избыточное грунтовое увлажнение в понижениях	Относительно устойчивые грунты, строительные материалы — песок, гравий
6	Поверхностное и почвенно-грунтовое переувлажнение, малые уклоны, слабые грунты (ленточные глины), крупные торфяники	Строительные материалы — кирпичные глины
7	Пересеченный рельеф, большие уклоны, густая гидросеть, глубокие долины, избыточное увлажнение и торф в котловинах	Устойчивые моренные грунты, строительные материалы — гравий, валуны
8	Пересеченный рельеф, трещиноватые кристаллические породы, избыточное увлажнение в ложбинах	Строительные материалы местами — пески, граниты, глины, кирпичные

Отсюда следует исключительная многоплановость сельскохозяйственной оценки природного комплекса. Она так же, как и инженерная, охватывает все его компоненты, однако критерии, разумеется, будут иными. Можно, следовательно, ставить перед ландшафтными исследованиями задачу разработки многих частных агропроизводственных оценок геосистем (например, условий произрастания отдельных культур или их сортов), но они относительно просты и менее специфичны для ландшафтоведения, чем многоцелевые задачи, связанные с комплексной оценкой сельскохозяйственного потенциала земель, возможностей их освоения, трансформации, путей рационального использования. Решение этих задач должно осуществляться поэтапно, на двух последовательных уровнях — региональном и локальном, каждому из которых отвечает свой набор оценочных показателей и критериев.

Имеющийся опыт прикладных агроландшафтных исследований относится в основном ко второму, собственно низовому уровню и по своему содержанию представляет собой не что иное, как *комплексную качественную агропроизводственную оценку земель*. Эти работы ведутся на основе детальной ландшафтной съемки, и почти все исследователи указывают на тождество типов земель с морфологическими (или топологическими) подразделениями ландшафта, преимущественно с урочищами и подурочищами (Видина и Цесельчук, 1961; Сочава, 1962; Крауклис и Михеев, 1963; Геренчук, 1965; Пашканг и др., 1969, 1974)¹.

Результаты подобных исследований имеют широкое производственное назначение. Как отметил К. И. Геренчук (1965, с. 27), при ландшафтной оценке земель «на первый план выступает не сравнение естественного плодородия, а вопросы наиболее рационального использования сельскохозяйственных земель и разработки мероприятий (агротехнических, землеустроительных и пр.) по повышению их производительности». Карты оценочной классификации земель, понимаемых как природные комплексы определенного ранга, полезны не только для землеустроителя, но и

¹ В. Б. Сочава (1962, с. 22), указывая, что «урочище и группа урочищ являются категориями земли, с которыми в первую очередь оперирует землеустройство», вместе с тем справедливо подчеркивает, что первичной разностью земель следует считать фацию, так что в самой классификации урочищ нужно учитывать фациальный состав последних, в особенности факторальные ряды фаций.

для агронома (они помогают определить сроки полевых работ, дифференцировать внесение удобрений и агротехнические приемы в пределах хозяйства), механизатора (позволяют определить нормы выработки, затраты горючего), мелиоратора (помогают планировать осушительные, противозерозийные и другие мероприятия).

Качественная ландшафтная оценка необходима для выбора земель, перспективных для сельскохозяйственного освоения, а также как основа для экономической оценки земель. Естественно, что агропроизводственной оценке подлежат не только земли, уже используемые в этой отрасли народного хозяйства, но и потенциальный земельный фонд для дальнейшего освоения и трансформации в сельскохозяйственные угодья. При качественной оценке таких земель ландшафтный метод незаменим.

В основу оценки земель должны быть положены, очевидно, устойчивые (инвариантные) признаки природного комплекса — постоянно действующие природные факторы сельскохозяйственного производства. Критериями качественной оценки не могут быть такие временные, изменчивые показатели, как современное использование земель, их культуртехническое состояние, урожайность и т. п.¹ В роли критериев не могут выступать и прямодействующие экологические факторы, ибо они производные от косвенно действующих физико-географических факторов (рельефа, климата, материнской породы и др.) и с трудом поддаются учету (практически они учитываются через те же физико-географические факторы). Кроме того, оценка экологических факторов не может быть однозначной — она будет меняться в зависимости от сельскохозяйственных культур и сортов. Наконец экологическая оценка не дает представления о многих важных качествах земель (условия их обработки, возможность применения тех или иных сельскохозяйственных машин и др.).

Следует подчеркнуть еще один важный принцип агропроизводственной оценки природных комплексов — необходимость регионального подхода. На это также обращает внимание В. Б. Сочава (1962). Принимая во внимание огромное многообразие конкретных природных условий сельскохозяйственного производства, вряд ли можно найти

¹ Достаточно заметить, что урожайность не может служить оценочным показателем для тех земель, которые никогда не осваивались, но представляют интерес как перспективный фонд для освоения.

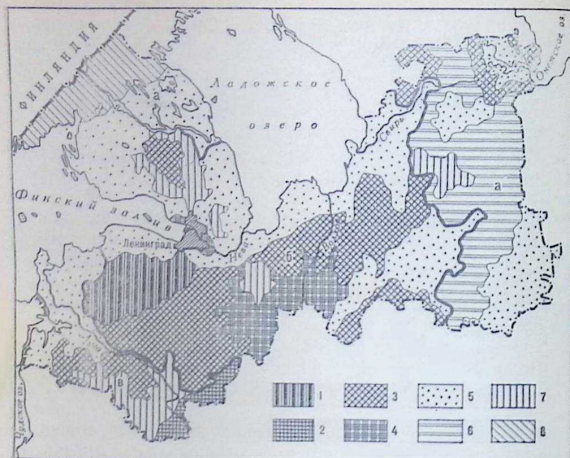


Рис. 29. Оценка условий сельскохозяйственного освоения ландшафтов Ленинградской области

- I. Ландшафты наиболее благоприятные*
 1. Равнины на карбонатных валунных суглинках, хорошо дренируемые.
- II. Ландшафты относительно благоприятные*
 2. Равнины на карбонатных валунных суглинках, преимущественно слабодренируемые.
 3. Равнины на бескарбонатных валунных суглинках и двучленных наносах, слабодренируемые.
 4. Равнины на ленточных глинах, слабодренируемые.
- III. Ландшафты малоблагоприятные (пригодные для выборочного освоения).*
 5. Равнины песчаные умеренно- и слабодренируемые.
 6. Холмистые моренные возвышенности с пестрой смесью материнских пород, гидротермических условий, мелкоконтурностью земель и эрозийной опасностью.
 7. Холмисто-равнинные назовые ландшафты с частой сменой условий освоения и мелкоконтурностью земель.
 8. Сельговые ландшафты с преобладанием непахотопригодных гранитных гряд и слабодренированными ложбинами.
- Теплообеспеченность ландшафтов по суммам температур за период со среднесуточными температурами выше 10°: а — пониженная (ниже 1600°), б — средняя (1000—1750°), в — повышенная (выше 1750°)

единые критерии оценки этих условий для разных регионов и типов ландшафтов. Ландшафтно-агропроизводственные группы земель должны «привязываться» к определенным ландшафтам, рассматриваться на их фоне. Иначе говоря, агропроизводственной группировке урочищ должна предшествовать соответствующая группировка ландшафтов.

Это необходимо уже потому, что мы тем самым учитываем важнейшие фоновые показатели, которые невозможно учесть при выделении морфологических единиц, т. е. геосистем локального уровня. Таковы, например, общие запасы тепла, определяемые притоком солнечной радиации и циркуляцией воздушных масс, количество осадков и их режим, подземные воды и др.

Примером подобного подхода может служить работа В. Лепасенна (1964), который разработал агропроизводственную типологию земель Эстонской ССР по четырем группам ландшафтов. Надо, однако, признать, что исследования по агропроизводственной группировке самих ландшафтов пока единичны (Пашканг и др., 1969).

Пример такой группировки для территории Ленинградской области представлен на фрагменте карты агропроизводственной оценки ландшафтов Северо-Запада Европейской части СССР (рис. 29). В основу ее положена генетическая классификация ландшафтов (рис. 13), которая здесь интерпретирована в агропроизводственном аспекте. Ландшафты сгруппированы как бы по двум рядам: один ряд характеризует основные различия в обеспеченности теплом, а другой — в характере рельефа, субстрата и дренажа. Таким образом, здесь использованы только важнейшие, наиболее устойчивые «первичные» факторы, от которых зависят все другие, в том числе и почвы. В легенду включены только определяющие факторы, все остальные элементы природных условий сельскохозяйственного производства должны содержаться в ландшафтном кадастре.

При выделении и классификации самих ландшафтов учитывалось и их морфологическое строение, т. е. «набор» урочищ и фаций. Таким образом, каждый агропроизводственный класс ландшафтов в наиболее полной мере отражает конкретные местные сочетания типов земель, объединяемых существенными фоновыми показателями — климатическими и геолого-геоморфологическими. Такая группировка ландшафтов не только служит основой для детальной агропроизводственной оценки земель, но и имеет самостоятельное значение — для планирования агропроизводственных мероприятий на региональном (республиканском, областном) уровне.

Возвращаясь теперь к собственно качественной агропроизводственной оценке земель, надо заметить, что разработке такой оценки следовало бы предпослать составление *географического кадастра земель*, в который вошли бы

все основные природные характеристики урочищ, важные для сельского хозяйства. Кадастр земель-урочищ служил как бы продолжением, или развитием, кадастра ландшафтов. Он должен разрабатываться на основе последнего в плане дифференцированной и целенаправленной характеристики морфологических подразделений ландшафтов. Содержание кадастра земель не может быть построено по одному шаблону; должны быть разные региональные варианты. Для южной половины Нечерноземной зоны, например, можно рекомендовать следующий примерный перечень-минимум основных разделов.

Рельеф: мезоформа, ее размеры, экспозиция, форма и крутизна склона; микроформы (бугры, карстовые воронки и т. п.); геоморфологические процессы и их влияние на почву (смыв, намыв, линейная эрозия, дефляция, осыпи и т. п.).

Материнская порода: литологический и механический состав, водопроницаемость, мощность; подстилающие породы.

Тепловой режим: особенности температурного режима воздуха и почвы (отклонения от показаний ближайшей метеостанции), морозоопасность, условия перезимовки сельскохозяйственных культур, вероятность вымерзания; сроки готовности почв к весенней обработке.

Водный режим: степень увлажнения и его источники, особенности сезонного режима; глубина залегания грунтовых вод и верховодки; отложение снега (нормальное, сдувание, надувание); сроки установления и схода снежного покрова; вероятность вымокания и выпревания посевов.

Почва: генезис (тип, вид), механический состав, мощность пахотного горизонта, щебнистость или завалуненность; структура почвенного покрова (степень пестроты или однородности); данные механического и химического анализов по горизонтам.

Растительность (современный покров); показатели дифференцируются в зависимости от характера угодья): для пашни — структура севооборотов, урожайность, состояние посевов; для естественных кормовых угодий — видовой состав, продуктивность, сезонные изменения, характер использования, состояние (закустаренность, стравленность и т. п.); для лесов — видовой состав, возраст, бонитет древостоя, характер использования (рубки, выпас, рекреация и т. д.), состояние древесного и других ярусов (повреж-

денность рубками, пожарами, вредителями, вытоптанность и др.).

Животное население: полезные и вредные животные.

Практически выделы кадастра отвечают различным модификациям урочищ. Строить его следует по природным типам последних; если то или иное урочище используется неоднородно, каждая модификация описывается отдельно.

Что касается критериев оценки земель, т. е. урочищ и их временных модификаций, то за таковые должны быть выбраны опять же наиболее устойчивые и определяющие признаки природного комплекса, от которых зависят локальные агропроизводственные условия. Из опыта ландшафтных исследований для оценки земель и землеустройства можно легко заключить, что разные исследователи довольно единодушно решают этот вопрос. Чаще всего агропроизводственная типология и оценка земель основываются на учете форм и элементов рельефа, дренажа, материнских пород. Особенно важное место в системе оценочных показателей земель (на общем «ландшафтном фоне») принадлежит рельефу. Рельеф непосредственно влияет на условия (и на самую возможность) обработки земель и на применение сельскохозяйственных машин. Начиная с уклона в 6° рентабельность использования машин резко падает, а с $10-12^\circ$ в большинстве случаев использовать их невозможно. Расчлененный рельеф обуславливает дробность угодий и их конфигурацию, уменьшает длину гона трактора, увеличивает расход горючего. Существенные трудности для полевых работ создает микрорельеф.

Косвенное влияние рельефа на сельское хозяйство чрезвычайно многообразно. От экспозиции и крутизны склонов, а также от микрорельефа зависят световой и тепловой режим, интенсивность испарения, отложение снега (нередко на открытых склонах гибнет озимь, в то время как на затененных и подветренных склонах она выпревает из-за большой мощности и позднего таяния снега). Формы рельефа и величина уклонов влияют на дренаж, на уровень залегания грунтовых вод и в целом определяют пестроту условий увлажнения (и соответственно заболачивание в гумидных районах и засоление в аридных).

Нельзя не напомнить, что рельеф — важнейший фактор денудации — смыва и размыва почв и, следовательно, потери почвенного плодородия. Опасность смыва возникает уже при уклонах $3-5^\circ$, а при уклонах свыше 10° склоны необходимо террасировать.

Поскольку наблюдений над местным климатом и микроклиматом крайне мало, о гидротермических характеристиках земель в большинстве случаев приходится судить главным образом по рельефу, т. е. при оценке они учитываются косвенно — через рельеф, который в основном их определяет.

Первичную основу для типизации и оценки земель в пределах ландшафта должна предоставлять специализированная морфографическая классификация форм рельефа и местоположений. Первый опыт такой классификации принадлежал Л. Г. Раменскому (1938). Из новых работ следует отметить агропроизводственную классификацию холмисто-моренного рельефа А. Ж. Меллумы (1968). Однако пока еще, к сожалению, нет полной и всесторонней классификации такого рода, и это затрудняет агропроизводственную оценку природных комплексов.

Некоторое сравнительное представление о различных качественных категориях земель может дать рис. 14. В табл. 3 типы урочищ окрестностей Ленинграда схематически объединены в 3 оценочные агропроизводственные категории.

Рекреационная оценка геосистем. К рекреационной оценке природных комплексов, как и ко всякой другой, можно подходить с различных позиций — как более узких, так и более широких. В зависимости от возраста людей, их культурного уровня, состояния здоровья, характера и т. д. цели отдыха бывают разными — оздоровительными, познавательными, спортивными и др. Отсюда следуют различные виды рекреационных занятий, по отношению к которым непосредственно и производится оценка. Виды рекреационных занятий классифицируются по разным признакам. Прежде всего их следует разделить по сезонам: на летние (купание, солнечные ванны, прогулки разного назначения — лечебные, оздоровительные, экскурсионно-познавательные; парусный и гребной спорт, рыбная ловля, сбор ягод и грибов) и зимние (лыжные прогулки и спорт, подледный лов рыбы), а также межсезонные (спортивная охота, отчасти сбор грибов).

Тот или иной вид отдыха и его продолжительность определяются структурой природного комплекса. Не следует однако полагать, что практическое значение рекреационной оценки тем выше, чем более узко она специализирована (рассчитана на запросы ограниченной группы людей к определенному виду отдыха). Идти таким путем —

значит сильно сузить возможность ландшафтно-географического подхода. В этом случае функция ландшафтоведа пассивна: «заказчик» задает ландшафтоведу перечень видов рекреационных занятий, и ему остается лишь подобрать для каждого из них подходящие природные комплексы. «Активная» форма состоит в том, что ландшафтовед всесторонне оценивает рекреационный потенциал ландшафтов, урочищ и устанавливает, для *каких видов отдыха и в какой степени* они пригодны. Ландшафтовед в этом случае идет не на поводу у заказчика, а навстречу ему, его работа приобретает опережающий характер, предоставляя заказчику *возможность выбора*. В этом случае, очевидно, оценка должна быть всесторонней.

При всем многообразии природных предпосылок для рекреации и различии критериев для тех или иных ее видов существуют некоторые определяющие свойства геосистем, которые имеют универсальное рекреационное значение. В любом случае такими благоприятствующими факторами будут разнообразие среды, комфортность климата, высокие эстетические качества пейзажей, леса и водоемы, оптимальное увлажнение поверхности. Заболоченность, сплошная освоенность, неблагоприятная медико-географическая или санитарно-гигиеническая обстановка (например, загрязнение воздуха и водоемов) всегда будут иметь лимитирующее значение.

Рекреационная оценка предполагает и инженерный аспект, т. е. пригодность геосистем для строительства рекреационных учреждений, дорог, водоснабжения.

Важным критерием рекреационной оценки природных комплексов служит их устойчивость к рекреационному воздействию (вытаптыванию напочвенного покрова, подстилки и подроста, повреждению деревьев, сбору ягод, грибов, цветов, нарушению устойчивости склонов, загрязнению воздуха выхлопными газами и др.). Вопрос этот изучен еще недостаточно, и рекомендуемые ограничения (определение норм рекреационной нагрузки, или емкости рекреационных угодий) слабо обоснованы (см. Теоретические основы рекреационной географии, 1975).

При рекреационной оценке геосистем недостаточно исходить только из их современного состояния, следует учитывать и перспективы изменения рекреационного потенциала в связи с динамикой геосистем (в особенности с ренатурализационными сукцессиями на вырубках, в производных растительных сообществах — кустарниках, мелко-

лесах и др.) и возможностями повышения рекреационного потенциала с помощью архитектурно-планировочных, лесоводственных и мелиоративных мер (благоустройство лесов, осушение, облесение пустырей, создание искусственных пляжей, рекультивация карьеров и отвалов и многое другое).

Объектами рекреационной оценки могут быть природные комплексы разного ранга — в зависимости от стадии проектирования. При разработке схем районных планировок республик или областей, когда нужно выбрать перспективные для рекреационного освоения районы и рационально разместить рекреационные комплексы, оптимальными объектами будут ландшафты и их крупные части (местности, комплексы урочищ). То обстоятельство, что при оценке природных условий для организации отдыха важнейшим фактором является разнообразие среды, лишний раз говорит в пользу ландшафта как главного объекта оценки. Отдельные урочища не дадут полного представления о сочетании всех факторов, об эстетических и других достоинствах природной среды. На высших стадиях проектирования особенно актуальна широкая (комплексная) оценка.

С переходом к низовому уровню проектирования (проектам планировки отдельного рекреационного комплекса) как объекты оценки наибольший интерес представляют урочища, а при разработке проекта детальной планировки отдельных учреждений отдыха может оказаться целесообразным картографировать и оценивать фации.

Мы не будем анализировать различные оценочные показатели, тем более что многие из них имеют специфическое региональное значение (для отдыха у моря, в горах, в тайге и т. д.). По этому вопросу много материалов в литературе (см., например, Географические проблемы организации туризма и отдыха, 1975; Теоретические основы рекреационной географии, 1975).

В качестве примера приводим картосхему рекреационной оценочной группировки ландшафтов Ленинградской области с краткой легендой, в которой указаны только определяющие оценочные признаки (рис. 30). Фрагмент карты рекреационной оценки урочищ был опубликован ранее вместе с картой прогнозно-рекомендательного назначения (Исаченко, 1972).

Можно указать на ряд других перспективных направлений ландшафтно-оценочных исследований, среди них —

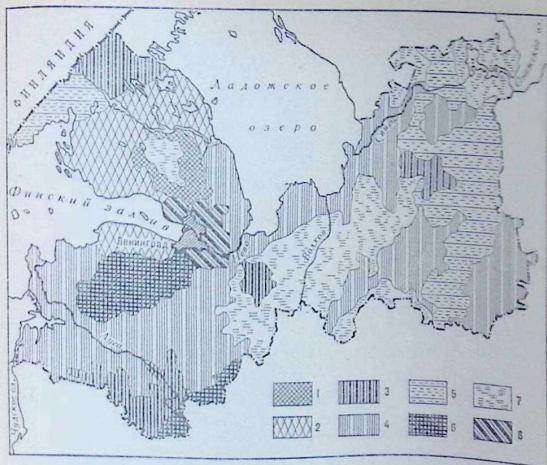


Рис. 30. Рекреационная оценка ландшафтов Ленинградской области

- I. Ландшафты наиболее благоприятные (базы кратковременного отдыха для населения Ленинграда):
 1. Холмистый рельеф, обилие озер, сухие сосняки.
 2. Равнинный рельеф с холмистыми участками, обилие водоемов, сосновые леса.
- II. Ландшафты благоприятные и выборочно благоприятные (локальные рекреационные зоны местного значения и базы длительного отдыха для населения Ленинграда; благоприятные условия для туризма):
 3. Холмистый рельеф, сосновые и мелколиственные леса, водоемы.
 4. Плоские равнины, сосновые боры, заболоченные леса, мелколесья, болота, удобные реки и приречные зоны.
 5. Расчлененный рельеф, озера, еловые и мелколиственные леса.
- III. Ландшафты малоблагоприятные
 6. Равнины сильно освоенные с участками мелколиственных и еловых лесов, бедные водоемами.
 7. Плоские равнины с мелколиственными и еловыми лесами, часто заболоченными, и крупными массивами болот.
- IV. Окрестности Ленинграда
 8. Плоская, интенсивно освоенная равнина, нуждающаяся в озеленении и рекультивации.

медико-географическое, лесорастительное и лесоводственное, охотоведческое и охотопромысловое, мелиоративное. Принципы и методы оценки в любом из перечисленных направлений остаются едиными. Объектами в каждом случае служат геосистемы. Оценочные исследования ведут на разных, преемственно связанных уровнях — региональном и локальном. Преимущества ландшафтного метода в наибо-

лее полной мере выявляются в общих оценках широкого назначения, что не исключает возможности узкодифференцированных оценок. Результаты оценивания обязательно отражаются на карте. Специфику каждого направления определяет «субъект» оценки. Отсюда вытекают и оценочные критерии. Вряд ли имеет смысл давать обзор всех направлений. (О мелиоративной оценке см. Исаченко, 1977; К. В. Пашкаинг и др., 1972; В. А. Шкалик, 1974; о медико-географической — И. А. Хлебович, 1972; Е. С. Фельдман, 1977).

Ландшафтно-географические прогнозы

Прогнозирование предстоящих изменений природной среды — важнейшая предпосылка ее оптимизации. XXV съезд КПСС особо указал на необходимость совершенствовать прогнозирование влияния производства на окружающую среду. Председатель Совета Министров СССР А. Н. Косыгин, обращаясь к участникам VI съезда Географического общества СССР, подчеркивал, что «в условиях интенсивного воздействия человека на окружающую природную среду огромное значение приобретает научное прогнозирование возможных последствий этого воздействия, установление оптимальных взаимоотношений между природой и обществом»¹.

Прогнозирование — актуальнейшая, но еще недостаточно разработанная проблема географической науки. По мнению В. Б. Сочавы (1974а, с. 4), «географический прогноз — это научная разработка представлений о природных географических системах будущего, о их коренных свойствах и разнообразных переменных состояниях, в том числе обусловленных преднамеренными и непредусмотренными результатами деятельности человека...».

Таким образом, отправными моментами для географического прогнозирования служат, с одной стороны, естественные динамические и эволюционные тенденции, присущие геосистемам, а с другой — текущие и перспективные планы социально-экономического развития и прогресс техники, от чего зависит направленность человеческого воздействия на природные комплексы.

Расчетные сроки географического прогноза, т. е. его дальность (заблаговременность), или как бы временные

¹ Известия Всесоюзн. геогр. общества, 1976, т. 108, вып. 3, с. 185.

масштабы, могут быть самыми разными. Известны попытки сверхдолгосрочного прогноза на тысячелетия и даже на 1 млн. лет вперед. Само собою разумеется, что надежность таких прогнозов невелика, притом они основываются только на самых общих тенденциях природных процессов и не учитывают социально-экономические факторы, ибо никто не возьмет на себя смелость предсказывать пути развития общества и научно-технического прогресса на столь отдаленную перспективу.

Наиболее актуален географический прогноз на предвидимое будущее в пределах ближайших лет и десятилетий.

Существенное практическое значение имеют и краткосрочные географические прогнозы, рассчитанные на один год, на предстоящий сезон или даже на более короткие сроки. С помощью фенологической индикации, например, можно прогнозировать наступление природных явлений на 1—1,5 месяца вперед летом и на 1—2 недели весной (Шульц, 1972). В сущности так постепенно стирается граница между прогнозом явлений, которые должны наступить, и прогнозом современных процессов; в последнем случае мы имеем дело с синхронным прогнозом, или с пространственно-временной системой, в которой координата времени постоянна (Берлянт, 1976).

Пространственные масштабы географического прогноза дифференцируются в соответствии с уровнями геосистем. Различаются прогнозы глобальные, региональные и локальные. Примеры глобального прогноза касаются главным образом перспектив изменения климата (например, Будыко, 1974). При региональном прогнозе может идти речь о будущем ландшафтных зон, провинций, отдельных ландшафтов. Объектами локального прогноза могут быть морфологические подразделения ландшафта вплоть до фаций. Следует, однако, иметь в виду, что тесная сопряженность, взаимная зависимость фаций и урочищ определяет необходимость рассматривать их в рамках сопряженных рядов, т. е. в конечном счете в пределах ландшафта. Впрочем, этот принцип распространяется и на региональные геосистемы, поскольку они отнюдь не автономны. (Можно напомнить об установленной еще Л. С. Бергом взаимосвязи между колебаниями ледовитости арктических морей и уровня Каспийского моря.) Поэтому следует согласиться с В. Б. Сочавой (1976) в том, что географический прогноз для геосистем низших уровней должен обязательно разрабатываться на фоне высших территориальных единиц.

Существует определенная связь между расчетными сроками, пространственными масштабами и исходными основаниями (факторами) географического прогноза. Так, глобальный прогноз дается для достаточно большого интервала времени. Он не может быть краткосрочным, так как вряд ли перестройка глобальной среды сколько-нибудь заметно проявляется в течение одного или нескольких лет. Самые краткосрочные прогнозы актуальны лишь для наиболее низких уровней строения геосистем. При сверхдолгосрочных прогнозах, как уже указывалось, практически невозможно учесть ряд факторов развития производительных сил, а при сверхкраткосрочных — учет их неактуален, ибо действие их не может проявиться в течение суток или одного сезона.

Самые актуальные, средние- и собственно долгосрочные прогнозы характеризуются наибольшей полнотой учета всех факторов — как природных, так и социально-экономических и техногенных. Выявление тенденций спонтанного развития геосистем требует достаточного интервала времени, но не настолько длительного, чтобы выйти за рамки «обозримого будущего», измеряемого, по-видимому, ближайшими десятилетиями. Оптимальным территориальным объектом для таких прогнозов следует считать собственно ландшафт.

Указанные соотношения можно подытожить в виде классификации географических прогнозов (см. табл. 5).

Принципы и методы ландшафтно-географического прогнозирования должны опираться, как пишет В. Б. Сочава (1974а), на структурно-динамическую трактовку географических явлений и на функциональные модели геосистем. Краткосрочное прогнозирование основывается на анализе динамики ландшафта, долгосрочное и особенно сверхдолгосрочное — на исследовании закономерностей его исторического развития и эволюционных смен. Разработка среднесрочных, а в значительной мере и долгосрочных прогнозов требует наиболее всестороннего учета динамических и эволюционных закономерностей и различных форм изменений ландшафта во времени: ритмических, необратимых, спонтанных, техногенных.

Какого-либо единого, универсального метода географического прогнозирования не существует. В процессе разработки прогноза приходится сочетать различные методы.

Метод экстраполяции, или временных аналогий, со-

Таблица 5

ТИПЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Временные типы и расчетные сроки прогноза	Оптимальные пространственные единицы	Исходные основания (факторы) прогнозирования
Сверхкраткосрочный (до 1 года)	Локальные геосистемы	Изменения погодных условий
Краткосрочный (до 3—5 лет)	Ландшафт и локальные геосистемы	Внутривековые природные ритмы, техногенные факторы
Среднесрочный (до 10—15 лет)	Ландшафт	Вековые и внутривековые ритмы, тенденции спонтанного развития, техногенные факторы
Долгосрочный (несколько десятилетий)	Ландшафт, региональные геосистемы высших рангов	Вековые ритмы, тенденции спонтанного развития, техногенные факторы
—»—	Эпигеосфера	Вековые ритмы, техногенные факторы
Сверхдолгосрочный (тысячелетия и более)	Региональные геосистемы высших рангов	Тенденции тектонического развития, сверхвековые ритмы
—»—	Эпигеосфера	Сверхвековые и геологические ритмы

стоит в ретроспективном изучении природных процессов и распространении (пролонгировании) выявленных тенденций на будущее. Этот метод следует применять с большой осторожностью и обязательно в сочетании с другими методами, ибо развитие большинства природных явлений протекает неравномерно и простое продолжение на будущее кривой, отображающей ход процесса в прошлом, может привести к грубым просчетам.

Метод географических аналогий сводится к переносу закономерностей, установленных в одних ландшафтах, на другие, им аналогичные (например, использование наблюдений над влиянием существующих водохранилищ на окружающую территорию для прогноза воздействия проектируемых водохранилищ). Этот метод часто выступает как основной, однако применение его связано с существенными ограничениями. Он допустим в группе генети-

чески близких ландшафтов и основывается на разработке ландшафтной классификации и районирования.

К этому методу можно отнести использование некоторых закономерностей, присущих естественным явлениям, для прогноза процессов техногенного происхождения. Так, исследование экстремальных ситуаций в климатических процессах, исключительно сухих лет, падение уровня озер может помочь прогнозной оценке воздействия гидротехнических мероприятий, направленных на изъятие части стока и переброску его в другие районы.

Особого рода аналогия — перенесение закономерностей, свойственных пространственным рядам геосистем, на их временные ряды. Типичный случай — речные долины, где смена фаций снизу вверх соответствует возрастному, или стадияльному, ряду — от молодых фаций к древним. Поэтому в случае затопления пойм и низких террас при создании водохранилища весь ряд как бы сместится вверх и станет «омолаживаться». Этот принцип был использован при прогнозе возможных изменений природных комплексов Тургайской ложбины в случае переброски на юг части стока сибирских рек (Михайлов и др., 1977).

Индикационный метод основан на тесной взаимосвязи всех компонентов и процессов в геосистемах. Сущность его состоит в том, что динамические признаки компонентов-индикаторов (в особенности растительного покрова) используются для суждения о возможных изменениях других, сопряженных с ними (индицируемых) компонентов. Ландшафтный индикационный метод нашел универсальное применение в географии и многих смежных дисциплинах (геологии, гидрогеологии, геокриологии). Он широко используется для изучения современных процессов (особенно при дистанционных, т. е. аэрокосмических, исследованиях) и для палеогеографических реконструкций (восстановление ландшафтов прошлого по «следам» — индикаторам процессов: ископаемым остаткам организмов, составу горных пород, реликтовым формам рельефа). Без этого метода не обойтись и при прогнозных разработках. Уже индикация современных процессов часто содержит в себе указания на их «тренд»: заболачивание, усыхание озер, отступление многолетней мерзлоты и т. п. В. А. Фриш (1971) относит к индикационному прогнозированию изучение «зародышевых» природных комплексов в ландшафте. Так, появление куртин черники в тростниковых зарослях, муравейников по сфагновому покрову дало ему ос-

нование установить тенденцию к оживлению эрозионных процессов и наступанию леса на болота в Белорусском Поозерье.

Один из перспективных методов сверхкраткосрочного прогноза — *феноиндикация*. Этот метод основан на использовании фенологического лага, т. е. временных интервалов между биофеноиндикаторами (например, началом пыления ольхи серой, началом цветения рябины или липы мелколистной и другими — индицируемыми — сезонными явлениями (метеорологическими, гидрологическими, почвенными процессами, а также развитием культурных растений, размножением насекомых-вредителей и др.). В. А. Фрин (1974) считает, что, поскольку многолетние ритмы динамики ландшафта слагаются из годичных, сезонных, суточных ритмов, открывается возможность для предсказания многолетних тенденций развития ландшафта по его кратковременным изменениям.

Частные методы прогнозирования объединяются в процессе *прогнозного моделирования геосистем*. В этом процессе выделяются три этапа.

1. *Определение факторов* (причин) ожидаемых изменений в геосистемах. Необходимость разработки прогноза может быть вызвана, например, созданием искусственного водохранилища с определенными параметрами (площадь, объем, абсолютная отметка уровня и его колебания и др.). Эти факторы должны быть заданы, и они принимаются как независимые переменные. Но преобразования, обусловленные гидротехническим воздействием, будут накладываться на естественную динамику и эволюцию геосистем. Отсюда возникает необходимость прогнозировать динамические тенденции в геосистемах, а следовательно, выявлять их причины (климатические ритмы разной продолжительности, тектонические поднятия или опускания, процессы спонтанного развития, или «саморазвития»).

Оптимизация прогнозной модели, как замечает А. М. Берлянт (1976), требует тщательного отбора факторов, выяснения их значимости, устранения дублирующих. Стремление охватить как можно больше факторов и связей нельзя признать обоснованным.

2. Чтобы перейти к прогнозу дальнейшего поведения геосистемы под влиянием того или иного фактора, надо *вести его в систему*. Первые следствия воздействия скажутся на входах, т. е. на тех компонентах или звеньях геосистемы, которые непосредственно воспринимают влия-

ние действующего фактора. Так, первым эффектом создания водохранилища будут изменения в гидрологическом звене геосистемы (включая подземные воды). Практически этим изменениям немедленно сопутствуют перемены в свойствах приземного (точнее, «приводного») слоя атмосферы. Следовательно, в данном случае «входами» будут атмосферное и водное звенья, и начальный этап прогнозирования сводится к разработке первичного (частного гидроклиматического) прогноза.

3. Изменения на «выходах» в геосистему служат толчком для последующих, как бы косвенных нарушений ее структуры в результате «цепных реакций», затрагивающих различные функциональные звенья природного комплекса. Следовательно, на этом этапе нужно дать *прогноз косвенных изменений*, ожидаемых «на выходах» геосистемы. Под «выходами» подразумеваются любые звенья или процессы, представляющие теоретический или практический интерес. В случае с гидротехническими сооружениями это почвообразовательные процессы, перестройка биоценозов и изменение биологической продуктивности, а также геоморфологические процессы (абразия, оползни, усиление или ослабление эрозии из-за изменения базиса эрозии и др.).

Эта часть исследования основная и наиболее сложная. Чтобы получить результат «на выходах», необходимо исследовать механизм функционирования ландшафта и его преобразования на структурно-динамических и функциональных моделях. Очевидно, речь может идти о серии моделей — графических, картографических и математических. Целесообразно установить частные корреляции между различными параметрами (например, между уровнем грунтовых вод и характером древостоя лесов, запасами и годовым приростом древесины; между температурой воздуха и структурой растительных сообществ) на фактическом материале по аналогичным (одновидовым) ландшафтам, с тем чтобы полученные зависимости перенести на ландшафты, где ожидаются соответствующие изменения на «выходах». Здесь, таким образом, находит себе применение метод аналогий.

Исследуя «цепные реакции» в геосистемах, надо учитывать степень инерционности различных звеньев и компонентов: они перестраиваются с разной скоростью. Ответная реакция на изменение действующего фактора происходит не сразу. Эта проблема связана с другими, прак-

блемы, избрали подход, основанный на ретроспективной аналогии ожидаемых воздействий с естественными процессами. Для этого прежде всего надо выяснить колебания естественных процессов — климата, увлажнения и связанных с ними явлений — за период в прошлом, для которого имеются соответствующие наблюдения.

Важнейшими предпосылками для разработки ландшафтно-географических прогнозов, как локальных, так и региональных, служат *ландшафтные карты, генетическая классификация ландшафтов и физико-географическое районирование*. Классификация ландшафтов дает возможность установить ландшафты-аналоги, в пределах которых действуют сходные закономерности. Сетка районирования позволяет определить природный «фон» для ретроспективного анализа, выбрать типичные («модельные») ландшафты в рамках более обширных физико-географических регионов для разработки математических моделей, связать между собой локальный и региональный прогнозы, а в итоге дать новое районирование — по выявленным различиям в тенденциях естественной динамики и развития геосистем.

Ландшафтная карта сопровождает процесс прогнозирования на всех его этапах, начиная с определения территориальной сферы прогноза и выбора конкретных объектов и эталонных («модельных») геосистем, подлежащих детальному анализу и моделированию. А. М. Берлянт (1976) прав, утверждая, что ни один из известных методов прогнозирования не должен применяться в отрыве от картографического. Без карты невозможно использовать метод географических аналогий. Картографический анализ органически входит в методику прогнозной экстраполяции. Сюда относится сравнение разновременных карт с тем, чтобы выявить динамические и эволюционные закономерности в геосистемах, изучить с их помощью некоторые современные тенденции развития ландшафтов (интенсивность роста оврагов, перемещение речных русел, распространение подвижных песков и т. п.).

Результатом прогнозного исследования должна быть итоговая *ландшафтно-прогнозная карта*, которая в сущности представляет собой одну из форм прогностической модели геосистем. На этой карте природные комплексы классифицируются в зависимости от характера ожидаемых трансформаций на заданный расчетный срок. Так, при межбассейновой переброске стока и соответственно

с созданием водохранилищ и образованием подпора, ослаблением емкости на одних участках рек, увеличением обводненности на других, образованием «антирек» и т. д. некоторые природные комплексы в зоне переброски подвергнутся заболачиванию, в других произойдет деградация пойм или усилится эрозионная деятельность рек, в третьих возникнет опасность засоления и т. д.

Надо иметь в виду, что точность географического прогноза не может быть «сто процентной» уже в силу чрезвычайной сложности самих геосистем. Ландшафтно-географические связи жестко не детерминированы, они имеют вероятностную природу. Поэтому ландшафтно-географический прогноз может быть неоднозначным, хотя эта неоднозначность не должна переходить в неопределенность. К. А. Салищев и А. М. Берлянт (1973) подразделяют прогнозные карты на предварительные, вероятные и весьма вероятные. На наш взгляд, результаты прогнозно-географических разработок целесообразно формулировать в трех вариантах — оптимальном и двух экстремальных, предусматривающих возможные отклонения в обе стороны от наиболее вероятного варианта.

Проект оптимизации ландшафта, районные планировки, комплексное территориальное планирование и проектирование

Заключительная часть прикладных ландшафтных исследований, которую можно считать в полном смысле слова конструктивной, состоит в разработке рекомендаций по оптимизации ландшафтов. Проект оптимизации ландшафтов основывается на научных принципах организации территории и регулирования «функций» ландшафта и на односторонне-приближенных разработках, а также, конечно, на синтезе материалов, полученных на всех предыдущих этапах исследования.

На заключительном этапе работы ландшафтовед обосновывает оптимальное использование (или функциональное назначение) как ландшафта в целом, так и его морфологических составных частей и мер, направленных на повышение потенциала и охрану ландшафта.

Эти задачи, как уже отмечалось, относятся к приклад-

ные ландшафтные исследования с работами по районным планировкам, а если подойти к вопросу с более широких позиций — с комплексом государственных мероприятий по территориальному планированию и проектированию, в котором можно различать три основных уровня.

К высшему, или *общегосударственному, уровню территориального планирования* в СССР относится разработка генеральных схем развития и размещения производительных сил, в том числе комплексного использования земельных, водных и других (например, рекреационных) ресурсов. На основе таких схем разрабатываются генеральные схемы территориальной организации производительных сил крупных экономических районов, которые представляют как бы переход к среднему звену — *районным планировкам*.

Цель районных планировок — обоснование рационального хозяйственного устройства территории республики, края, области, административного района, включая размещение промышленных, энергетических, сельскохозяйственных объектов, населенных пунктов, дорог, зон массового отдыха, курортов и др. Надо заметить, что термин «районная планировка» не очень точен, поскольку он относится не только к административному району, но и к административно-территориальным единицам высших порядков (в подобных случаях получаются неудачные словосочетания, например «областная районная планировка»). На наш взгляд, правильнее было бы называть все эти виды планировки «региональная», оставив определение «районная» за территориальной планировкой административных районов.

Районные планировки осуществляются в два этапа: а) разработка *схем* районной планировки союзных (не имеющих областного деления) и автономных республик, краев и областей и б) разработка *проектов* районной планировки административных районов (или их групп), а также производственных территориальных комплексов, курортных районов и т. п.

Схема районной планировки, сопровождаемая проектным планом, или «основным чертежом», в масштабе 1 : 100 000—1 : 300 000, должна содержать принципиальные решения по функциональному зонированию территории, взаимоувязанному комплексному размещению основных объектов народного хозяйства и расселению населения.

Проект районной планировки должен содержать конкретные решения по взаимоувязанному комплексному размещению объектов народного хозяйства, расселению населения, инженерному оборудованию и планировочной организации проектируемой территории. На основном чертеже к проекту, в масштабе 1:25 000—1:50 000, показывается предлагаемое размещение новых населенных пунктов, промышленных узлов, курортов, зон отдыха, разработок полезных ископаемых, санитарно-защитных, водоохраных, заповедных зон, территорий, подлежащих рекультивации, осушению, орошению и пр.

Проект районной планировки служит основой для *низового территориального планирования и проектирования*, в котором также различается несколько последовательных стадий: а) разработка генеральных планов городов, промышленных узлов, рекреационных зон и комплексов, межхозяйственного и внутрихозяйственного земле- и лесоустройства (с планами масштаба 1:10 000—1:5 000); б) разработка проектов детальной планировки отдельных жилых районов, поселков и т. п. (масштаб 1:2000) и в) составление технических проектов и рабочих чертежей отдельных зданий и других инженерных сооружений (1:500).

Эта схема легко согласуется с основными уровнями, или этапами, ландшафтных исследований, намеченными в начале этой главы. Полного тождества здесь, конечно, нет, поскольку конкретные задачи и объекты территориального планирования и проектирования, с одной стороны, и прикладных ландшафтных исследований — с другой, не совпадают (хотя, как мы увидим, конечная цель у них в сущности одна). В первом случае решаются проблемы территориальной организации хозяйства и расселения, во втором — проблемы оптимизации (и «организации») природной среды. Тем не менее обе задачи очень тесно взаимосвязаны. Их решение позволяет подойти с двух разных сторон к рациональному использованию земного пространства в целом, к его оптимизации в интересах общества. Нельзя достигнуть оптимизации территориальной структуры хозяйства и расселения без всестороннего анализа и оптимизации природной среды. К сожалению, это обстоятельство долгое время недооценивалось, что приводило к односторонности в территориальном планировании и проектировании. Участие географа-ландшафтоведа в этих работах следует считать обязательным на всех уровнях.

В качестве существенной предпосылки для *территориального планирования на верхнем уровне* было бы важно осуществлять ландшафтно-географическое обоснование генеральных схем комплексного использования и охраны природных ресурсов страны и крупных экономических районов. Для начала можно было бы разработать своего рода генеральные схемы оптимизации природной среды по ландшафтным зонам или типам ландшафтов. Опыта прикладных ландшафтных исследований такого масштаба практически нет, однако некоторые теоретические предпосылки для них уже имеются. Попытаемся наметить самые общие подходы к решению проблемы на примере тайги.

Тайга — основная сфера нового хозяйственного освоения. Следует ожидать нарастающего «давления» производства на ее природу. Достаточно напомнить о проектах изъятия значительной части стока рек Севера Европейской части СССР и Западной Сибири, об интенсивном освоении нефтяных и газовых месторождений западносибирской тайги, об экономическом преобразовании зоны Байкало-Амурской магистрали, энергетическом и промышленном комплексе Приангарья. Важно своевременно разработать комплекс «профилактических» мер для того, чтобы предотвратить нежелательные последствия нарушения таежных геосистем.

В структуре таежных геосистем и в их ресурсном потенциале ключевое положение одновременно занимают лесная растительность и вода. Значение таежных лесов и рек как важнейших ресурсов глобального масштаба общезвестно. Тайга не только обеспечивает основные мировые потребности в древесине, но и будет «экспортировать» воду в аридные районы. Леса играют роль регулятора баланса кислорода в атмосфере. Уже этих фактов достаточно для того, чтобы прийти к выводу о необходимости эффективной охраны вод и лесов как первоочередной задачи сохранения и оптимизации таежной природы.

Кроме того, следует принять во внимание, что лесная растительность и сток служат главными «каналами», по которым человеческое воздействие проникает в структуру геосистем, — теми «рычагами», через которые осуществляется как стихийное, так и разумное воздействие на функционирование природных комплексов.

Ландшафты тайги характеризуются преимущественно неустойчивой структурой. Обилие осадков и интенсивный

сток создают предпосылки для развития эрозионных процессов. Значительная часть тайги лежит в области многолетней мерзлоты, которая определяет чрезвычайную неустойчивость в системе связей между тепловым режимом, почвенно-грунтовыми водами и твердым субстратом ландшафта. При таких условиях равновесие в геосистемах поддерживается главным образом растительным покровом. Уничтожение лесов часто ведет к необратимым нарушениям ландшафтной структуры. Следовательно, сохранение, рациональное использование и повышение продуктивности лесов отвечает и экономическим, и экологическим, и «географическим» интересам.

Что касается конкретных мероприятий по *охране леса, поддержанию и повышению лесоресурсного потенциала*, то многие из них хорошо известны и относятся к области «здорового смысла», однако имеются проблемы, ждущие научно-технического решения. Современная «кочующая» система лесозаготовок подлежит замене на комплексное «оседлое» лесное хозяйство. Вырубка в пределах годового прироста должна стать правилом; эксплуатацию леса следует сопровождать мерами по возобновлению древостоя, мелпоративными и лесокультурными работами, по улучшению породного состава лесов, борьбой с лесными пожарами, болезнями и вредителями леса. Важное место отводится также предотвращению потерь древесины, полному и комплексному использованию древесного сырья.

Последнее условие, т. е. возможно более полная утилизация лесных богатств, вступает, однако, в определенное противоречие с необходимостью поддерживать оптимальный биогенный круговорот веществ в лесных геосистемах: изъятие не только стволов, но и сучьев, корней, хвои, коры ведет к минеральному истощению лесных почв. Поэтому встает вопрос об их *удобрении*.

Самые современные механизированные методы лесозаготовок отрицательно воздействуют на возобновление леса — уничтожают самосев и подрост, разрушают почву.

Большой ущерб таежным лесам наносят вредители. Сибирский шелкопряд объедает древостой на площадях в сотни тысяч гектаров и приводит к потере десятков и сотен миллионов кубометров древесины. Для борьбы с вредителями широко применяют химические средства путем авиаопыливания. Но «попутное» уничтожение полезных животных сводит на нет эффект этого способа. По-

этому актуальны поиски биологических методов: выведения особых микробов и вирусов, использования насекомых-энтомофагов, насекомоядных птиц, млекопитающих (землеройки, летучие мыши), рептилий (ящерицы) и амфибий (лягушки, жабы). Кроме того, в борьбе с вредителями, а также болезнями деревьев имеет большое значение культура лесного хозяйства. Необходимо систематически проводить санитарные рубки и не допускать захламления леса.

В связи с затронутым вопросом надо сказать о значении животных обитателей тайги не только как природного ресурса, но и как географического фактора, как компонента таежных геосистем и экосистем. В этом отношении особо важную роль играют беспозвоночные — муравьи, комары и др. Охрана и регулирование животного населения — достаточно сложная проблема. Сюда входят не только разработка научно обоснованных норм охоты, рыболовства и борьба с браконьерством, но и регулирование численности некоторых животных (например, лосей, волков, а также представителей ихтиофауны) для поддержания баланса в биоценозах, и в особенности сохранение и улучшение местообитаний. Последнее предполагает предотвращение вредного воздействия ядохимикатов и промышленных загрязнений, прекращение молевого сплава, сохранение растительного покрова, наконец, создание заповедников и заказников. В этот же комплекс, разумеется, следует включить и оказание непосредственной помощи животным, страдающим от стихийных бедствий и болезней.

На этом примере видно, что вопросы охраны любого компонента таежных геосистем не могут решаться вне проблемы охраны тайги как целостного природного комплекса. Невозможно сохранить животный мир тайги, если не сохранять лесную растительность и почву, не поддерживать чистоту воздуха и водоемов. Поэтому, хотя охрана и оптимизация животного мира — проблема прежде всего биологическая, она требует ландшафтно-географического подхода.

Второй большой комплекс проблем оптимизации таежных ландшафтов связан с регулированием их *водного баланса*, что имеет существенное значение для повышения продуктивности и лесов и сельскохозяйственных угодий, для водо- и энергоснабжения, улучшения транспортных условий, увеличения рыбных ресурсов. Однако при этом

возникают сложные, во многом противоречивые вопросы географического и экономического характера.

Прежде всего следует пересмотреть утвердившееся отношение к таежным ландшафтам как к избыточно увлажненным и безусловно нуждающимся в осушении. На фоне общего избытка атмосферной влаги поступление ее подвержено ритмическим колебаниям, так что бывают годы с недостаточным увлажнением. Кроме того, во многих ландшафтах южной части тайги наблюдается систематический недостаток влаги в начале вегетационного периода. Наконец, надо принять во внимание огромное разнообразие таежных геосистем, среди которых соседствуют постоянно переувлажненные и нуждающиеся в дополнительном увлажнении. Таким образом, для тайги актуально не столько осушение, сколько двустороннее регулирование водного режима.

К серьезным проблемам трансформации таежных ландшафтов относится создание водохранилищ. Вопрос этот обширный и решается неоднозначно, в зависимости от конкретных ландшафтных условий. Все же, как правило, создание крупных водохранилищ в этой зоне нерационально, поскольку вызывает нарушение водного баланса на окружающих территориях, усугубляет заболачивание, сказывается на состоянии лесов и сельскохозяйственных угодий.

Одно из крупнейших возможных мероприятий в таежной зоне — переброска части стока в южные районы страны. Географический эффект ежегодного изъятия десятков кубических километров речной воды пока не вполне ясен, однако в локальных масштабах вряд ли удастся избежать отдельных нарушений структуры геосистем.

Не будем специально останавливаться на мерах, направленных на предотвращение качественного истощения водных ресурсов тайги (вследствие возможного загрязнения нефтью, продуктами молевого сплава, промышленными и бытовыми стоками). Необходимость их не требует специального обоснования.

Меры по освоению *сельскохозяйственных земель* в тайге и повышению их потенциала в общих чертах тоже известны. Среди них водная мелиорация, способы агрохимические (удобрение, известкование), культуртехнические (борьба с закустариванием, залесением, закоркаренностью, завалуненностью), агротехнические (глубокая вспашка, создание культурных сенокосов и пастбищ и др.). Однако

применять их следует дифференцированно, в соответствии с разнообразием ландшафтов тайги. Для некоторых из них актуальны, кроме того, противоэрозионные мероприятия, необходим дифференцированный подход к применению удобрений, сельскохозяйственных машин, мелиорации.

Развитие сельского хозяйства в тайге должно идти преимущественно путем его интенсификации. Расширять сельскохозяйственные земли следует за счет мелколесий, кустарников, пустошей, возникших на месте заброшенных пашен и лугов, и крайне нежелательно за счет высокопродуктивных лесных угодий. Некоторые сельскохозяйственные угодья (например, мелкоконтурные и эрозионно-опасные участки в холмисто-моренных ландшафтах) целесообразно трансформировать в лесные.

Это общая схема, ее еще предстоит конкретизировать и детализировать в зависимости от специфики различных таежных ландшафтов и перспектив их хозяйственного освоения. Конкретные пути оптимизации будут меняться в широком диапазоне — от организации заповедников до создания культурных ландшафтов с интенсивно осваиваемыми землями. Но на большей части территории таежной зоны хозяйственная деятельность должна носить экстенсивный характер. Это диктуется и необходимостью сохранения ее земельных резервов, и значением тайги для поддержания природного равновесия в зональных и даже глобальных масштабах. Здесь будет поддерживаться спонтанное развитие ландшафтов при постоянном «уходе» за ними (Сочава, 1967).

В настоящее время наиболее перспективную сферу взаимодействия ландшафтоведа, с одной стороны, и экономиста, инженера и проектировщика — с другой, представляет собой среднее звено территориального проектирования — *районная планировка*.

До сих пор районная планировка осуществляется, как правило, без предварительного натурного (полевого) изучения природных условий, не говоря уже об их комплексном исследовании. В качестве «природной основы» схем и проектов районной планировки используются разного рода отраслевые материалы. В штатах проектных институтов Госстроя СССР, которым поручено заниматься районными планировками, нет ландшафтоведов. А они могли бы квалифицированно оценить разнородные материалы по природной среде и целенаправленно обобщить их. Опыт свидетельствует, что экономико-географы, уча-

ствующие в районных планировках, слишком далеки от этих проблем.

В известных руководствах, посвященных «географическим аспектам» районных планировок (Богорад, 1965; Перцик, 1973), рассматриваются исключительно *экономико-географические аспекты*. Между тем перед проектировщиками ставятся такие задачи, как размещение рекреационных зон, заповедников, природных парков и т. д., а их невозможно решить без комплексного ландшафтно-географического обоснования. В сущности функциональное зонирование территории в целом должно основываться на анализе и оценке геосистем¹.

Другая важная задача, выдвигаемая перед районной планировкой и не находящая пока удовлетворительного решения, — разработка рекомендаций по охране и улучшению природной среды. Хотя в руководствах по районной планировке предусматриваются мероприятия по «охране и обогащению» породы, проектировщики в отдельных случаях не подготовлены к тому, чтобы на должном уровне решать эти вопросы. Д. И. Богорад (1965, с. 323) признает, что эта проблема «по своему содержанию и значению выходит далеко за рамки того круга вопросов, которые решаются в проектах районной планировки»².

При современных темпах индустриализации и урбанизации, растущей потребности в земельных и других природных ресурсах и возрастающем «давлении» производства на природную среду осуществлять территориальную организацию хозяйства и расселения без опоры на серьезное комплексное естественнонаучное обоснование недопустимо.

Работа географа-ландшафтоведа по своему профилю органически вписывается в процесс территориального планирования и проектирования. В районных планировках перед ним стоят две главные задачи. Первая — создание природной основы для *функционального зонирования*, т. е. для определения оптимального назначения каждого

¹ В «Инструкции по составлению схем и проектов районной планировки» (1973) предусматривается разработка схемы комплексной оценки территории, однако не раскрыто ни содержание этой схемы, ни методика ее разработки.

² Еще хуже, когда в учебнике по районной планировке (Савченко И. П., Дипякин А. Ф. Основы районной планировки. М., 1970, 278 с.) обнаруживается недопонимание сущности охраны природы, не говоря уже о ландшафтно-географических основах организации территории.

природного комплекса, его как бы социальной функции. Нет надобности подчеркивать, что объектами внимания со стороны ландшафтоведа должны оставаться именно природные комплексы, а не какие-либо другие территориальные подразделения. Известно, что один и тот же природный территориальный комплекс, или геосистема, может выполнять разные социальные функции. Чтобы сделать правильный выбор, необходимо предварительно произвести всестороннюю оценку геосистем в разных аспектах, включая мелиоративный и природоохранный. Особенно ответственный характер оценочные ландшафтные исследования приобретают в районах интенсивного хозяйственного освоения, где складывается острая нехватка земельных ресурсов. Примером может служить ситуация в Курской магнитной аномалии и Тольятти-Жигулевском районе, описанная Т. В. Звонковой (1971). Аналогичная картина складывается и в окрестностях крупных городов.

Ландшафтовед при выборе исходит из главных целей оптимизации природной среды и проектирования культурного ландшафта: приоритет должен отдаваться производящим, социально-экологическим и природоохранным функциям геосистем (сельское хозяйство, лесные и рекреационные угодья, охраняемые и резервные земли). Рекомендуемая ландшафтоведом схема функционального зонирования территории, разумеется, не окончательна. Она должна апробироваться прежде всего в отношении ее экономической эффективности. Но эта задача уже не входит в компетенцию географа.

Вторая задача географа-ландшафтоведа в районных планировках сводится к обоснованию мероприятий по *охране и улучшению природных комплексов*. Обе задачи тесно взаимосвязаны, и разделить их можно лишь условно. Функциональное зонирование целесообразно начинать с выделения площадей, требующих охранного режима, а также с установления природных ограничений для того или иного использования различных геосистем.

В. Д. Стерлигов (1971) писал, что для каждого случая районной планировки необходимо создать *ландшафтную модель*, которая должна отделить желательное по экономическим соображениям от возможного по ландшафтными условиями, ибо каждый ландшафт имеет свою «критическую емкость» в отношении количества населения, застройки, насыщения предприятиями и т. д.

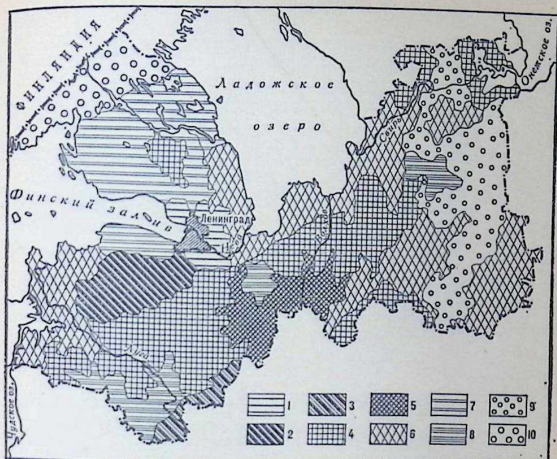


Рис. 31. Комплексная планировочная классификация ландшафтов Ленинградской области
(Объяснение условных знаков см. в табл. 6)

Подобная ландшафтная модель есть не что иное, как карта особого типа, которую можно назвать *ландшафтно-планировочной*, или *комплексной территориально-планировочной*, картой.

В последние годы интерес к созданию специальных карт для территориального планирования появился как в социалистических странах (Haase, 1968; Różycka, 1971; Bartkowski, 1974; Schmidt, 1975; Ružička, 1976), так и в капиталистических (Rödig, Schwarz, 1974; Standortkarte, 1974; Canada land inventory, 1975; Winkler, 1975).

Комплексная территориально-планировочная карта — наиболее ответственное завершающее звено в исследованиях по оптимизации природной среды. Поэтому объектом картографирования должен быть не случайный набор отдельных признаков природной среды, а целостные географические системы. Этому требованию и отвечает планировочное картографирование на ландшафтной основе. К такому заключению приходят многие географы ГДР,

Таблица 6

КОМПЛЕКСНАЯ ПЛАНИРОВОЧНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
(легенда к рис. 31)

Функциональные группы	Основные генетические признаки
1. Резервная территория для развития Ленинграда и его защитного зеленого пояса	Озерно-ледниковая слабодренированная равнина с приморскими террасами
Преимущественно сельскохозяйственные	2. Основной сельскохозяйственный район Возвышенные древированные равнины на карбонатных валунистых суглинках
	3. Перспективный сельскохозяйственный район Низменные слабодренированные равнины на карбонатных валунистых суглинках
Лесохозяйственные с выборочным использованием сельскохозяйственным	4. Потенциальные лесохозяйственные, водоохранные и резервные сельскохозяйственные земли Низменные слабодренированные моренные равнины
	5. Потенциальные лесохозяйственные и резервные сельскохозяйственные земли Низменные слабодренированные равнины на ленточных глинах
	6. Потенциальные лесохозяйственные, отчасти рекреационные, водоохранные земли Низменные озерно-ледниковые, древнеозерные, задровые болотно-боровые равнины
Преимущественно рекреационные	7. Основной рекреационный фонд для Ленинграда с ограниченным сельскохозяйственным использованием Озерно-ледниковые боровые равнины с озерами, камовые возвышенности

Необходимые мероприятия

Создание лесопарков, улучшение дренажа, рекультивация, интенсификация использования сельскохозяйственных земель

Сохранение, улучшение, местами восстановление лесов, уборка камней и другие культуртехнические мероприятия, местами отвод поверхностных вод

Отвод поверхностных вод, раскорчевка мелколесий и кустарников, уборка камней

Трансформация мелколесий в еловые леса, частично раскорчевка под сельскохозяйственные угодья; отвод поверхностных вод, уборка камней на полях, известкование и другие культуртехнические мероприятия; создание заказников

Трансформация мелколиственных лесов в еловые, частичная раскорчевка, отвод поверхностных и почвенно-грунтовых вод, улучшение структуры почв и другие агротехнические мероприятия.

Лесокультурные и лесовосстановительные (на сосну) работы, регулирование водного режима, на полях все виды удобрений, глинование, создание заказников и природных резерватов

Благоустройство лесов и водоемов, создание лесопарков и заказников, местами искусственный дренаж и рекультивация

Продолжение

Функциональные группы	Основные генетические признаки
Преимущественно рекреационные 8. Рекреационный фонд для длительного отдыха ленинградцев и местного значения, с водоохранными функциями	Боровые камовые возвышенности в сочетании с озерно-ледниковыми равнинами
Преимущественно природоохранные 9. Лесной фонд водоохранного, почвозащитного, отчасти рекреационного назначения с выборочным сельскохозяйственным использованием 10. Лесной фонд водоохранного и почвозащитного назначения, выборочное сельскохозяйственное использование (в ложбинах)	Холмисто-моренные возвышенности с пониженной теплообеспеченностью Грядово-ложбинные ландшафты Балтийского щита

Польши, Чехословакии, Венгрии. Наиболее прочные теоретические и методические основы для ландшафтно-планировочного картографирования заложены в советской географии.

Е. Д. Смирнова (1973) показала на примере Московской области, что генезис и структура ландшафтов определяют их функциональный потенциал, т. е. пригодность к использованию. На основе анализа ландшафтов каждому из них автор дает оценку в аспектах сельскохозяйственном, рекреационном и инженерно-строительном и рекомендует наиболее рациональное использование.

Подобное исследование на «среднем» территориально-планировочном уровне проведено нами для северо-западных областей Европейской части СССР (Исаченко, 1976б). Фрагмент соответствующей ландшафтно-планировочной карты (для Ленинградской области) приводится на рис. 31. На ней отражена рекомендательная группировка ландшафтов с учетом их наиболее целесообразного ис-

Необходимые мероприятия

Ограничение распахки, благоустройство и восстановление лесов, закрепление склонов, отвод грунтовых вод из понижений и котловин

Ограничение лесозексплуатации и распахки, лесокультурные мероприятия, восстановление ельников (местами сосняков), создание заповедников, заказников, природных резерватов

Исключение лесозексплуатации, лесокультурные мероприятия, отвод поверхностных вод из ложбин, создание заказников и резерватов

пользования (или функционального назначения), важнейших мер, направленных на повышение производственного и экологического потенциала, а также нуждемости в охране. Эта группировка явилась итогом аналитических, оценочных и прогнозных разработок, часть которых рассмотрена в предыдущих разделах. Основное содержание выделенных планировочных групп ландшафтов раскрыто в табл. 6, которая служит легендой к карте.

Материалы такого рода могут быть использованы при разработке генеральных схем организации производительных сил по экономическим районам и в качестве первичной естественнонаучной основы для разработки схем районных планировок республик, краев и областей.

Комплексные планировочные карты средних масштабов могут быть использованы при переходе к низовому уровню территориальных планировок, как своего рода связующее звено между двумя этапами. Они, по-видимому, представляют наиболее оптимальную ландшафтно-

географическую основу для разработки проектов планировки административных районов, а также генеральных планов пригородных зон, курортных районов и т. п. Эти карты составляются по тем же принципам, что и рассмотренные выше мелкомасштабные карты, с той лишь разницей, что объектами отображения служат *урочища* (см. Исаченко, 1972).

На *низовом уровне территориального проектирования* использование материалов ландшафтной съемки, оценочных и прогнозных ландшафтных исследований содействует повышению качества составления генеральных планов городов и рекреационных комплексов, внутрихозяйственной организации совхозов и колхозов, а также проектов детальной планировки отдельных учреждений загородного отдыха, жилых районов.

В ландшафтных исследованиях на рассматриваемом уровне, после того как основное функциональное назначение территории определено проектом районной планировки, на передний план выступает то или иное специализированное направление (градостроительное, рекреационное, агропроизводственное и др.). Однако часто приходится выходить за пределы данного узкого направления и рассматривать его в контексте общих задач оптимизации природной среды всей «вмещающей» территории. Кроме того, всякое освоение территории предполагает проведение инженерной подготовки (а значит, соответствующей оценки), учета природоохранных аспектов, нередко и мелиоративных мероприятий, что неизбежно требует всестороннего ландшафтно-географического обоснования.

Разработки низового уровня в основном распространяются на интенсивно осваиваемые территории.

Урбанизированные территории часто характеризовались иррациональной, стихийно сложившейся планировочной структурой. Нередко продуктивные земли были заняты промышленными предприятиями, складами, животноводческими фермами. Обширные площади находились под карьерами, выработанными торфяниками, свалками, пустырями, участками с вторичным заболачиванием. Вместе с тем существовал острый недостаток зеленых насаждений и рекреационных угодий, а также площадей для дальнейшего развития города и его спутников и т. д. Сейчас такие территории интенсивно реконструируются, вокруг больших городов создаются, в частности, лесопарковые пояса. В связи с этим возникает сложный комплекс инженерных,

мелноративных и других задач, и доминирующей функцией природных комплексов становится рекреационная.

В описанной ситуации одна из главных форм ландшафтных исследований — участие географа в *архитектурно-планировочном проектировании* и тесное сотрудничество с архитектором.

«Рациональное переустройство урбанизованных и пригородных территорий должно основываться не на поверхностном учете случайных, неоднородных данных о тех или иных природных компонентах, а на принципах современного ландшафтоведения, на детальной ландшафтной съемке и комплексной оценке сопряженных геосистем локального уровня. Практически культурные ландшафты в таких условиях формируют главным образом архитектурно-планировочными средствами: созданием парков и лесопарков, водоемов, эстетически целесообразным «вписыванием» в ландшафт различных инженерных сооружений. Таким образом, формирование культурных ландшафтов урбанизованных территорий — общая задача ландшафтоведа и архитектора. Имеется уже значительный опыт работы ландшафтоведов — как совместной с архитекторами, так и самостоятельной — по обоснованию архитектурных проектов и рекреационного, отчасти инженерного и другого использования земель. Такие работы обычно сопровождаются детальными ландшафтно-планировочными картами соответствующего (специализированного) назначения (Голицын и др., 1967; Бахтина и др., 1970; Шеффер, 1971; Васильева и др., 1972).

В заключение следует отметить, что окончательное решение о путях оптимизации того или иного природного комплекса может быть принято лишь с учетом многих факторов — не только ландшафтно-географических, но прежде всего социально-экономических, а также технологических. Поэтому рекомендации географа не должны быть слишком жесткими. Географ не должен брать на себя оценку экономической эффективности предлагаемых мероприятий или разработку инженерных решений. У географа достаточно задач в комплексе проблем оптимизации природной среды, которые еще не решены и требуют дальнейшего углубления и расширения исследовательских работ в области как теоретического, так и прикладного ландшафтоведения. Среди этих задач, пожалуй, на первое место надо поставить разработку принципов и методов ландшафтно-географического прогнозирования.

- Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Изд. 2-е. Т. 20. М.: Изд-во политической литературы, 1955.
- Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Т. 25.
- Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Т. 32.
- Косыгин А. Н. Участникам VI съезда Географического общества СССР. — Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, 1976, т. 108, вып. 3.
- Конституция (Основной Закон) Союза Советских Социалистических республик. М.: Изд-во политической литературы, 1977.
- Арманд Д. Л. Нам и внукам. Изд. 2-е. М.: Мысль, 1966. 252 с.
- Арманд Д. Л. Физическая география в наши дни. М.: Знание, 1968. 48 с.
- Арманд Д. Л. Балльные шкалы в географии. — Изв. АН СССР. Серия геогр., 1973, № 2, с. 111—123.
- Вазилевич Н. И., Родин Л. Е., Розов Н. Н. Географические аспекты изучения биологической продуктивности. — Мат-лы V съезда Геогр. об-ва СССР. Л., 1970, 28 с.
- Батган Л. Д. Загрязненное небо. М.: Мир, 1967. 124 с.
- Бауэр Л., Вайничке Х. Забота о ландшафте и охрана природы. М.: Прогресс, 1971, 264 с.
- Баткина И. К., Голицын Г. В., Смирнова Е. Д. Методы оценки природных условий для архитектурного проектирования. — В кн.: Мелкомасштабные карты оценки природных условий. М.: Изд-во МГУ, 1970, с. 38—46.
- Берлянт А. М. Использование карт для целей прогноза. — В кн.: Итоги науки и техники. Картография. Т. 7. М., 1976, с. 22—36.
- Биола Ги. Марксизм и окружающая среда. М.: Прогресс, 1975. 152 с.
- Богорад Д. И. Конструктивная география района. М.: Мысль, 1965. 407 с.
- Богоров В. Г. Биологическая продуктивность океана и особенности ее географического распределения. — Вопр. географии, 1970, № 84, с. 80—102.
- Борисов П. М. Может ли человек изменить климат? М.: Наука, 1970. 192 с.
- Будыко М. И. Изменения климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 280 с.
- Васильева И. В., Варламова М. И. и др. Ландшафтная характеристика и рекреационная оценка окрестностей города Тарусы. — В кн.: Ландшафтоведение. М., 1972, с. 140—152.
- Введение в геоигиену. М.—Л.: Наука, 1966, 324 с.
- Вендров С. Л., Дьяконов К. Н. Водохранилища и окружающая природная среда. М.: Наука, 1976. 136 с.
- Видина А. А., Цесельчук Ю. Н. Ландшафтные исследования для целей сельского хозяйства и возможности использования ландшафтных карт. — В кн.: Мат-лы к V Всесоюзн. совещ. по вопр. ландшафтоведения. М., 1961, с. 160—169.
- Виноградов А. П. Технический прогресс и защита биосферы. — Коммунист, 1973, № 11, с. 58—67.

Воейков А. И. Воздействие человека на природу. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 252 с.

Географические аспекты экологии человека. М., 1975. 212 с.

Географические проблемы организации туризма и отдыха. Вып. 1. М.: Турист, 1975. 143 с.; вып. 2. М.: Турист. 128 с.

Герасимов И. П. Преобразование природы и развитие географической науки в СССР. М.: Знание, 1967. 96 с.

Гербурт-Гейбович А. А. Оценка климата для типового проектирования жилищ. Л.: Гидрометеониздат, 1971. 195 с.

Геренчук К. И. Некоторые итоги и задачи географических исследований для оценки земель. — *Вопр. географии*, 1965, № 67, с. 24—31.

Геренчук К. И., Раковська Е. М., Топчизе О. Г. Польові географічні дослідження. Київ: Вища школа, 1975. 246 с.

Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1964. 230 с.

Глазовская М. А. Изучение геохимии ландшафтов в интересах увеличения их биологической продуктивности. — *Вестн. МГУ. Серия геогр.*, 1969, № 1, с. 10—19.

Голицын Г. В., Камышова Н. П. и др. Опыт составления ландшафтных карт для обоснования архитектурных проектов пригородов крупных городов. — В кн.: Тематическое картографирование в СССР. Л.: Наука, 1967, с. 50—56.

Давитая Ф. Ф. Атмосфера и биосфера — прошлое, настоящее, будущее. Л.: Гидрометеониздат, 1975. 37 с.

Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975. 415 с.

Дессенс А. Можем ли мы изменить климат? Л.: Гидрометеониздат, 1969. 119 с.

Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой. М.: Прогресс, 1973. 379 с.

Дзердзеевский Б. Л. О преобразовании климата. — В кн.: Природа и общество. М.: Наука, 1968, с. 235—253.

Докучаев В. В. Сочинения. Т. 6. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 595 с.

Долгушин И. Ю. «Ценные» реакции в географической среде и преобразование природы. — *Природа*, 1964, № 11, с. 10—22.

Дончева А. В. Функционально-динамические ряды техногенно измененных природных комплексов. — *Вопр. географии*, 1977, № 106, с. 83—89.

Дорст Ж. До того, как умрет природа. М.: Прогресс, 1968. 415 с.

Дорфман Я. Р. Опыт применения ландшафтного анализа в разработке перспективного плана развития г. Черновцы. — В кн.: Мат-лы к V Всесоюз. совещ. по вопр. ландшафтоведения. М., 1961, с. 190—198.

Дрдош Я. Комплексная физическая география и экология. — *Изв. Всесоюз. геогр. об-ва*, 1973, т. 105, вып. 2, с. 97—107.

Дроздов О. А., Сорочан О. Г. Новые данные о глобальном влагообороте и его изменениях под влиянием хозяйственной деятельности. — В кн.: Преобразование водного баланса под влиянием хозяйственной деятельности. Л.: Гидрометеониздат, 1976, с. 34—36.

Дьяконов К. Н. Опыт прогноза воздействия Печорского водохранилища на леса прибрежной зоны. — В кн.: Влияние водохранилищ лесной зоны на прилегающие территории. М.: Наука, 1970, с. 145—158.

Дьяконов К. Н. Влияние крупных равнинных водохранилищ на леса прибрежной зоны. Л.: Гидрометеониздат, 1975. 127 с.

Дьяконов К. Н. О некоторых закономерностях влияния инженерных сооружений на подвижные компоненты геосистем. — *Вопр. географии*, 1977, № 106, с. 73—82.

Дюбос Р. Человек и его экосистемы. — В кн.: *Биосфера и ее ресурсы*. М.: Наука, 1971, с. 72—89.

Дюбиньо П. и Танг М. Биосфера и место в ней человека. М.: Прогресс, 1968. 253 с.

Ефремов Ю. К. Биосфера и человечество (послесловие). — В кн.: *Дюбиньо П. и Танг М. Биосфера и место в ней человека*. М.: Прогресс, 1968, с. 243—248.

Жучкова В. К. Организация и методы комплексных физико-географических исследований. М.: Изд-во МГУ, 1977. 184 с.

Заварина М. В. Строительная климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 312 с.

Защита природной среды. Проблемы мира и социализма, 1972, № 6, с. 10—29.

Звонок Т. В. Прикладная геоморфология. М.: Высшая школа, 1970. 272 с.

Звонок Т. В. Географические проблемы строительства в лесостепной зоне Русской равнины. — *Вестн. МГУ. Серия геогр.*, 1971, № 3, с. 63—70.

Звонок Т. В. Принципы и методы регионального географического прогнозирования. — *Вестн. МГУ. Серия геогр.*, 1972, № 4, с. 19—25.

Звонок Т. В., Зворыкин К. В., Шульгин А. М. О принципах прикладного районирования для целей сельского хозяйства. — *Вестн. МГУ. Серия геогр.*, 1964, № 6, с. 3—6.

Звонок Т. В., Крылова В. А. и др. Серия мелкомасштабных карт инженерной оценки природных условий Западной Сибири. — В кн.: *Оценочные карты природы, населения и хозяйства*. М.: Изд-во МГУ, 1973, с. 48—56.

Исаченко А. Г. Физико-географическое картирование. Ч. III. Л.: Изд-во ЛГУ, 1961. 268 с.

Исаченко А. Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1965. 327 с.

Исаченко А. Г. Развитие географических идей. М.: Мысль, 1971а. 416 с.

Исаченко А. Г. Системы и ритмы зональности. — *Изв. Всесоюз. геогр. об-ва*, 1971б, т. 103, вып. 1, с. 10—26.

Исаченко А. Г. О единстве географии. — *Изв. Всесоюз. геогр. об-ва*, 1971в, т. 103, вып. 3, с. 284—310.

Исаченко А. Г. К методике прикладных ландшафтных исследований. — *Изв. Всесоюз. геогр. об-ва*, 1972, т. 104, вып. 6, с. 417—429.

Исаченко А. Г. Охрана природы и кадастр ландшафтов. — *Изв. Всесоюз. геогр. об-ва*, 1973, т. 105, вып. 3, с. 216—222.

Исаченко А. Г. О так называемых антропогенных ландшафтах. — *Изв. Всесоюз. геогр. об-ва*, 1974а, т. 106, вып. 1, с. 70—77.

Исаченко А. Г. Ландшафт как предмет человеческого воздействия. — *Изв. Всесоюз. геогр. об-ва*, 1974б, т. 106, вып. 5, с. 361—371.

Исаченко А. Г. Классификация ландшафтов СССР. — *Изв. Всесоюз. геогр. об-ва*, 1975, т. 107, вып. 4, с. 302—315.

Исаченко А. Г. Прикладное ландшафтоведение. Ч. 1. Л.: Изд-во ЛГУ, 1976а. 452 с.

Исаченко А. Г. Исследование ландшафтов в целях оптимизации природной среды (на примере Северо-Запада Европейской части СССР). — Вестн. ЛГУ, 19766, № 12, с. 109—115.

Исаченко А. Г. Советская физическая география и мелиоративные исследования нечерноземных областей. — Изв. Всесоюзн. геогр. об-ва, 1977, т. 109, вып. 5, с. 393—401.

Исаченко А. Г. и Шляпников А. А. К методике комплексного картографирования природных ресурсов. — Изв. Всесоюзн. геогр. об-ва, 1976, т. 108, вып. 5, с. 366—376.

Использование и охрана природных ресурсов. М.: Прогресс, 1972. 295 с.

Калесник С. В. Проблема географической среды. — Вестн. ЛГУ, 1968, № 12, с. 91—96.

Камшилов М. М. Человек и живая природа. — Природа, 1969, № 3, с. 28—37.

Камшилов М. М. Эволюция биосферы в условиях научно-технического прогресса. — В кн.: Методологические аспекты исследования биосферы. М.: Наука, 1975, с. 130—158.

Канцобовская Н. В., Мухина Л. И. Опыт оценки природных условий строительства на территории СССР. — Изв. АН СССР. Серия геогр., 1972, № 2, с. 60—67.

Капица П. Л. Глобальные научные проблемы ближайшего будущего. — В кн.: Методологические аспекты исследования биосферы. М.: Наука, 1975, с. 47—52.

Кильдема К. Т., Лепасев В. П., Райк А. А. Опыт ландшафтного исследования земельного фонда Эстонской ССР. — В кн.: Вопр. ландшафтоведения. Алма-Ата, 1963, с. 336—343.

Кириллин В. А. О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов. — Известия, 1972, 20 сентября, № 221 (17149).

Ковда В. А. Биосфера и человечество. — В кн.: Биосфера и ее ресурсы. М.: Наука, 1971, с. 7—52.

Колбасов О. С. Природа под охраной закона. М.: Московский рабочий, 1975. 128 с.

Комар Н. В. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. М.: Наука, 1975. 212 с.

Коммонер Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 279 с.

Коммонер Б. Технология прибыли. М.: Мысль, 1976. 112 с.

Котлов Ф. В. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. М.: Наука, 1977. 171 с.

Кратцер П. Климат города. М.: ИЛ, 1958. 239 с.

Крауклис А. А., Михеев В. С. Опыт ландшафтных исследований для оценки земель в горной тайге Северного Забайкалья. — Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока, 1963, № 3, с. 29—36.

Куницын Л. Ф., Мухина Л. И., Преображенский В. С. Некоторые общие вопросы технологической оценки природных комплексов при инженерном освоении территории. — Изв. АН СССР. Серия геогр., 1969, № 1, с. 38—49.

Лавренко Е. М. Основные проблемы биогеоценологии и задачи биогеоценологических исследований в СССР. — Журн. общ. биологии, 1971, т. 32, № 4, с. 395—408.

Лаптев Н. П. Научные основы охраны природы. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1970. 489 с.

Лебедев А. Д., Преображенский В. С., Райх Е. Л. Антропо-эко-

логический аспект проблемы «Человек — среда». — Изв. АН СССР. Серия геогр., 1972, № 4, с. 36—45.

Ленькова А. Оскальпированная Земля. М.: Прогресс, 1971. 287 с.
[Lepasepp B.] Lerasepp V. On the application of the landscape principle to the study of land resources. — Учен. зап. Тартуского ун-та, 1964, т. 156, с. 43—54.

Лопатина Е. Б., Назаревский О. Р. Оценка природных условий жизни населения. М.: Наука, 1972. 148 с.

Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1974. 448 с.

Малин К. М. Жизненные ресурсы человечества. М.: Наука, 1967. 187 с.

Марков К. К., Каплин П. А., Свиточ А. А. Задачи палеогеографических исследований в целях долгосрочного географического прогнозирования. — Вестн. МГУ. Серия геогр., 1974, № 6, с. 3—8.

Марш Дж. П. Человек и природа, или О влиянии человека на изменение физико-географических условий природы. Спб., 1866. 592 с.

Меллума А. Ж. Роль рельефа в образовании малых географических комплексов и методика его изучения для нужд сельскохозяйственного производства (на примере холмистого рельефа Латвийской ССР). Автореферат диссертации. Рига, 1968. 27 с.

Методика ландшафтных исследований. [Сб. ст.]. Л.: Изд. Геогр. об-ва СССР, 1971. 152 с.

Методологические аспекты исследования биосферы. [Сб. ст.]. М.: Наука, 1975. 456 с.

Методы комплексных исследований геосистем (Материалы симпозиума). Иркутск, 1974. 148 с.

Миллер Г. П. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. Львов: Вища школа, 1974. 202 с.

Милюков Ф. Н. Ландшафтная сфера Земли. М.: Мысль, 1970. 207 с.

Милюков Ф. Н. Человек и ландшафты. М.: Мысль, 1973. 224 с.

Миц А. А. Экономическая оценка естественных ресурсов. М.: Мысль, 1972. 303 с.

Михайлов Н. И., Николаев В. А. и др. Возможные изменения природных комплексов Западной Сибири и Казахстана при переброске части стока сибирских рек. — Изв. АН СССР. Серия геогр., 1977, № 6, с. 5—12.

Мушина Л. И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов. М.: Наука, 1973. 95 с.

Неуструев С. С. Естественные районы Оренбургской губернии. — В кн.: Оренбургские степи в трудах П. И. Рычкова, Э. А. Эверсманна и С. С. Неуструева. М.: Географиз, 1949, с. 266—410.

Новик И. Б. Концепция оптимизации биосферы. — В кн.: Методологические проблемы изучения биосферы. М.: Наука, 1975, с. 205—219.

Новик И. Б., Лось В. А. Рецензия на книгу «Человек, общество и окружающая среда» (М., 1973). — Вопр. философии, 1974, № 4, с. 172—173.

Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.

Охрана окружающей среды. Модели управления чистотой природной среды. М.: Экономика, 1977. 131 с.

Парсон Р. Природа предъявляет счет. М.: Прогресс, 1969. 567 с.

Пашканг К. В., Васильева И. В., Лапкина Н. А., Рычагов Г. И.

Комплексная полевая практика по физической географии. М.: Высшая школа, 1969. 192 с.

Пашканг К. В., Любушкина С. Г., Родзевич Н. Н. Ландшафтные исследования для целей мелiorации земель. — В кн.: Ландшафтоведение. М.: Изд-во МГУ, 1972, с. 88—95.

Пашканг К. В., Любушкина С. Г., Родзевич Н. Н. Оценка земель административного района на основе ландшафтных исследований. — В кн.: Вопр. ландшафтоведения. М.: 1974, с. 118—142.

Перчик Е. Н. Районная планировка (географические аспекты). М.: Мысль, 1973. 271 с.

Полынов Б. Б., Юрьев М. М. Лахтинская впадина. — Изв. Науч. мелior. ин-та, 1924, вып. 8—9, с. 76—172.

Полынов Б. Б. Роль почвоведения в учении о ландшафтах. — Изв. Всесоюзн. геогр. об-ва, 1946, т. 78, вып. 2, с. 235—239.

Попов Б. А. Рецензия на книгу «Человек, общество и окружающая среда» (М., 1973). — Изв. Всесоюзн. геогр. об-ва, 1975, вып. 2, с. 160—162.

Правовая охрана природы в СССР. М.: Юридическая литература, 1976. 351 с.

Преображенский В. С. Ландшафтные исследования. М.: Наука, 1966. 127 с.

Преображенский В. С. Беседы о современной физической географии. М.: Наука, 1972. 167 с.

Проблема окружающей среды в мировой экономике и международных отношениях. М.: Мысль, 1976. 359 с.

Радиоактивные загрязнения внешней среды. М.: Госатомиздат, 1962. 275 с.

Раменский Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М.: Сельхозгиз, 1938. 620 с.

Ретеюм А. Ю., Дьяконов К. Н., Куницын Л. Ф. Взаимодействие техники с природой и геотехнические системы. — Изв. АН СССР. Серия геогр., 1972, № 4, с. 46—55.

Россолимо Л. Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М.: Наука, 1977. 144 с.

Руткевич М. Н., Шварц С. С. Философские проблемы управления биосферой. — Вопр. философии, 1971, № 10, с. 52—63.

Салищев К. А. Пути повышения практической ценности карт природы в комплексных атласах. — В кн.: Мелкомасштабные карты оценки природных условий. М.: Изд-во МГУ, 1970, с. 5—7.

Салищев К. А. Взгляд на картографию в аспекте научно-технической революции. — В кн.: Пути развития картографии. М.: Изд-во МГУ, 1975а, с. 21—35.

Салищев К. А. О картографическом методе познания (анализ некоторых представлений о картографии). — В кн.: Пути развития картографии. М.: Изд-во МГУ, 1975б, с. 36—45.

Салищев К. А., Берлянт А. М. Применение картографического метода в научных исследованиях и на практике (состояние, проблемы и перспективы). Тбилиси, 1973. 27 с.

Семенов Н. Н. Об энергетике будущего. — Наука и жизнь, 1972, № 10, с. 16—33.

Сен-Марк Ф. Социализация природы. М.: Прогресс, 1977. 435 с.

Сидоренко А. В. Человек, техника, Земля. М.: Недра, 1967.

67 с.

Смирнова Е. Д. Изучение генезиса и структуры ландшафта для определения его функциональных свойств (по данным исследова-

ний Московской области). — В кн.: Ландшафтный сборник. М.: Изд-во МГУ, 1973, с. 225—236.

Сочава В. Б. Исходные положения типизации земель на ландшафтно-географической основе. — Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока, 1962, № 2, с. 14—23.

Сочава В. Б. Структурно-динамическое ландшафтоведение и географические проблемы будущего. — Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока, 1967, № 16, с. 18—31.

Сочава В. Б. География и экология. — Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока, 1971, № 29, с. 43—54.

Сочава В. Б. Системная парадигма в географии. — Изв. Всесоюзн. геогр. об-ва, 1973, т. 105, вып. 5, с. 393—400.

Сочава В. Б. Прогнозирование — важнейшее направление современной географии. — Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока, 1974а, № 43, с. 3—15.

Сочава В. Б. Геоэволюция как раздел учения о геосистемах. — В кн.: Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1974б, с. 3—86.

Сочава В. Б. Вопросы развития прикладных географических исследований в связи с географическим прогнозом. — В кн.: Актуальные вопросы современной прикладной географии. Иркутск, 1976, с. 7—16.

Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978, 319 с.

Стайнов П. Правовые вопросы защиты природы. М.: Прогресс, 1974, 350 с.

Стерлигов В. Д. Районная планировка и охрана природы. — В кн.: Охрана природы, вып. 3. М.: Просвещение, 1971, с. 28—37. Теоретические основы рекреационной географии. М.: Наука, 1975, 224 с.

Теория и методика географических исследований экологии человека. М., 1974, 181 с.

Типы местности и природное районирование Читинской области. М.: Изд-во АН СССР, 1961, 158 с.

Урсул А. Д. Информационный аспект взаимодействия общества и природы. — В кн.: Природа и общество. М.: Наука, 1968, с. 290—297.

Федоров Е. К. Преобразование погоды и климата. — Природа, 1971, № 9, с. 36—44.

Федоров Е. К. Взаимодействие общества и природы. Л.: Гидрометеонадат, 1972, 88 с.

Фельдман Е. С. Медико-географическое исследование территории Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1977, 169 с.

Фриш В. А. Динамика ландшафтов и заповедные режимы. — Изв. Всесоюзн. геогр. об-ва, 1971, т. 103, вып. 4, с. 353—358.

Фриш В. А. Сезонная динамика Белорусского Поозерья. Изв. Всесоюзн. геогр. об-ва, 1974, т. 106, вып. 1, с. 11—17.

Хильми Г. Ф. Философские вопросы проблемы преобразования природы. — В кн.: Взаимодействие наук при изучении Земли. М.: Наука, 1964, с. 55—64.

Хлебович И. А. Медико-географическая оценка природных комплексов (на примере южных районов Средней Сибири). Л.: Наука, 1972, 124 с.

Человек, общество и окружающая среда. М.: Мысль, 1973, 436 с.

Шварц С. С. Экологические основы охраны биосферы. — В кн.:

Методологические аспекты исследования биосферы. М.: Наука, 1975, с. 100—112.

Шеффер Е. Г. Проблемы ландшафтного обоснования хозяйственных проектов. — Учен. зап. ЛГУ, 1971, № 358, с. 145—160.

Шкаликов В. А. Опыт мелноративного районирования территории на основе ландшафтных исследований. — В кн.: Вопр. ландшафтоведения. М., 1974, с. 143—159.

Шкловский И. С. Вселенная. Жизнь. Разум. М.: Изд-во АН СССР, 1962, 239 с.

Шляпников А. А. О содержании комплексных инженерно-географических карт. — Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, 1974, т. 106, вып. 4, с. 265—275.

Шульц Г. Э. Современные задачи учения о фенологическом прогнозировании. — В кн.: Крат. тез. докл. к межведомств. совещ. по вопр. индикационной фенологии и фенологич. прогнозирования. Л., 1972, с. 3.

Экономическая оценка природных ресурсов. — Вопр. экономики, 1969, № 1, с. 75—100.

Экономическая оценка и рациональное использование природных ресурсов. М., 1973, 220 с.

Экономические проблемы оптимизации природопользования. М.: Наука, 1973, 157 с.

Эренфелд Д. Природа и люди. М.: Мир, 1973, 254 с.

Bartkowski T. Zastosowania geografii fizycznej. Warszawa—Poznan, Państw. wyd. naukowe, 1974, 332 s.

Bennett Ch. F. Man and earth's ecosystems. New York, John Wiley & sons, Inc., 1975, 331 p.

Canada land inventory: map series 1:1 000 000, Atlantic provinces (critical areas). Environment Canada, 1975.

Forrester G. W. World dynamics. Cambridge (Mass.), Wright Allen Press, 1971, 142 p.

Haase G. Inhalt und Methodik einer umfassenden landwirtschaftlichen Standortkartierung auf der Grundlage landschaftsökologischer Erkundung. — Wissensch. Veröff. Dtsch. Inst. Länderkunde, 1968, N 25—26, S. 309—349.

Man's impact on the global environment. Cambridge (Mass.) — London, The Mass. inst. Technol. Press, 1970, 319 p.

Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens III W. W. The limits to growth. New York, Universe book, 1972, 205 p.

Rödig K. P., Schwarz K. Die Flächenschutzkarte Hessen dargestellt am Beispiel des Blattes Wiesbaden (L 5914). — Geogr. Rundschau, 1974, Vol. 26, N 1, S. 3—5.

Różycka W. Metody oceny warunków fizjograficznych dla potrzeb planowania przestrzennego miast. — Prace geograficzne. Warszawa, 1971, N 90, 203 s.

Rowe J. S. The level of integration concept and ecology. — Ecology, vol. 42, N 2, 1961.

Ružička M. a kolektiv. Biologický plan krajiny pri výstavbe sídliska. — Životné prostredie, 1976, N 4, s. 181—189.

Schmidt R. Grundlagen der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkartierung. — Arch. Acker-u. Pflanzenbau u. Bodenkunde. Berlin, 1975, Bd. 19, N 8, S. 533—543.

Standortkarte. Blatt "Limburg an der Lahn", 1:50 000. Wiesbaden, 1974.

Troll K. Landschaftsökologie (Geoecologie) und Biogeocoenologie. — Revue Roum. de géol., géophys. et géogr., ser. de géogr. Bucaresti, 1970, N 14.

Winkler E. Ein Raumplanungsatlas der Schweiz. Gedanken zu einem Forschungsproekt der Instituts für Orts-, Regional- und Landesplanung der ETH Zürich. — Mensur. Photogramm. Génie rural revue, 1975, Vol. 73, N 1, p. 41—44.

Исаченко Анатолий Григорьевич

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
Географический аспект

Заведующий редакцией О. Д. КАТАГОЩИН

Редактор Л. А. МАШАРОВА

Редактор карт Т. Г. БЕЛОВА

Младший редактор Ю. С. МАКАРЕВИЧ

Оформление художника А. Е. ГЕНКЕЛЯ

Художественный редактор Е. А. ЯКУБОВИЧ

Технический редактор Е. А. ДАНИЛОВА

Корректор С. С. НОВИЦКАЯ

ИБ № 1151

Сдано в набор 07.06.79. Подписано в печать 23.01.80. А 02308. Формат 84×108^{1/16}. Бумага типографская № 2. Обычн. нов. гарн. Высокая печать. Усл. печатных листов 13,86. Учетно-издательских листов 15,16. Тираж 5000 экз. Заказ № 1846. Цена 1 р. 50 к.

Издательство «Мысль». 117071. Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113105, Москва, Нагатинская, 1,

