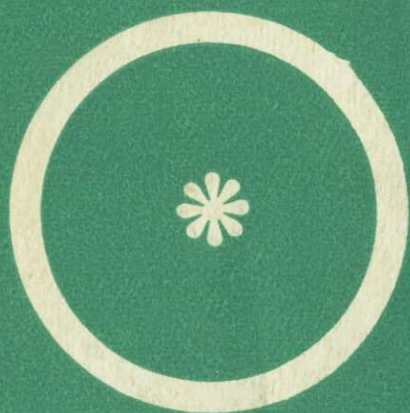


А. Г. ИСАЧЕНКО

ПРИКЛАДНОЕ  
ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ

I



ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА  
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А. А. ЖДАНОВА

---

551,4

А. Г. ИСАЧЕНКО

ПРИКЛАДНОЕ  
ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ

Часть I

2029



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ЛЕНИНГРАД. 1976

*Печатается по постановлению  
Редакционно-издательского совета  
Ленинградского университета*

УДК 551.4

Исаченко А. Г. **Прикладное ландшафтоведение. Ч. 1.** Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1976. 152 с.

В монографии впервые систематически освещается ландшафтно-географический подход к решению проблем рационального использования, охраны и преобразования природы. Первая часть посвящена географическим аспектам взаимодействия природы и общества и принципам организации культурного ландшафта. Во второй части будут рассмотрены основные направления прикладного ландшафтоведения (агропроизводственное, инженерное, мелиоративное, рекреационное и др.) и методы прикладного изучения геосистем, включая их картографирование, оценку и т. д.

Книга рассчитана на географов, архитекторов, проектировщиков и других специалистов, имеющих дело с учетом, оценкой и охраной природной среды при районных планировках, градостроительстве, мелиорации. Рекомендуется в качестве учебного пособия по курсам «Прикладное ландшафтоведение» и «Охрана природы».

Ил. — 7, табл. — 1, библиогр. — 134 назв.

20902—067

И ————— 124—76

076(02)—76

© Издательство  
Ленинградского университета, 1976 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Учение о ландшафте на протяжении всей своей истории было тесно связано с народнохозяйственной практикой. В России это учение зарождалось на рубеже прошлого и нынешнего столетий в процессе решения актуальных для того времени проблем сельского хозяйства, лесоводства, мелиорации. С течением времени сфера практического приложения ландшафтоведения значительно расширилась, причем этот процесс особенно ускорился за последние 10—15 лет. В сущности в любой сфере как производственной, так и не производственной деятельности человеческого общества, — если только эта деятельность имеет отношение к использованию природных ресурсов и к воздействию на природу, — применение принципов и методов ландшафтоведения может дать существенный эффект. В подтверждение сказанного можно указать на возникновение все новых направлений прикладного ландшафтоведения: наряду с сельскохозяйственным также инженерного, медицинского, рекреационного, архитектурно-планировочного и некоторых др.

В последние годы географы-ландшафтовики стали привлекаться к работе в проектных учреждениях градостроительного, архитектурно-планировочного, мелиоративного и другого профиля. Эта сфера деятельности профессионалов-ландшафтоведов несомненно будет расширяться. Отсюда следует необходимость усиления прикладной подготовки студентов-ландшафтоведов в университетах. В учебный план Ленинградского университета по кафедре физической географии введен спецкурс «Прикладное ландшафтоведение». Отсутствие каких-либо пособий по этому курсу послужило непосредственным поводом для появления этой книги. Она отнюдь не может рассматриваться как исчерпывающее руководство и имеет целью лишь помочь преподавателям, студентам, а также работникам научно-исследовательских и проектных институтов получить необходимую общую ориентировку в основных вопросах прикладного ландшафтоведения. Первая часть имеет в сущности вводный характер. Кон-

кретным направлениям и методам прикладных ландшафтных исследований будет посвящена вторая часть.

Следует подчеркнуть, что отдельные, как бы частные направления прикладных ландшафтных исследований, примеры которых упоминались выше, будучи проявлением необходимого разделения труда, отнюдь не обособлены друг от друга. Их формирование взаимообусловлено, и каждая из них посвящена решению лишь одной частной стороны единой, генеральной задачи прикладного ландшафтоведения — разработки научных основ проектирования культурного ландшафта. Концепция культурного ландшафта должна служить объединяющим фундаментом для разных отраслей и направлений прикладного ландшафтоведения.

Организация культурного ландшафта охватывает комплекс достаточно сложных, нередко противоречивых проблем, относящихся к рациональному использованию, охране и улучшению природной среды человеческого общества. В эпоху современного научно-технического прогресса названные проблемы, как известно, приобрели чрезвычайную актуальность в связи с небывало возросшим воздействием производства на природную среду. Упорядочение (оптимизация) этого воздействия нуждается в ландшафтно-географическом подходе. В последующих главах автор попытается раскрыть сущность и значение этого подхода.

---

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРИРОДЫ И ОБЩЕСТВА, ПУТИ ЕГО ОПТИМИЗАЦИИ И ЗАДАЧИ ПРИКЛАДНОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

---

## ГЕОГРАФИЯ И ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИРОДЫ И ОБЩЕСТВА

Проблема «человек и природа» занимает умы ученых и философов с древнейших времен, и географы всегда имели к ней самое непосредственное отношение. Вопросы взаимоотношения человечества с окружающей природной средой можно считать традиционными для географии. Существует даже взгляд, что география — это наука о взаимодействии природы и человека (общества),<sup>1</sup> что именно в этом состоит ее специфика, ее «raison d'être» и основа ее единства. Взгляд этот ошибочный, и география в действительности далеко не охватывает все проблемы взаимодействия природы и общества и не может претендовать на монополию в их разработке. Тем не менее, как мы увидим, ей принадлежит здесь действительно важная роль.

Говоря об участии географов в разработке различных аспектов общенаучной и философской проблемы «человек и природа», следует заметить, что это участие может быть рассмотрено в двух планах: в общетеоретическом, или методологическом (т. е. вклад географов в разработку общей теории, философской и социологической концепции взаимоотношения природы и общества), и в чисто практическом (т. е. учет физико-географических условий и ресурсов и разработка рекомендаций по их наилучшему использованию для нужд общества).

Для того чтобы лучше представить себе роль географа вообще и ландшафтоведа в частности в разработке указанных проблем и более четко определить задачи, стоящие перед нами сейчас, полезно предварительно рассмотреть (по необходимости, лишь очень кратко), как исторически развивались науч-

---

<sup>1</sup> Здесь и далее, во всех случаях, где не делается специальных оговорок (человек как живое существо, биологический вид и т. п.), понятие «человек» употребляется в наиболее широком значении, охватывающем человечество как совокупность человеческих индивидов и как общественное явление, а также как особый географический фактор (например, говоря о воздействии человека на природу, мы, разумеется, имеем в виду воздействие социально организованных людских коллективов, а не отдельных индивидов).

ные подходы к проблеме в целом и как изменялось отношение к ней географии.

1. Первые концепции, относящиеся к взаимодействию человека и природы, восходят к античной эпохе — по крайней мере к V в. до н. э. Общий уровень развития производительных сил того времени, когда человек находился в очевидной зависимости от стихийных сил природы, между тем как его «ответное» воздействие на природу еще не было сколько-нибудь ощутимым, объясняет определенный акцент на одну сторону этого взаимодействия. Так возникло учение о решающем воздействии природных условий на физические и психические особенности разных народов, а через эти особенности — на культуру и общественное устройство. Это учение следует считать не географическим, а скорее социологическим и даже политическим. Его разработывали врач Гиппократ (V в. до н. э.), историки Фукидид (V в. до н. э.) и Ксенофонт (IV в. до н. э.), философы Платон (IV в. до н. э.) и Аристотель (IV в. до н. э.). Этими вопросами интересовались также Геродот (V в. до н. э.), Полибий (II в. до н. э.) и Страбон (I в. н. э.), которые были в первую очередь историками и лишь во вторую — географами (Исаченко, 1971а).

Уже в рабовладельческую эпоху идея о зависимости человека от природной среды, т. е. так называемый географический детерминизм, была использована господствующим классом в политических целях. Фукидид и Ксенофонт видели в природных условиях и географическом положении Афин причину их могущества, а Платон и Аристотель шли еще дальше, вплоть до обоснования особых прав греков господствовать над другими народами. Заметим, что труды античных географов, как правило, лишены подобных крайностей: в них мы чаще находим лишь попытки объяснить природными условиями конкретные явления из жизни народов, особенности их хозяйства и т. п.

Одновременно и вне какой-либо связи с теоретическими концепциями античных ученых в древней Греции создавались географические описания, которые были рассчитаны на удовлетворение определенного социального заказа — прежде всего потребностей мореплавания и торговли. Эта линия ведет свое начало с древнейших периплов (описаний берегов) и перизгезов (описаний суши), на основе которых Гекатей еще на рубеже VI—V вв. до н. э. составил описание всех известных тогда грекам стран, через Геродота и более поздних ученых-страноведов — к Страбону. Страбон жил в эпоху римской империи, и его «География» полностью подчинена утилитарным (и не в последнюю очередь милитаристским) запросам рабовладельческой верхушки. География Страбона — даже не прикладная, а именно утилитарная дисциплина, ибо подлинно прикладная наука опирается на теорию. Страбон же отвергал необходи-

мость изучения причин и даже исключил из своей книги описание стран, лежащих вне сферы интересов Рима, ссылаясь на то, что «для правительственных нужд нет никакой пользы от знакомства с такими странами и их обитателями, особенно если последние жуют на таких островах, что не могут ни вредить нам, ни приносить пользы...» (Страбон. География, II, 5, 8).

В средние века о влиянии природы (главным образом климата) на человека рассуждали некоторые ученые арабского Востока. Довольно наивные суждения на эту тему мы встречаем в трудах отдельных европейских ученых позднего средневековья (Роджер Бэкон, Альберт Больштедтский, XIII в.), познакомившихся с трудами античных авторов. Однако феодально-религиозная идеология исключала возможность принятия каких бы то ни было концепций о зависимости человека от природы, ибо это означало бы попытку так или иначе отнять у бога власть над людьми. В европейской средневековой науке трудно найти и какие-либо элементы прикладной географии. Да и сама география практически тогда не существовала.

2. Возрождение интереса к взаимоотношениям человека и природы начинается с того времени, когда на политическую арену стал выходить класс буржуазии. Его идеологи в своей борьбе против феодализма отвергали божественное провидение и пытались отыскать естественные причины общественных явлений. Опора была найдена в воззрениях тех же античных ученых. Одним из первых к ним обратился французский юрист и политик Жан Бодэн (XVI в.). В первой половине XVIII в. его идеи заимствовал и развил выдающийся просветитель Шарль Луи Монтескье. Хотя взгляды этих авторов не отличались оригинальностью и выдержаны в духе географического детерминизма, в ту эпоху они имели определенное прогрессивное значение, поскольку выражали идеологию передового класса и стремление найти материалистическое объяснение истории общества.

Надо заметить, что ни Бодэн, ни Монтескье, ни немецкий просветитель XVIII в. И. Г. Гердер, также искавший причины разнородности людей в разнородности местностей, не были географами и не внесли сколько-нибудь существенного вклада в географическую науку. В XVIII и в начале XIX вв. географы проявляли значительно меньше интереса к влиянию природы на судьбы народов, чем историки, политики и философы.

С другой стороны, с началом эры капитализма география выдвигается на положение одной из важнейших практических отраслей знания. Перелом связан с Великими географическими открытиями, положившими начало колониальной экспансии европейских держав и распространению торговых связей на весь мир. География в это время удовлетворяла потребности молодого капитализма в подробных сведениях о природных богатствах разных стран, торговых путях, рынках. Не случайно с конца XVI в. первым центром распространения географиче-

ских знаний становятся Нидерланды — страна, ранее других вступившая на путь капиталистического развития. Особенно важным видом географической информации становятся карты — в них нуждались мореплаватели, торговцы, государственные деятели и полководцы. В XVII в. своеобразное прикладное направление приобрело общее землеведение — оно рассматривало главным образом явления, важные для мореплавания: морские течения, ветры, приливы, магнитное склонение. Страноведческие описания иногда также стали приобретать ярко выраженную прикладную направленность. Так, в 1618 г. Самюэль Шамплен составил географическое описание Канады с точки зрения оценки природных условий для колонизации. Во второй половине XVII в. французский маршал Себастьян Вобан специально занимался разработкой программ для изучения новых территорий. Позднее другой государственный деятель А. Р. Ж. Тюрго (министр финансов Франции в 1774—1776 гг.) занимался вопросами оценки природных условий.

Общеизвестны заслуги Петра I по распространению географических знаний и организации географических исследований России. Осуществляя эти мероприятия, Петр I руководствовался стремлением преодолеть экономическую и культурную отсталость страны, сделать Россию морской державой, укрепить ее обороноспособность. Современник и сподвижник Петра I В. Н. Татищев в 30-х годах XVIII в. обосновал и пропагандировал географию как прикладную науку. Если до того времени прикладное значение географии определялось в основном лишь ее справочными функциями, то у В. Н. Татищева мы, по-видимому, впервые встречаем попытку показать, что география может дать для практики нечто большее, чем простой набор полезных фактов, ибо география дает понимание природных явлений, их связей. На наглядных примерах этот ученый и государственный деятель проиллюстрировал роль географии в решении как больших государственных проблем, так и частных хозяйственных задач (Татищев, 1950).

Можно было бы привести немало свидетельств того высокого авторитета, каким география как практически важная наука пользовалась в XVIII в. Достаточно сослаться на высказывания М. В. Ломоносова, на организацию «академических экспедиций», на все возрастающую потребность в природном районировании и т. д.

Заканчивая рассмотрение этого интересного периода, охватывающего около трех столетий (XVI—XVIII вв.), нельзя не отметить появление одного существенно нового элемента в развитии учения о взаимодействии человека и природы. Великие географические открытия, успехи естествознания, первые победы молодой буржуазии — все это должно было укреплять веру в мощь человеческого разума, в силы человека, его способность покорить природу. Эта убежденность не только не противоре-

чила географическому детерминизму, но, напротив, соответствовала идее единства природы и духа, отвечала идеалам французского просветительства и материализма XVIII в. Еще в 1693 г. Дж. Рей высказал мысль, что Ла-Манш мог быть вырыт людьми. В середине XVIII в. Ж. Бюффон соглашался с этим мнением, а в 1778 г. он разделил историю Земли на 7 периодов, последний из которых характеризуется выходом на арену человека как силы, соперничающей с силами природы. Примерно в то же время вопросами воздействия человека на природу интересовался немецкий естествоиспытатель и географ Г. Форстер.

3. На протяжении XIX в. вопрос о роли географической среды в жизни и развитии общества продолжал обсуждаться философами, историками, социологами. Надо отметить, что в течение этого времени буржуазия не только победила экономически, но и прочно взяла в свои руки политическую власть. При таких условиях географический детерминизм стал играть явно реакционную роль, особенно усилившуюся в эпоху перехода от свободной конкуренции к монополистическому капитализму, когда он легко мог быть использован для идеологического обоснования колониализма и необходимости передела мира. В теоретическом же отношении несостоятельность географического детерминизма должна была стать очевидной после того, как К. Маркс и Ф. Энгельс дали материалистическое объяснение истории общества.

Между тем именно в этот период географический детерминизм стал проникать в географию. Начало этому процессу положил Карл Риттер в первой половине прошлого столетия. Он стремился сделать географию антропоцентрической наукой, вспомогательной для истории. В каждой части суши, даже в ее очертаниях, он видел некое особое предназначение для судеб человечества, и, разумеется, Европа оказывалась наиболее «совершенной», чтобы быть «воспитательным домом» всего человечества. Конечную свою цель Риттер видел в том, чтобы в лике Земли и его «высшем предназначении» открыть замысел творца.

Таким образом, Риттер своеобразно соединил вульгарный географизм с телеологией и божественным провидением. Его идеи вначале нашли отклик главным образом у историков, и лишь немногие географы (среди них Арнольд Гюйо из Бостона) их поддержали. В середине XIX в. и даже позднее сами географы рассматривали географию преимущественно как науку естественную, и многие из них (например, Г. Герланд, И. В. Мушкетов) критиковали Риттера за необоснованность его концепций и за попытку превратить географию в служанку истории.

На фоне господства идей географического детерминизма в это время выделяется новая тенденция в подходе к изучению взаимоотношений между человеком и природой. Наиболее даль-

новидные ученые уже предвидели опасность, грозящую человечеству вследствие его хищнического отношения к природе. Ж. Ламарк еще в 1820 г. писал, что «назначение человека как бы заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар непригодным для обитания».<sup>2</sup>

Впервые научный анализ изменений, произведенных человеком в физико-географических условиях Земли, дал американский географ Джорж Перкинс Марш в 1864 г. Он подробно рассмотрел географические следствия изменения растительности и животного мира, истребления лесов, преобразования гидро-сети, закрепления песков. Марш пытался предвидеть возможные последствия таких мероприятий, как переброска вод Дона в Каспийское море или Волги — в Азовское, осушения залива Зейдер-зе и т. п. Он убедительно доказал, что недооценка взаимных связей в природе, т. е. нарушение сложившегося в ней равновесия, ведет к непредвиденным и преимущественно вредным результатам, которые составляют «главным образом естественное последствие действий, совершенных ради иных целей, более узких и более непосредственных»,<sup>3</sup> и за которые природа мстит человеку.<sup>4</sup> Важно подчеркнуть, что Марш рассматривал воздействие человека на природу как проблему физико-географическую. К сожалению, книга Марша была почти забыта. В Америке о ней вспомнили почти через 100 лет. На нее не ссылается и А. И. Воейков, посвятивший многочисленные работы воздействию человека на природу (см. ниже), хотя труд Марша уже в 1866 г. был переведен и издан на русском языке.

Самое прямое отношение к рассматриваемой проблеме имеют мысли Ф. Энгельса, показавшего на убедительных исторических примерах, что стихийное вмешательство людей в природные процессы ведет к нарушению естественных связей, в результате чего происходят истощение и смыв почв, иссякают источники в горах и бешеные потоки обрушиваются на равнины. Непредвиденные последствия подобных действий, принятых еще в глубокой древности, сказываются до сих пор. «Людам, — пишет Ф. 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».<sup>5</sup>

Ф. Энгельс показал, что первопричина подобного безответственного отношения человека к природе коренится в устройстве самого общества: «Все существовавшие до сих пор спо-

<sup>2</sup> Ламарк Ж. Избранные произведения, т. 2. М., 1959, с. 442.

<sup>3</sup> Марш Дж. П. Человек и природа. СПб, 1866. с. 16.

<sup>4</sup> См. там же, с. 46.

<sup>5</sup> Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 496.

собы производства имели в виду только достижение ближайших, наиболее непосредственных полезных эффектов труда».<sup>6</sup> Так поступали и рабовладельцы, и испанские плантаторы на Кубе, в еще больших масштабах хищническое отношение к природе проявляется при капитализме.

4. В последней четверти XIX в. география переживала серьезный кризис (Исаченко, 1971а). С этого времени на Западе она постепенно отходит от естественнонаучных проблем и становится все более антропоцентрической наукой. Географы, в особенности немецкие, стали чаще обращаться к К. Риттеру и провозглашать своей задачей выяснение влияния географических условий на материальную культуру и политику. Главой нового, антропогеографического, направления стал Фридрих Ратцель. Он дополнил «классический» географический детерминизм социальным дарвинизмом и выдвинул учение о государстве как организме, живущем за счет земли и стремящемся к расширению. Эта идея позднее легла в основу геополитики, воспринятой немецким фашизмом в качестве официальной доктрины.

В американской географии уже в нынешнем столетии учение о «географическом контроле» над судьбами человечества, известное под названием «энvironmentализм», развивали ученица Ф. Ратцеля Э. Ч. Сэмпл и Р. Хантингтон. Другие географы, прочно связавшие себя с социологическими концепциями, восприняли географический детерминизм в менее крайних его формах, но тем не менее, вторгаясь в область истории общества, навязывали ей свою вульгарно-географическую интерпретацию.

Вопросы воздействия человека на природу привлекали в конце XIX — начале XX в. значительно меньше внимания со стороны зарубежных географов. Малоудачная попытка рассмотреть это воздействие принадлежит Элизе Реклю (1868—1869 гг.). Позднее (в 1912 г.) представительница английской антропогеографии Мэрион Ньюбинг посвятила специальную книгу теме покoreния природы человеком. К этой же теме начинают обращаться геологи (И. Д. Лукашевич в России, Эрнст Фишер в Германии).

Что касается прикладных, или, быть может, лучше сказать, конструктивных аспектов географии, то в их разработку основной вклад внесли русские географы. В подлинно конструктивном духе идеи воздействия на природу развивал А. И. Воейков в 1890-х и 1900-х годах. Особое значение он придавал растительности и воде как «рычагам» регулирования природных процессов. В искусственном лесоразведении он видел основной способ борьбы с оврагами, развеванием песков, селями, лавинами и путь к управлению водным режимом, а отчасти также климатом. Регулирование водного режима с помощью орошения пустынь и степей, осушения болот, создания

<sup>6</sup> Там же, с. 497.

искусственных водохранилищ, снегозадержания — также, согласно Воейкову, служит важным средством управления природными процессами и повышения продуктивности сельского хозяйства, а кроме того — улучшения транспортных условий, получения электроэнергии и т. д. Одна из настойчиво пропагандировавшихся им идей состояла в том, чтобы заставить испаряющуюся воду продельвать полезную работу, т. е. создавать органическое вещество. Исходя из этого, А. И. Воейков доказывал преимущество орошаемого земледелия. Отсюда понятен и его особый интерес к Средней Азии, в которой он уже тогда видел будущую крупнейшую базу хлопководства. Кроме того, в региональном плане его постоянно занимали проблемы освоения Черноморского побережья Кавказа, Севера, припятского Полесья (Воейков, 1963). Концепция «земельных улучшений», как ее называл сам Воейков, являлась у него географической, потому что она основана на идее всеобщей связи природных явлений в пределах любой территории.

В еще более четкой форме географические принципы рационального использования и улучшения природной среды были сформулированы и практически осуществлены В. В. Докучаевым в последнем десятилетии XIX в. Разрабатывая научные основы мелиорации степей и их сельскохозяйственного использования, Докучаев подчеркивал (в 1892 г.), что все естественные условия сельского хозяйства — вода, климат, грунты, почвы, растительный и животный мир — до 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...».<sup>7</sup> Он неоднократно указывал на необходимость комплексного учета местных физико-географических условий, закономерных сочетаний компонентов живой и мертвой природы, «типов местной природы» и т. д.

В 1898—1899 гг. В. В. Докучаев наметил принципы ведения сельского хозяйства и мелиорации по природным зонам Европейской России, которые он выделил в соответствии с установленным им географическим законом — законом зональности.

Таким образом, «конструктивные» разработки Докучаева основаны на идее географического комплекса. Категорически отвергая утилитарный подход к природе и настойчиво подчеркивая, что всякое вмешательство в ее жизнь должно опираться на знание ее законов, он положил начало фундаментальным исследованиям географических комплексов и созданию теории современной физической географии.

Созданная В. В. Докучаевым школа продолжала разработку его идей. Как известно, в теоретическом плане их развитие привело к формированию учения о ландшафте. На этой основе еще в дооктябрьский период Г. Ф. Морозов разрабаты-

<sup>7</sup> Докучаев В. В. Сочинения, т. 6. М., Изд-во АН СССР, 1951, с. 97.

вал научные принципы лесоводства, Г. Н. Высоцкий — способы степного лесоразведения. И когда Г. Ф. Морозов называл лесоводство «географическим промыслом» и доказывал, что лесоводов и мелиораторов надо готовить на географическом факультете — на отделении прикладной географии, были уже все основания говорить о зарождении прикладного ландшафтоведения.

5. В 20—30-е годы XX в. география на Западе все более концентрируется вокруг человека. Преобладало мнение о том, что география — наука, занимающаяся изучением влияния природной среды на человеческое общество. Вокруг этой проблемы возникли различные школы и направления. Надо сказать, что многие зарубежные географы не разделяли «грубого» детерминизма (энвайронментализма) в духе Э. Хантингтона, который пытался «вывести» из климата уровень развития цивилизации, колебания курса акций и способность народов к сопротивлению против тирании. Появились более «умеренные» формы географического детерминизма (в частности, так называемый «поссибилизм» французской географической школы).

После же второй мировой войны на Западе наблюдается массовый отход от географического детерминизма (чему способствовала дискредитация фашистской геополитики). Критика энвайронментализма в американской географии стала своего рода модой или признаком хорошего тона. Но вместе с тем постепенно усилилась противоположная — индетерминистская — тенденция, основанная на отрицании каких-либо закономерностей в развитии общества и признании примата свободной воли (подробнее см. Исаченко, 1971в). Эта тенденция оказывает во всех отношениях отрицательное влияние на географию. Во-первых, отказ от изучения причинных связей и законов усиливает эмпиризм и описательно-хорологическую ориентацию географии. Во-вторых, при этом усугубляется антропоцентрическая направленность географии, она окончательно отрывается от природы. Некоторые высказывания американских и английских географов сводятся к тому, что отказ от энвайронментализма освобождает географию от необходимости изучать природные условия, а следовательно... от физической географии. Остается лишь «география человека». Таково по существу фактическое положение дел в географии США и некоторых других стран.

Индетерминизм в теории оправдывает «географический нигилизм», т. е. игнорирование физико-географических условий в хозяйственной практике, и сводит на нет социальную функцию физической географии. Создается парадоксальная ситуация, когда именно ученые, снискавшие себе на Западе славу «географических детерминистов», вносят положительный вклад в географическую науку, выступая против философского индетерминизма и географического нигилизма. Надо заметить, что их

интересы значительно сместились с выяснения роли географической среды в исторических судьбах человечества на более конкретные вопросы учета природных условий в хозяйственной практике, т. е. с историко-социологических проблем на прикладную географию.

Отдельные географы в капиталистических странах (например, К. Зауэр, О. Бейкер в США) уже после первой мировой войны обратили внимание на прогрессирующее отрицательное воздействие капиталистической экономики на природу и ставили вопрос о необходимости всестороннего учета физико-географических условий в использовании земель. Некоторые географы в США, Англии принимали участие в работах по региональному планированию, разрабатывали классификацию земель и занимались их оценкой. Однако подавляющее большинство географов не было подготовлено к прикладным исследованиям и не проявляло к ним интереса.

Положение несколько изменилось после второй мировой войны, когда во многих странах географов стали привлекать к работе в государственных учреждениях, муниципальных органах планирования, частных фирмах. Но прикладная география в капиталистических странах приобрела одностороннюю экономико-географическую направленность. До самых последних лет в связи с общим низким уровнем развития физической географии и «антифизико-географическими» тенденциями, о которых уже говорилось, проблемы воздействия человека на природу не привлекали к себе серьезного внимания со стороны географов. Так, когда в 1955 г. в Принстоне (США) был организован международный симпозиум «Роль человека в преобразовании лика Земли», подавляющее большинство его участников оказалось не географами (Map's role. . ., 1956).

В последние годы, как известно, во всем мире резко усилился интерес к проблеме оптимизации окружающей среды и охраны природы. Но на Западе научные основы ее решения связывают главным образом с экологией, а не с географией. Географы, однако, чувствуют, что не могут оставаться совсем в стороне, и сейчас наблюдается некоторое оживление их интереса к этой проблеме. Недавно Ассоциация американских географов опубликовала специальный сборник «Perspective on environment» (1974).

Географы социалистических стран, где комплексная физическая география завоевывает все более прочные позиции, теоретически значительно лучше подготовлены к решению задач по оптимизации человеческого воздействия на природу. Ландшафтные исследования в ГДР, несомненно, перспективны для территориальных планировок (в частности, сельскохозяйственных). Аналогичные исследования развиваются в ЧССР и других социалистических странах Европы. Географы этих стран выступают инициаторами широкого международного сотрудничества

в области теоретического и прикладного ландшафтоведения. Институт биологии ландшафта Словацкой академии наук (Братислава) систематически организует симпозиумы по этим вопросам (1967, 1970, 1973 гг.).

6. Советские географы проявляют неизменный интерес к различным аспектам взаимодействия природы и общества. На определенном этапе развития географии в СССР преодоление влияния географического детерминизма сопровождалось «нигилистическими» отклонениями, которые проявились в недооценке роли физико-географических условий в экономико-географических разработках. Однако виднейшие экономико-географы, и прежде всего Н. Н. Баранский, настойчиво доказывали важность опоры экономической географии на природу, и в советской географической литературе имеется немало исследований, раскрывающих роль географической среды в конкретных явлениях жизни общества, особенно в развитии народного хозяйства отдельных районов.

С другой стороны, уже в 20—30-е годы В. И. Вернадский и А. Е. Ферсман раскрыли роль человека как геологического и геохимического фактора; однако долгое время вопросам воздействия человека на ландшафт уделялось мало внимания. Заметный поворот в этом направлении наметился в течение последнего десятилетия. Резко возрос интерес также к прикладным (конструктивным, по И. П. Герасимову) аспектам географии. В частности, довольно интенсивно разрабатываются вопросы оценки природных условий и ресурсов для различных практических целей. Решение «конструктивных» задач географии в большой степени связано с развитием прикладного ландшафтоведения.

Здесь мы ограничимся лишь краткими замечаниями, поскольку в дальнейшем относящиеся сюда вопросы будут рассмотрены более подробно и главным образом на основе опыта советской географии.

\* \* \*

Проследивая развитие учений о взаимоотношениях человека и природы, мы видим, как акценты в интересах ученых и философов закономерно смещались по мере развития общества, прогресса науки и техники — с выяснения влияний природы на человека к изучению воздействия человека на природу. А в эпоху современной научно-технической революции, когда «давление» производства на природную среду небывало возросло, встал вопрос об обратном воздействии измененной природы на человека. Новое в подходе ко всей проблеме состоит в том, что наука уже не может остановиться на уровне чистого академизма: от нее требуются практические выводы, т. е. она должна указать путь к оптимизации человеческого воздействия на природу.

В данном случае наша задача состоит в том, чтобы определить место и роль географии, прежде всего ландшафтоведения, в решении указанной проблемы. Как мы уже заметили, претензии некоторых географов на монопольное положение в разработке вопросов взаимодействия природы и общества вряд ли законны. В последние годы многие географы подчеркивали, что для этого требуется участие целого комплекса специалистов — представителей разных наук (Доскач, Трусов, Фадеев, 1965; Колотиевский, 1967; Доскач, 1968; Исаченко, 1971б).

Правда, существует взгляд о том, что нужна некая особая наука о взаимодействии природы и общества. И. М. Забелин (1959) называет ее «натуросоциологией», В. Л. Котельников и Ю. Г. Саушкин (1967) — «геодемологией», Ю. К. Плетников (1968), считает, что на первых порах такой наукой может быть «общая география», а в будущем — «ноология». Однако рассуждения на эту тему не представляются особенно перспективными. Проблему в целом может охватить лишь вся наука, и нет таких ее отраслей, которые не имели бы отношения к вопросам взаимодействия природы и общества.

Однако географии здесь принадлежит особая и, быть может, даже ведущая роль. Это признают не только сами географы, но и многие философы, в частности большинство авторов сборника «Природа и общество» (1968), в их числе — Ю. П. Трусов, А. И. Игнатов, Ю. К. Плетников, А. Д. Урсул. «Особая» роль принадлежит географии, как отмечается в предисловии к упомянутому сборнику, в силу, «во-первых, органически присущего ей комплексного подхода к познанию земного мира и, во-вторых, ее пограничного положения между естественными и общественными науками».<sup>8</sup> Добавим, что география накопила огромный материал и опыт исследований в области взаимоотношений человека и природы.

Н. Н. Баранский верно заметил, что вопрос о влиянии природной среды на развитие человеческого общества «есть в общей постановке дело философии, а в постановке конкретной — дело истории, исследующей процессы общественного развития и смены общественных формаций».<sup>9</sup> Что же касается «влияний различий в природной среде на различия в производственном направлении хозяйства от места к месту в рамках определенной общественной формации...», то это составляет коренную задачу экономической географии.<sup>10</sup> В этих словах ясно определены функции экономической географии в решении важнейшей общенаучной проблемы современности.

<sup>8</sup> Природа и общество. М., «Наука», 1968, с. 5.

<sup>9</sup> Баранский Н. Н. Экономическая география. Экономическая картография. М., Географгиз, 1956, с. 36.

<sup>10</sup> Там же, с. 36—37.

Физическая география, очевидно, имеет более близкое отношение ко второй стороне рассматриваемой системы взаимодействий, т. е. к воздействию человека на природу, а точнее, — если исходить из современного понимания предмета и содержания физической географии, — на природные территориальные (географические) комплексы, или геосистемы.

Следует различать два аспекта физико-географических исследований по названной проблеме.

1. Фундаментальные исследования сводятся к всестороннему изучению различных форм человеческого воздействия на структуру и динамику геосистем, включая выяснение устойчивости геосистем к этому воздействию и ряда других вопросов, к которым нам еще предстоит обратиться в дальнейшем.

2. Прикладные исследования состоят в том, чтобы, опираясь на результаты фундаментальных исследований, применить теоретические выводы к решению практических задач, связанных с рациональным использованием, охраной и мелиорацией природных комплексов (геосистем). В свою очередь прикладные исследования могут иметь два направления:

а) обеспечение народного хозяйства и других «потребителей» (здравоохранение и др.) необходимой информацией о природных комплексах, а также оценка последних для соответствующих видов использования — это, так сказать, пассивная форма прикладных исследований;

б) разработка научных основ освоения, использования, преобразования природных комплексов, т. е. активное участие в народнохозяйственном и другом территориальном планировании и проектировании; это направление можно считать собственно «конструктивным». (Таким образом, прикладные и «конструктивные» исследования — не совсем одно и то же: второе понятие уже и строже, чем первое.)

Отправными моментами для прикладного ландшафтоведения служат, с одной стороны, ясное представление о роли природной среды в различных сферах человеческой деятельности, с другой — знание специфики и механизма современного воздействия человека на природные комплексы.

## О РОЛИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЖИЗНИ ОБЩЕСТВА

Человечество является, как это не раз подчеркивали классики марксизма-ленинизма, частью природы, и обмен веществ с окружающей природной средой служит необходимым условием его существования. Но в отличие от животных люди добывают средства существования из окружающей природы с помощью орудий труда, вступая при этом между собой в производственные отношения. По мере развития общества природа стала влиять на человека все более опосредованно. Даже чисто

физиологический метаболизм человека осуществляется теперь через таких «посредников», как водопровод, кондиционеры, опреснители, мясокомбинаты, не говоря уже об одежде или жилище.

Развитие общества — спонтанный процесс, движимый внутренними закономерностями, но, как и всякий другой процесс, он требует определенных внешних условий, которые влияют на конкретные формы проявления процесса. Наличие или отсутствие тех или иных естественных ресурсов на каждом данном этапе истории общества действовало как условие, ускоряющее или замедляющее его прогресс. К. Маркс и Ф. Энгельс приводят ряд примеров в подтверждение этого тезиса. Хорошо известны, в частности, слова К. Маркса: «Не области тропического климата с его могучей растительностью, а умеренный пояс был родиной капитала».<sup>11</sup>

Это высказывание отнюдь не означает, что климат был «ведущим» фактором формирования капитализма или умеренный пояс был «предназначен свыше» стать его родиной. Все дело в том, что, когда само общество в процессе своего исторического развития созрело для перехода к капитализму, оно «нашло» для этого наиболее подходящую среду. Точно так же на одном из более ранних этапов обществу исторического процесса наиболее подходящие естественные условия представляли речные долины тропического пояса. Общеизвестно, что значение тех или иных естественных ресурсов существенно изменяется на разных стадиях развития общества. Уголь или нефть не играли никакой роли в эпоху первобытнообщинного строя, об алюминии или уране не имели представления при феодализме, понятие о «рекреационных ресурсах» появилось в самые последние годы.

Таким образом, во взаимодействии человека с природой активную роль играет человек, точнее — общество.

Было бы, однако, крайней опрометчивостью делать вывод о том, что человечество благодаря научно-техническому прогрессу «освобождается» от власти природы. Взаимодействие общества и природы достаточно сложный и противоречивый процесс, чтобы его тенденции можно было выразить такими ходячими понятиями, как «уменьшение зависимости», «освобождение» от сил природы или их «покорение». В известном смысле человек стал даже больше зависеть от природы. Противоречие здесь заключается в том, что, «покоряя» природу, все более интенсивно используя ее ресурсы, люди становятся все более зависимыми от них; число нитей, соединяющих человека и природу, все возрастает, связи между ними усложняются. Можно себе представить, например, какие катастрофические последствия для всей современной экономики вызвало бы исчезновение

<sup>11</sup> Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 522.

источников нефти. Даже малейшая угроза сокращения ее поставок в связи с ближневосточным кризисом вызвала небывалый ажиотаж и панику в капиталистическом мире. Между тем подобную ситуацию невозможно вообразить, скажем, в обществе XVIII века и даже в значительно более близкое нам время.

Сейчас наблюдается тенденция к существенной переоценке социально-экономической роли природной среды. Стимулом для этого послужила научно-техническая революция, точнее, ее отрицательные следствия, выразившиеся в реальной угрозе истощения ряда самых необходимых природных ресурсов и в резком ухудшении экологических условий жизни человечества из-за растущего загрязнения окружающей среды. В течение длительного времени географы вместе с философами и историками вели методологическую борьбу против извращений географического детерминизма. Впоследствии наибольшую опасность — и в методологическом, и в практическом плане — стали представлять индетерминистские тенденции и «нигилистические» заскоки. К сожалению, их рецидивы можно иногда встретить и в советской географической литературе (Исаченко, 1974а).

Еще Ф. Энгельс подчеркивал, «что мы отнюдь не властвуем над природой так, как завоеватель властвует над чужим народом...». <sup>12</sup> Человек «освобождается» от влияния природы лишь в той мере, в какой он познает ее законы и учится использовать их в своей практической деятельности. «Господство над природой, проявляющее себя в практике человечества, — писал В. И. Ленин, — есть результат объективно-верного отражения в голове человека явлений и процессов природы». <sup>13</sup>

Человек становится все менее зависимым от прямого влияния природной среды, он защищает себя от ее стихийного воздействия, создавая искусственную среду. Далее, он научился сводить к минимуму свою зависимость от непосредственного природного окружения, т. е. от локальных условий и ресурсов, ибо благодаря системе мировых экономических и культурных связей люди могут удовлетворять свои потребности за счет отдаленных «сред». Но вместе с тем — и в этом также состоит одно из диалектических противоречий во взаимоотношениях природы и общества — именно это обстоятельство делает современное человечество более зависимым от глобальной среды в целом, от ее состояния и «благополучия». Притом масштабы обмена веществ и энергии между человеком и природой через производство неуклонно расширяются. Производство требует все новых видов ресурсов и в возрастающем количестве, не говоря уже о «старых», или обычных, ресурсах, таких, как вода и кислород воздуха, запасы которых далеко не безграничны. Именно поэтому технический прогресс, например,

<sup>12</sup> Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 496.

<sup>13</sup> Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 198.

в области транспорта, открывая бесконечные возможности перед человечеством, как это ни может показаться парадоксальным, теснее привязывает его к природе множеством новых и неожиданных «ниточек». На функционирование современного транспорта влияет во много раз больше природных факторов, чем на пешехода или всадника.

Е. К. Федоров (1964) справедливо заметил, что технический прогресс заставляет учитывать все более тонкие особенности природных процессов. Современный корабль не зависит от ветра, но сложная навигационная техника, применяемая в наше время, требует знания и учета распространения радиоволн в ионосфере, отражения лучей радиолокатора в облаках и многих других явлений, о существовании которых недавно еще и не подозревали. Еще 40 лет назад для обеспечения полетов самолетов требовались очень простые данные о состоянии метеоэлементов в нижнем 300—500-метровом слое атмосферы. Современные самолеты несравненно совершеннее, но для их обслуживания необходимы гораздо более срочные, полные и подробные сведения об атмосферных процессах и притом для значительно более обширных пространств и более высоких слоев воздушной оболочки.

Отсюда, между прочим, неизбежно следует заключение о возрастающем значении физико-географических исследований. В экономико-географической литературе можно встретить высказывания в том духе, что в географии центр тяжести должен переместиться с физической географии на экономическую, ибо первой уже нечего делать (все земли открыты!). Эта точка зрения несостоятельна во многих отношениях. В любой науке невозможно все «окончательно» открыть. С завершением одного уровня познания наука переходит к следующему, более высокому. Притом жизнь постоянно выдвигает перед физической географией новые задачи. Именно сейчас социальный заказ к физической географии существенно меняется: ее роль не должна ограничиваться информативным обслуживанием народного хозяйства, перед ней выдвигаются конструктивные задачи.

Физическая география традиционно имела дело с выявлением территориальных различий в природных условиях, и эта функция за ней остается. «Между отдельными странами, областями и даже местностями, — писал Ф. Энгельс, — всегда будет существовать *известное* неравенство в жизненных условиях, которые можно будет свести до минимума, но никогда не удастся устранить полностью».<sup>14</sup>

На современном этапе социальная значимость физической географии неизмеримо вырастает в силу того, что она имеет дело не просто с набором различных природных явлений в рам-

<sup>14</sup> Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 34, с. 104.

ках тех или иных территорий, а с их взаимообусловленными сочетаниями, т. е. геосистемами.

Природная среда влияет на жизнь людей и на производство как целое. Воздействие одного из ее элементов существенно зависит от характера остальных. Один и тот же уклон поверхности, например, влияет на работу транспортных машин по-разному в зависимости от того, чем эта поверхность сложена, сухая она или влажная, покрыта ли снегом, что на ней растет и т. д. Притом самая величина уклона, как и любая другая частная характеристика природного комплекса, есть функция всех остальных его составляющих, т. е. геосистемы в целом. Поэтому оценка отдельных параметров геосистемы с какой-либо практической точки зрения (транспортной, сельскохозяйственной, рекреационной и т. д.) в сущности есть абстракция, ибо отдельные элементы системы никогда не действуют автономно. Учету и оценке должны подлежать, следовательно, целостные геосистемы, а не отрывочные их части, как это установил еще В. В. Докучаев.

В экономико-географической литературе имеется ряд работ, раскрывающих значение отдельных природных ресурсов для народного хозяйства как в историческом, так и в территориальном плане. Общий обзор хозяйственного значения земной коры, климата, морей, вод суши и органического мира дал Ю. Г. Саушкин (1970). Что касается всесторонней сравнительной характеристики с этой точки зрения геосистем — хотя бы по укрупненным классификационным категориям, — то это дело ближайшего будущего: прикладное ландшафтоведение уже постепенно накапливает опыт оценки природных комплексов применительно к разным видам человеческой деятельности.

### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ПРИРОДУ

В процессе обмена веществом и энергией с природной средой человек неизбежно ее преобразует. Следует различать две формы обмена — биологическую и техническую (производственную). С развитием общественного производства обмен, осуществляемый человеком с помощью технических средств, все больше выдвигался на передний план, и в сравнении с ним непосредственный биологический метаболизм сейчас играет незначительную роль. Так, современное человечество при дыхании выделяет ежегодно в атмосферу 1,5 млрд т  $\text{CO}_2$ , а при сжигании топлива — 23 млрд т (Рябчиков, 1972). По несколько устарелым подсчетам для производственных нужд тратится ежегодно столько кислорода, сколько хватило бы для дыхания 43 млрд человек.<sup>15</sup> Иначе говоря, основной технический газовый обмен примерно в 15 раз превышает обмен биологический.

<sup>15</sup> «Природа», 1966, № 7, с. 116.

Уже первобытные люди, собирая плоды, корни и мелких животных, изменяли в какой-то степени свое непосредственное природное окружение. Переход от собирательства к охоте с помощью примитивных орудий и овладение огнем ознаменовали усиление наступления человека на природу. Более важным скачком в этом процессе явилось возникновение земледелия и животноводства («неолитическая революция»). Изобретение металлургии (особенно выплавка железа) дало возможность значительно расширить площади сельскохозяйственных земель за счет лесов. В рабовладельческую эпоху локальные проявления сведения лесов имели уже ощутимые отрицательные последствия. Другой формой интенсивного локального воздействия явилось искусственное орошение. Из более экстенсивных видов воздействия следует отметить продолжавшееся истребление животных (охота оставалась важным способом добычи средств к существованию). Однако в течение рабовладельческой и феодальной эпох круг используемых человеком ресурсов расширился очень медленно.

Новый важный этап в истории взаимодействия человека и природы связан с промышленной революцией конца XVIII—начала XIX вв. Машинная индустрия неизмеримо увеличила потребность в металлах, топливе, новых видах сырья; стали быстро расти города, расширилось сельскохозяйственное освоение земель. «Давление» на природу резко возросло, и его отрицательные результаты не замедлили сказаться (эрозия почв, рост площадей, нарушенных горными выработками, и т. д.). Расширился «радиус действия» производства, поскольку промышленность перестала быть строго привязанной к источникам сырья и энергии.

Воздействие на природу в условиях современного научно-технического прогресса характеризуется существенно новыми чертами, оно не только резко усилилось по своим масштабам, но и изменилось качественно.

1. Современная индустрия удваивает свои производственные мощности каждые 12—14 лет. Ежегодно в мировое производство вовлекаются десятки миллиардов тонн различных природных материалов. С точки зрения оценки влияния на природную среду особенно большое значение имеют происшедшие за последнее время изменения в структуре промышленности и промышленной технологии. Это относится прежде всего к производству синтетических продуктов, которые вытесняют натуральные материалы в быту и строительстве, интенсивно применяются в сельском хозяйстве.

Согласно Б. Коммонэру (1974), в США за 25 лет (с 1946 г.) при практически неизменившемся производстве основных потребительских товаров на душу населения и росте валового продукта на 126% производство невозвратимых пластмассовых бутылок выросло на 53 000%, синтетического волокна — на 5980,

пластмасс — на 1960, азотных удобрений — на 1050, электробытовых товаров — на 1040, синтетических органических веществ — на 950, алюминия — на 680, пестицидов — на 390%.

Изменение структуры промышленного производства означает, с одной стороны, вовлечение в него огромных масс различного сырья и энергии, а с другой — выброс в окружающую среду соответствующего количества новых веществ и отходов. Производство каждого нового вида синтетических веществ влечет за собой «цепные реакции» в технологии. Так, для синтеза пластмасс требуется большое количество хлора, получение хлора требует ртути, а все вместе — больших затрат энергии, воды и кислорода. В США за 25 лет производство хлора увеличилось в 7 раз, а ртути — в 40 раз (Коммонэр, 1974). Производство синтетических материалов чрезвычайно энерго- и водоемкое. Для получения одной тонны капрона необходимо использовать 2500 т воды, для 1 т искусственного каучука — 2100 т, вискозного шелка — 1200 т. Производство алюминия, который вместе с бетоном и пластмассами вытесняет сталь и дерево из строительства, требует в 15 раз больше энергии и в десятки раз больше воды, чем получение стали.

Таким образом, растет тенденция к замене экономичных в отношении расходования энергии производств энергоемкими. Не случайно производство электроэнергии в мире опережает рост промышленности, удваиваясь каждые 10 лет. Усиленно растет потребление нефти и газа — основных источников энергии и сырья для химической промышленности.

«Побочный» эффект новых видов производства и развития энергетики — загрязнение среды отходами, в том числе токсичными, и выделение огромного количества тепла в ландшафтную оболочку. О географических, экономических и экологических следствиях этих явлений речь будет впереди. Надо отметить, что развитие промышленности требует значительных площадей, часто за счет сельскохозяйственных земель и зеленых насаждений. Кроме того, с промышленностью и энергетикой связано повышение уровня шума, электромагнитного и радиоактивного излучения.

2. Технический прогресс в транспорте по своему воздействию на природу аналогичен промышленному прогрессу (и непосредственно с ним связан). Наибольшее значение имеют автомобилизация и развитие авиации. По Б. Коммонэру (1974), для перевозки 1 т груза автотранспортом нужно в 6 раз больше энергии, чем по железной дороге; соответственно в атмосферу выбрасывается в 6 раз больше загрязняющих веществ. Выхлопные газы автомашин — причина фотохимического смога — бича крупнейших городов США, Японии и некоторых других стран. Заметим, что автомобильные дороги «съедают» значительные пространства суши (в США они соразмерны с площадью небольшого штата).

3. Урбанизация — неперенный спутник научно-технического прогресса — выступает в качестве важнейшего фактора «концентрированного» воздействия на природу. После первой мировой войны городское население Земли возросло более чем в 3 раза, особенно быстро оно стало расти в 50-х годах. Сейчас в городах живет около 40% всего населения Земли, а к 2000 г., по-видимому, эта цифра составит не меньше 50%. При этом наблюдается тенденция к концентрации населения в крупнейших городах, обширных агломерациях и мегалополисах, насчитывающих иногда десятки миллионов жителей (Токио-осакский в Японии, Бостон—Нью-Йорк—Филадельфия—Балтимор—Вашингтон в США). Подобные образования создают наиболее сильный «пресс» на природную среду. Для удовлетворения потребностей города с миллионным населением (в США) необходимо ежедневно 625 тыс. т. воды, 2 тыс. т. пищи, 9,5 тыс. т. топлива. С другой стороны, такой город «производит» каждые сутки 500 тыс. т. сточных вод, 2 тыс. т. отходов и мусора, 0,95 тыс. т. твердых частиц и газов, загрязняющих атмосферу (Wolman, 1965).

Прямое (локальное) воздействие города на природу хорошо известно: на территории города природный комплекс интенсивно трансформируется благодаря выполаживанию рельефа, созданию «культурного слоя», искусственных покрытий, изменению условий стока, режима подземных вод, местного климата, уничтожения естественной растительности и т. д. Однако «радиус действия» города этим не ограничивается, распространяясь далеко за его пределы — на пригородную зону и косвенно на более отдаленные территории.

4. Сельское хозяйство — один из старейших «рычагов» человеческого воздействия на природу. Некоторые традиционные экстенсивные формы этого воздействия — нерациональная распашка, выпас скота — продолжают действовать и сейчас, и им сопутствуют такие побочные процессы, как эрозия, дефляция, вторичное засоление. Однако для экономически развитых стран сейчас типичны иные тенденции, выражающиеся в стабилизации и даже некотором сокращении обрабатываемых площадей за счет интенсификации хозяйства. Основу для этого создает опять же технический прогресс в промышленности и прежде всего химическая промышленность, производящая искусственные удобрения, ядохимикаты для борьбы с вредителями и сорняками, биостимуляторы. В США с 1949 по 1968 г. использование азотных удобрений увеличилось на 648%, урожайность зерна — на 77%, а посевные площади сократились на 16%.

Оборотная сторона этого процесса — загрязнение поверхностных и грунтовых вод химическими удобрениями, пестицидами и гербицидами, уничтожение заодно с вредителями и сорняками полезных растений и животных.

5. Рекреационное использование земель — также одно из следствий научно-технического прогресса и урбанизации — приобретает все более широкие масштабы. Чем выше уровень урбанизации, тем больше потребность в загородном отдыхе. Площади земель рекреационного назначения (национальные парки, лесопарковые пояса вокруг крупных городов и др.) имеют тенденцию к росту. Изъятие площадей из хозяйственного использования в рекреационных целях должно способствовать охране природы. Однако за счет массового притока отдыхающих и туристов нередко создается чрезмерная нагрузка на природный комплекс («рекреационная дигрессия») — вытаптывание травяного покрова, разрушение почвы, усыхание древостоя, загрязнение водоемов. Во многих национальных парках США и Канады массовый наплыв туристов вызвал настоящее опустошение, так что приходится ограничивать число посетителей или даже вовсе закрывать для посещения парки.

6. Гонка вооружений и современные «локальные» войны, развязываемые империалистами, создают большую опасность для природной среды. Испытания ядерного оружия, утери ядерных бомб, накопление и утечка средств бактериологической и химической войны, захоронение отходов военной промышленности и устаревших видов отравляющих веществ — все это вызывает опасные загрязнения атмосферы и вод (в том числе Мирового океана). В результате налетов американской авиации на Вьетнам образовались десятки миллионов воронок, уже к 1970 г. были уничтожены  $\frac{1}{4}$  лесов Южного Вьетнама, обширные посевы риса, каучуковые плантации. Экологические последствия политики выжженной земли и преднамеренного заражения природной среды («биоцид», «экоцид», «террацид») в настоящее время еще трудно предвидеть.

Таким образом, взаимодействие человека с природой на современном этапе характеризуется глубокими противоречиями. Технический прогресс осуществляется исключительно за счет природы — единственного источника производства, но до сих пор этот прогресс сопровождался истощением природных ресурсов и ухудшением экологических условий жизни людей. Это противоречие характеризует все рассмотренные выше виды человеческой деятельности. Так, урбанизация создает наибольший комфорт, условия для развития науки, культуры и дальнейшего технического прогресса, но та же урбанизация вызывает наиболее неблагоприятные изменения в окружающей среде. Рекреация призвана в какой-то мере нейтрализовать вредные влияния урбанизированной среды, но сама в конечном счете ложится тяжелым бременем на природный комплекс. Химизация сельского хозяйства позволяет резко повысить его продуктивность, но вместе с тем нарушает химическое равновесие в природной среде, что может привести к тяжелым расстройствам функционирования живых организмов, в том числе

человека. Известно, что каждая дополнительная прибавка урожая требует многократного увеличения внесения удобрений, избыток которых не усваивается растениями и попадает в естественный круговорот. Насекомые-вредители вырабатывают иммунитет к пестицидам; приходится увеличивать дозы и изобретать все новые виды ядовитых веществ. Азотные удобрения и синтетические пестициды, по выражению Б. Коммонэра (1974), подобны наркотикам: чем больше их используют, тем в больших дозах они требуются.

Все отрицательные изменения в природной среде, о которых говорилось выше, оказываются результатом как бы непреднамеренного вмешательства в природные процессы, «случайным» или «побочным» следствием научно-технического прогресса (исключение составляют намеренные действия милитаристов). Существует, однако, особая сфера человеческой деятельности, целью которой является улучшение природной среды, т. е. мелиорация в широком смысле слова. Но весь опыт человечества свидетельствует о том, что мелиорация не всегда дает положительный эффект, имеет свои противоречия и свои побочные результаты. Общеизвестен положительный эффект ползащитного лесоразведения: улучшение водного режима и микроклимата полей, защита почвы от эрозии и т. д. Но вместе с тем лесные полосы затеняют и иссушают прилегающие участки полей, накапливают сугробы снега, часто служат очагами сорняков и вредителей.

Примером коренного улучшения природной среды может служить искусственное орошение. Известно, однако, что ирригация часто сопровождается повышением уровня грунтовых вод, вторичным засолением и заболачиванием, развитием эрозии, разрушением структуры почв, а кроме того, распространением опасных заболеваний. Существует предположение, что именно избыточное орошение явилось одной из причин гибели вавилонской цивилизации, а также древнейшей цивилизации в бассейне Инда, погибшей 4500 лет тому назад из-за малярии — следствия заболачивания в результате искусственного орошения.

Осушение болот и заболоченных земель также не всегда приводит к ожидаемым положительным результатам и может вызвать нарушение режима рек, иссушение почв, развевание торфяников. Применение удобрений в сущности тоже относится к мелиорации. Помимо уже упомянутых побочных следствий, удобрения при определенных условиях могут перейти в неусвояемое состояние, способствовать развитию сорняков и т. д. Механическая обработка почв улучшает их водный режим, но часто ведет к ухудшению других физических свойств, не говоря уже о том, что она способствует эрозии. Перечень подобных противоречий можно было бы продолжить.

Разного рода «побочные» результаты вмешательства человека в природу есть следствие нарушения сложившихся связей в гео-

системах, нарушения присущего им естественного круговорота веществ и энергетического баланса, т. е. в конечном счете — их структуры. Это происходит либо в силу недостаточного знания законов функционирования геосистем, либо вследствие сознательного пренебрежения уже имеющимися знаниями или опытом во имя достижения непосредственной выгоды, т. е. ближайших полезных эффектов труда, о чем писал еще Ф. Энгельс. Что касается мелиоративных воздействий, то они могут быть успешны лишь при том условии, когда осуществляются не как «разовые» или случайные мероприятия, а как систематическое регулирование взаимосвязанных географических процессов. Это регулирование должно опираться на соответствующую научную основу, а именно на учение о географических комплексах.

Ущерб, который общество терпит вследствие нежелательных изменений природной среды, имеет двойкий характер — экологический и экономический. Под экономическим ущербом подразумеваются материальные потери, связанные с истощением естественных ресурсов производства, а также с затратами на «лечение» природы (борьбу с эрозией, загрязнением и т. п.), под экологическим — ухудшение качеств среды обитания человечества. То и другое, как мы видели, есть следствие вторжения человека в тончайшую структуру природных комплексов (геосистем). Отсюда всякие меры по предотвращению экономических потерь и ухудшения экологических условий должны основываться на предотвращении «географического ущерба», т. е. на защите естественных механизмов функционирования геосистем от неразумного воздействия. В свою очередь это предполагает знание сущности нарушений, создаваемых в «механизме» геосистем человеческим воздействием. Далее мы и перейдем к краткому рассмотрению этого вопроса, попутно затрагивая примеры экономического и экологического ущерба.

### **ВОЗДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И БИОТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГЕОСИСТЕМАХ**

В основе функционирования геосистем лежат физико-механические, химические и биологические процессы. В соответствии с этим целесообразно построить наш анализ не по традиционной покомпонентной схеме (влияние человеческой деятельности на рельеф, климат, почву и т. д.), а по основным звеньям «механизма» функционирования. Эти звенья одновременно отвечают различным уровням организации материи в геосистемах. Сюда следует отнести: 1) механическое перемещение твердых масс, 2) вмешательство человека в круговорот воды, 3) вторжение в биологические процессы и нарушение биологического равновесия, 4) воздействие на миграцию химических элементов, 5) нарушение теплового баланса.

В этом делении есть известная условность, поскольку отдельные звенья как бы накладываются одно на другое и тесно переплетаются. Поэтому при их рассмотрении необходимо обращать внимание на их сопряженность и взаимообусловленность.

1. Механическое перемещение твердых масс. Суммарное представление о масштабах обмена веществ между человечеством и природой могут дать цифры, характеризующие объем извлекаемого, перемещаемого и перерабатываемого вещества эпигеосферы. Существующие оценки довольно разные, но порядок величин можно считать вполне установленным. Из литосферы, по Ю. Г. Саушкину (1970), ежегодно извлекается примерно 100 млрд т горных пород (по другим данным несколько меньше). Только топливного сырья добывается в мире 7 млрд т в год (в единицах условного топлива), из которых примерно 40% приходится на нефть и 30% — на уголь. Добыча железной руды составляет около 0,8 млрд т. На каждую тонну добытого полезного ископаемого приходится в несколько раз большее количество «пустой» породы. Поэтому с учетом вскрышных, а также строительных работ общую величину ежегодно перемещаемых пород следует оценивать в несколько сотен миллиардов тонн.<sup>16</sup> К этому надо добавить около 3 тыс. км<sup>3</sup> почвы, перемещаемой при распашке полей. Для сравнения укажем, что из бассейна Аму-Дарьи, наиболее эродированного в СССР, ежегодно выносятся в Аральское море 94 млн т взвешенных наносов; Волга выносит 25 млн т, Миссисипи — 360 млн т.

Попутно следует сказать о масштабах извлечения первичных материалов и продуктов из других оболочек Земли. Из атмосферы (в основном при сгорании топлива) ежегодно «невольно» извлекается и связывается 8—16 млрд т кислорода. Близкими цифрами характеризуется извлечение биопродуктов — около 9 млрд т (Дювиньо и Танг, 1968; Саушкин, 1970), в том числе (в млрд т): сахарного тростника 0,4; картофеля, пшеницы, риса, кукурузы — по 0,3; сахарной свеклы — 0,2. Животноводство дает около 350 млн т молока, 80 млн т мяса, около 15 млн т яиц; охота — около 1 млн т мяса; рыбы и других морских продуктов добывается 70 млн т. Древесины ежегодно в мире заготавливается около 2 млрд м.<sup>3</sup>

Наконец, мировое потребление воды на хозяйственные и бытовые нужды составляет 3,5 тыс. км<sup>3</sup>, что приближается к 10% от общего объема речного стока.

С ростом производительных сил структура потребления первичных материалов существенно изменяется: основная тенден-

---

<sup>16</sup> При строительстве ГЭС и других гидротехнических сооружений только в СССР ежегодно перемещаются сотни миллионов кубических метров грунта. На строительстве Красноярской ГЭС было переработано более 20 млн м<sup>3</sup>.

ция состоит в возрастании доли минеральных ресурсов, а среди последних — нефти и газа, а также некоторых цветных металлов и нерудных ископаемых. С середины прошлого века мировое потребление угля, железа, марганца, никеля, меди возросло в 50—60 раз, ванадия, алюминия, молибдена, калия — в 200—1000 раз (Лукашев, 1968). Весьма показательны следующие данные, которые приводит И. В. Комар<sup>17</sup> для СССР:

	1913 г.	1960 г.	1968 г.
Общая добыча первичных природных материалов и продуктов (млрд т.)	0,78	3,1	4,8
Доля (%):			
Минеральное топливо . . . . .	5,3	24,7	25,0
Руды черных металлов . . . . .	1,3	4,3	4,8
Нерудное минеральное сырье . . . . .	4,7	27,6	34,0
Продукты земледелия и естественные корма . . . . .	81,4	33,4	29,6

В США в конце 60-х годов ежегодно в производство вовлеклось более 4 млрд т различного природного сырья (не считая воды и кислорода), причем на долю нерудного минерального сырья приходилось около 42%, минерального топлива — около 30%, металлов и биопродуктов — по 11—12% (Игнатьев, 1971).

В результате переработки сырья и топлива в эпигеосферу поступает большое количество новых веществ, а также энергии. При сжигании топлива выбрасывается около 1 млрд т сажи и различных вредных соединений. С 1950 по 1958 г. на Земле сожжено 90 млрд т угля и выброшено 18 млрд т шлака (Заугольников, Качанов, 1970). По расчетам П. Дювиньо и М. Танга (1968), ежегодно в мире выбрасывается 700 млн т хозяйственного мусора. Только в США его поступает до 150 млн т, в том числе около 7 млн старых автомобилей и 50 млрд консервных банок (Игнатьев, 1971). На полях ежегодно рассеиваются 300 млн т минеральных удобрений (в пересчете на действующее вещество — около 80 млн т) и 4 млн т пестицидов и гербицидов. В экономически развитых странах количество вносимых удобрений составляет тонны на 1 га (в Японии 300 кг/га действующего вещества, в ГДР — 240).

Некоторые из этих и других веществ химически активны и сразу же вовлекаются в геохимический круговорот, иные медленно или вовсе не окисляются, не растворяются и не разлагаются микроорганизмами. В США, например, на 1 га территории (без Аляски и Гавайев) приходится 3,2 т выбросов в нерастворимой и неокисленной форме, из них 2,4 т поступает в атмосферу и 0,8 т — в водоемы или остается на поверхности суши,

<sup>17</sup> Человек, общество и окружающая среда. М., «Мысль», 1973, с. 101.

вызывая сильное захламливание городских окрестностей (Игнатьев, 1971).

О «судьбе» веществ, поступающих в планетарный геохимический круговорот, речь пойдет в дальнейшем, здесь же мы остановимся на основных географических следствиях механического техногенного воздействия. Наиболее ощутимый и многосторонний эффект проявляется локально и наблюдается естественно на территориях горных разработок, городов, нередко также на пахотных угодьях. Механическое техногенное воздействие на земную кору ведет к изменению рельефа (на уровне мезоформ) и часто стимулирует географические процессы гравитационного происхождения — эрозию, дефляцию, обвалы, оползни, просадки и т. п.

Горнодобывающая промышленность «освоила» верхнюю толщу литосферы в среднем до глубины 500 м, однако отдельные рудники и шахты проникают значительно глубже. В некоторых странах (ГДР, ФРГ, Бельгия) уголь добывают с горизонтов ниже 1300 м, золотые рудники в Индии добрались до глубины 3800 м, а в ЮАР — до 3950 м. Буровые разведочные скважины достигли 7—8 км, проектируется бурение до 15 км (Сидоренко, 1967).

Извлечение горных пород из недр сопровождается накоплением отвалов пустой породы и терриконов. Помимо того, что они занимают обширные площади (на Украине, например, до 3000 га), что само по себе представляет большой экономический ущерб, эти образования подвержены переносу (вследствие механического перемещения частиц ветром, водой, гравитационными силами), в результате самовозгорания остатков каустобиолитов они загрязняют атмосферу.

Пустоты, образующиеся при подземных выработках, способствуют опусканию земной поверхности («мульды проседания»). Из-за этого приходится сносить здания и переносить целые населенные пункты. Откачка воды из шахт и рудников вызывает изменение режима подземных вод на окружающих территориях, выщелачивание легкорастворимых солей, изменение гидрохимического режима подземных и поверхностных вод. При добыче газа в поровое пространство горных пород закачивается вода, что также ведет к существенному нарушению гидрогеологического режима. При интенсивном использовании подземных вод наблюдается проседание поверхности. В Мехико за 8 лет оно составило 6—7 м. Аналогичный процесс происходит в Токио.

А. В. Сидоренко (1967) отмечает, что в настоящее время существует тенденция к росту — каквширь, так и вглубь — открытых горных выработок. Сарбайский железорудный карьер запроектирован до глубины 450 м, угольный разрез Коркино (Урал) — до 520 м, а на горе Благодать разработка железной руды ведется уже на глубине 800 м. При подготовке двух крупнейших железорудных карьеров — Михайловского и Лебединского

(Курская магнитная аномалия), рассчитанных на добычу 13 млн т руды в год, было снято более 170 млн м<sup>3</sup> пород, каждый карьер занимает площадь в несколько квадратных километров. Ежедневно из них откачивается до 120 тыс. м<sup>3</sup> воды. При открытых разработках не только преобразуется рельеф, но и изменяется режим подземных вод на значительной территории, так что может произойти истощение водоносных горизонтов и нарушится сложившаяся система водоснабжения населенных пунктов. Таким образом, влияние горных выработок перерастает локальные рамки и может приобрести региональное значение, что наблюдается в Донбассе, Кузбассе и других районах, где площадь карьерно-отвалных комплексов измеряется тысячами квадратных километров.

Различного рода земляные работы, возведение крупных инженерных сооружений без учета структуры природных комплексов также могут вызвать серьезные нарушения последних и большие экономические потери. Так, добыча обломочного материала на морских побережьях, создание молов, если при этом не принимается во внимание естественная динамика береговых процессов, приводят к нарушению сложившегося баланса между поступлением материала с суши и его переработкой и перемещением течениями и к усиленному размыву берегов (подобные явления наблюдаются на Черноморском побережье Кавказа).

Плоскостной смыв, эрозия, дефляция — естественные процессы гравитационного происхождения, часто стимулируемые человеком в результате нарушения сложившегося равновесия в геосистемах. В некоторых геосистемах это равновесие крайне неустойчиво, и его главным стабилизирующим фактором служит растительный покров, поэтому сведение последнего в сочетании с механической обработкой почвы и нерациональной агротехникой может вызвать указанные процессы. В настоящее время обрабатывается примерно 10% всей площади суши, т. е. около 15 млн км<sup>2</sup>, из них эрозии подвержено не менее 6—7 млн км<sup>2</sup>. Из-за эрозии выбывает из оборота больше пашни, чем вновь осваивается, особенно в странах с отсталой агротехникой, где в некоторых районах (например, бассейн Хуанхэ) ежегодно уносится до 30—37 т почвенных частиц с 1 га. Даже в США, где в 30-х годах были приняты решительные меры по борьбе с эрозией, к концу 60-х годов ею было охвачено около 72 млн га (13% пахотной площади).

Дефляция уносит ежегодно больше вещества, чем все реки мира. Знаменитая пыльная буря в США 11 мая 1934 г. поразила площадь в 300 млн га, причем около 45 млн га пахотных земель почти полностью погибло; за сутки было унесено 300 млн т почвенных частиц.

Экономический ущерб от эрозии и дефляции сельскохозяйственных земель не ограничивается потерей многих миллиардов

Тонн питательных веществ (в США к 30-м годам эти потери достигли 3 млрд т в год). Линейная эрозия делает рельеф более расчлененным и затрудняет применение механизации в сельском хозяйстве. С другой стороны, сопряженный процесс аккумуляции твердых наносов вызывает заиление водоемов, образование мелей в реках и, следовательно, необходимость землечерпательных работ. Накопление некоторых минеральных веществ в водоемах обуславливает их евтрофикацию и в конечном счете потерю рыбных ресурсов (см. ниже); увеличение содержания твердых частиц в речных водах ускоряет износ турбин ГЭС и т. д.

2. Процесс стока относится к числу главных «каналов», через которые с древнейших времен осуществляется как стихийное, так и сознательное вмешательство человека в природные механизмы геосистем. Практически это единственное звено влагооборота в эпигеосфере, поддающееся непосредственному регулированию.

Согласно расчетам М. И. Львовича (Человек, общество и окружающая среда, 1973), ежегодно в мире забирается на различные хозяйственно-бытовые нужды 3,5 тыс. км<sup>3</sup> воды, т. е. почти 10% общего объема речного стока (38,8 тыс. км<sup>3</sup>). Основные «потребители» (в км<sup>3</sup>): искусственное орошение — 2650, теплоэнергетика — 240, промышленность — 215, хозяйственно-питьевое водоснабжение — 105.

Из общего количества потребляемой воды в водоемы не возвращается 2220 км<sup>3</sup>, т. е. безвозвратные потери мирового стока составляют почти 6%, главным образом за счет испарения при орошении, в меньшей степени — за счет химического связывания в производстве. А. В. Сидоренко (1967, с. 20) указывает, что при добыче нефти закачиваются сотни миллионов кубических метров воды ежегодно (в Татарии — более 140 млн м<sup>3</sup>, в Башкирии — более 110 млн м<sup>3</sup>). В течение 1950—1960 гг. сток с бассейна Волги уменьшился на 5,5 км<sup>3</sup>, а в 1960—1970 гг. ожидалось уменьшение на 18—20 км<sup>2</sup>. Главная причина — задержка влаги на полях, где она совершает «работу» по продуцированию биомассы и в основном транспирируется.

После использования в водоемы возвращается 1,3 тыс. км<sup>3</sup> более или менее загрязненных сточных вод (в том числе почти 0,5 тыс. км<sup>3</sup> промышленно-бытовых стоков). Фактически же стоками загрязняется больше речных вод — 5,9 тыс. км<sup>3</sup>. Таким образом, 15% мирового стока расходуется на разбавление сточных вод.

В некоторых экономически развитых странах и районах практически весь речной сток используется в хозяйстве. В США в 1970 г. водозабор составлял почти 35% всего стока, причем 1/3 его была истрачена безвозвратно. В СССР в 1968 г. безвозвратный расход составил 4% всего речного стока, на разбавление сточных вод ушло 16%; однако в густонаселенных индустри-

альных районах эти цифры значительно выше (Львович и Коронкевич, 1971).

Особое географическое значение имеют техногенное перераспределение стока в пространстве и во времени путем переброски поверхностных вод на дальние расстояния, регулирование режима рек, изменение водного баланса на водосборах.

На Земле созданы тысячи водохранилищ общей площадью около 300 тыс. км<sup>2</sup> (т. е. немногим менее площади Каспийского моря), в том числе около 100 тыс. км<sup>2</sup> — в СССР. Их суммарная полная емкость — не менее 5000 км<sup>3</sup>. Водоохранилища позволяют регулировать сезонное распределение расходов воды в реках. Ежегодно в них задерживается до 2000 км<sup>3</sup> вод паводков и половодий (в СССР — 250—300 км<sup>3</sup>), т. е. 5% общего объема стока, которые используются для увеличения расходов в межень (на таких реках, как Волга, Днепр, Дон, меженные расходы увеличились в 2—4 раза). Тем самым существенно улучшаются условия судоходства и водоснабжения, предотвращается ущерб от наводнений. Благодаря образованию подпора создается возможность получения электроэнергии. Кроме того, вода из водохранилищ может быть использована для орошения и обводнения сельскохозяйственных земель. Во многих районах водохранилища оказывают решающим фактором для организации рекреационных зон. Наконец, создаются условия для переброски воды из областей с избыточным увлажнением туда, где воды не хватает (проекты переброски речного стока из Печеро-Вычегодского бассейна в Волго-Каспийский, из Оби — в Казахстан и Среднюю Азию). Однако перечисленные выгоды сопряжены с существенными неблагоприятными последствиями как в физико-географическом, так и в экономическом и, отчасти, экологическом отношениях.

1. Прежде всего коренным образом изменяется вся обстановка на площади, занятой водохранилищем, — создается новый природный комплекс с особым гидрологическим режимом, волнением, штормами, которые усложняют условия судоходства. Удлинение ледостава сокращает навигационный период; замедление скорости течения и водообмена способствует аккумуляции осадков и заиливанию, затрудняет самоочищение загрязненных вод. С поверхности водохранилища испаряется больше влаги, чем с незатопленной суши. Общие потери стока за счет испарения со всех водохранилищ мира<sup>1</sup> оцениваются в 200 км<sup>3</sup> (Авакян, Овчинникова, 1971). С водохранилищ Волги, Днепра и Дона испаряется 12 км<sup>3</sup>, или 3% стока этих рек.

Водоохранилища характеризуются специфическими гидробиологическими условиями. При сработке уровня в меженный период обнажаются обширные площади дна — до 50% от общей поверхности водохранилища. Так, на Куйбышевском водохранилище попеременно затапливается и обнажается 3 тыс. км<sup>2</sup>, на Рыбинском — 2,5 тыс. км<sup>2</sup>, на Цимлянском — 1,5 тыс. км<sup>2</sup> (Бо-

рисов, 1968). При таких условиях нарушается кислородный режим, в мелководных частях зимой наблюдается массовый замор рыбы. Плотины отрезают пути прохода рыбы на нерест; выше гидроузла уничтожаются естественные нерестилища. Специальные «рыбоходы» мало улучшают положение. Потеря рыбных ресурсов может быть компенсирована лишь рыборазведением. На некоторых водохранилищах ухудшение условий усугубляется плавающими торфяными островами, всплывающими после затопления.

Большой экономический ущерб связан с потерей затопленных угодий, среди которых значительную часть (40 тыс. км<sup>2</sup> в целом по СССР) составляют пойменные луга, кроме того — сады, бахчи и др. Крупных затрат требует перенесение на новые места населенных пунктов, промышленных предприятий, транспортных коммуникаций, обвалование городов (например, Казани), подготовка ложа (вырубка лесов, очистка от отбросов и отходов предприятий и т. п.).

2. Ниже плотины также изменяются гидрологические процессы на протяжении десятков и даже сотен километров. Из-за прекращения поемного режима могут погибнуть ценные сельскохозяйственные угодья, что произошло, в частности, с поймой Иртыша ниже Бухтарминской ГЭС. Ухудшаются условия нереста рыб, снижается поступление продуктов питания. Сокращение попусков воды в маловодные годы и сезоны в целях поддержания ритма работы ГЭС может неблагоприятно сказаться на судоходстве в нижнем бьефе.

3. Крупные водохранилища оказывают разностороннее влияние на окружающую территорию (Вендров и др., 1968). После их заполнения начинается переформирование берегов — местами происходит размыв, часто активизируются оползни, обвалы, провалы, что существенно сказывается на хозяйственном использовании земель и требует затрат на берегоукрепительные работы. Водоохранилища создают подпор грунтовых вод, вызывают их повышение, происходят подтопление пониженных участков, заболачивание лесов и других угодий. Характер этого воздействия дифференцируется в зависимости от особенностей структуры различных ландшафтов. Так, при наличии многолетней мерзлоты последние в одних случаях может деградировать в результате создания водохранилища, в других — прогрессировать. Заметное климатическое влияние водохранилищ (выравнивание хода температур, увеличение влажности воздуха) сказывается на расстоянии в несколько километров.

Водоохранилища изменяют санитарно-гигиеническую обстановку на прилегающих территориях, могут создать условия для распространения некоторых природно-очаговых заболеваний (малярия, туляремия). Сосредоточение на их берегах населенных пунктов и промышленных предприятий при ухудшении

условий самоочищения воды способствует загрязнению окружающей среды.

4. «Дальнодействие» крупных гидроузлов сказывается нередко на отдаленных территориях и акваториях. Особенно чувствительны к регулированию расходов внутренние водоемы, водный баланс которых поддерживается за счет впадающих рек. Усиление забора воды из рек и водохранилищ на орошение и водоснабжение вызывает реальную опасность обмеления и сокращения Каспийского моря, Арала и Балхаша, вплоть до полного исчезновения двух последних водоемов. Все географические и экономические последствия этих процессов пока трудно предвидеть. Одним из уже явных результатов является исчезновение ценных нерестовых угодий Северного Каспия. Предполагаемый ущерб рыбному хозяйству Каспия в случае сооружения Нижне-Волжской ГЭС составит более 135 млн руб. в год (Антонников, 1970). Обеднение рыбных ресурсов Азовского моря также в большой степени обязано сокращению притока речных вод, в особенности паводковых, богатых биогенными элементами.

Понижение уровня крупнейших внутренних водоемов наносит большой ущерб водному транспорту, коммунальному хозяйству городов и т. д. Разумеется, при этом происходит и изменение гидротермического режима прилегающих ландшафтов. Сокращение расходов крупных рек, текущих с юга на север и несущих большое количество тепла, таких, как Обь, может сказаться на ухудшении термических условий в их низовьях и прилегающих частях морских акваторий. Сооружение плотин на горных реках приводит к сокращению выноса песчано-гравийно-галечных наносов на морское побережье, тем самым нарушается равновесие между поступлением и удалением обломочного материала, в результате чего происходит разрушение берегов и береговых сооружений.

Если обратиться к преобразованиям водного баланса суши, то одним из наиболее радикальных способов нужно считать искусственное орошение, на которое идет  $\frac{3}{4}$  общего забора воды из рек, причем расходы воды на нужды орошаемого земледелия имеют тенденцию к быстрому росту. Сейчас орошается менее 2% площади суши; к 2000 г. ожидается ее увеличение в 2—3 раза. При ирригации расходуется в среднем около 10 тыс. м<sup>3</sup> воды (слой в 1000 мм) на 1 га, рисовые поля требуют 14—15 тыс. м<sup>3</sup>/га и даже до 30—60 тыс. м<sup>3</sup>/га. Большая часть этой воды транспирируется культурными растениями, совершая полезную «работу» по продуцированию биомассы. Суммарное испарение с орошаемых земель во много раз превышает величину испарения в естественных условиях пустынь (в тропиках— до 20 раз). При этом расходуется большое количество тепла, однако годовая величина радиационного баланса в оазисах возрастает за счет сильного уменьшения альбедо и эффек-

тивного излучения. В результате средняя температура воздуха и почвы несколько повышается, но ее суточный ход значительно (на 10—12°С) выравнивается. Вследствие повышения влажности воздуха испаряемость в оазисах сокращается примерно вдвое. О «побочных» отрицательных следствиях ирригации уже упоминалось. Можно добавить, что с поднятием грунтовых вод связано не только засоление почв, но и ухудшение инженерно-строительных условий, усиленное разрушение фундаментов. В тропиках с ирригацией связаны специфические заболевания, особенно шистозоматоз, вызываемый гельминтами, промежуточные хозяева которых — моллюски — поселяются в ирригационных каналах.

Изменения водного баланса геосистем суши могут осуществляться не только за счет использования речных вод, но и путем преднамеренного или непреднамеренного преобразования стока на водосборах в результате истребления лесов и замены их полями и лугами, создания лесных полос, осушительных мелиораций, агротехнических мероприятий. В оценке результатов этих воздействий, которым посвящена обширная литература, мнения часто сильно расходятся (см., например, обзор у А. М. Алпатьева, 1969). М. И. Львович (1969) придает особое значение как фактору накопления почвенной влаги глубокой зяблевой вспашке. Под ее воздействием почва становится более рыхлой и интенсивно поглощает талые воды весной и ливневые осадки летом, так что поверхностный сток сокращается в 2 раза. Снегозадержание, создание лесных полос также способствуют сокращению поверхностного стока, увлажнению почвы и пополнению грунтовых вод. Правда, суммарный сток в конечном счете уменьшается на 20—40 мм и более, но зато повышается биологическая продуктивность геосистем.

Мы коснулись техногенных изменений водного баланса и водного режима только с количественной стороны. Что касается качественных изменений, т. е. преобразования химического состава вод, а также их температурного режима, то об этом речь будет идти в дальнейшем.

3. Органический мир — древнейший и наиболее доступный объект человеческого воздействия. Связанный множеством тончайших нитей со всеми остальными компонентами природного комплекса и чутко реагирующий на всякое внешнее воздействие, органический мир, подобно воде, служит важнейшим проводником влияний, оказываемых человеческой деятельностью на структуру геосистем.

В популярной литературе по охране природы обычно большое место занимают впечатляющие факты об истреблении отдельных видов животных. Правда, данные на этот счет довольно разноречивы. Согласно Ж. Дорсту (1968), с начала нашей эры исчезло не менее 120 видов и подвидов млекопитающих и около 150 форм птиц. Часть из них (порядка 1/4) могла

исчезнуть в силу естественных причин, но значительно больше (30—40%) — вследствие интродуцирования других (экзотических) видов, особенно хищников; наконец, большое значение имеет разрушение местообитаний — уничтожение естественных убежищ, источников пищи, мест норения и гнездования. В современную эпоху роль последнего фактора особенно возросла благодаря урбанизации и загрязнению экологической среды; главным образом по этим причинам в Мировом океане исчезли сотни беспозвоночных и многие виды рыб. О судьбе различных представителей живой природы в связи с научно-техническим прогрессом написано уже немало (см., например, Дорст, 1968; Ленькова, 1971; Эренфелд, 1973):

Истребление отдельных редких или ценных видов означает не только потерю для хозяйства и для науки, но и нарушение пищевых связей и естественного равновесия в биоценозах. С этой точки зрения не менее важное значение имеют сокращение численности многих «обычных» видов (некоторые животные, например в тропической Африке, уже находятся на грани уничтожения) и в особенности вольное или невольное перемещение растений и животных из одних ландшафтов в другие в результате случайного заноса (в том числе сорняков, насекомых-вредителей и др.) или непродуманной акклиматизации. Козы с давних времен стали истинным бичом в некоторых странах; они в немалой степени способствовали деградации растительного покрова в Средиземье, почти полностью истребили его в некоторых районах Мадагаскара, на о-ве Св. Елены. Водяной гиацинт (*Eichhornia crassipes*), кролики, колорадский жук, рыба гамбузия и другие виды стали уже «классическими» примерами настоящих стихийных бедствий, обязанных человеческому вмешательству в сложившееся биологическое равновесие. На борьбу с водяным гиацинтом, завезенным в США в 1884 г. и буквально захватившим водоемы на юго-востоке страны, ежегодно затрачиваются миллионы долларов (в 1949 г. только в Луизиане 38 млн долларов). В Австралии расходы на уничтожение кроликов в 1950 г. достигли 160 млн фунтов.

Использование хищников (собак, кошек) для борьбы с кроликами создало новые проблемы, так как эти хищники стали истреблять полезных животных. С другой стороны, в иных районах истребление хищных животных (волков, выдр) также нарушило нормальные трофические связи в биоценозах, привело к чрезмерному размножению других видов, распространению среди них эпидемий. Нередко попутно с насекомыми-вредителями уничтожаются пчелы — опылители многих растений; в результате гибнут сады, оливковые рощи.

Уничтожение или перестройка биоценозов в свою очередь может иметь далеко идущие физико-географические последствия. В этом отношении важнейшим фактором служит нарушение или полное сведение растительного покрова — основы био-

ценозов, первичного продуцента биомассы. По запасам и продуцированию биомассы, а также по объему ее использования человеком, растительность во много раз превосходит животный мир. На распаханных землях (10% площади суши) естественный растительный покров (и биоценозы в целом) полностью исчезают. Кроме того, не менее чем на 30% площади материков растительность испытывает воздействие выпаса скота, сенокосения, заготовки древесины и другого растительного сырья.

Наиболее серьезные последствия влечет за собой истребление лесов. За последние 300 лет площадь лесов на Земле сократилась с 72 млн км<sup>2</sup> (47% площади суши) до 41 млн км<sup>2</sup> (27%), т. е. обезлесено 20% земной поверхности. Часть лесных площадей заменена пашнями и лугами, часть застроена, но нередко на месте лесов образовались заболоченные земли, заросли кустарников, пустоши, подвижные пески и другие непродуктивные уголья. В Европе за последнее тысячелетие лесистость снизилась с 70% до 25% (в Англии — в 20 раз), в США за 300 лет — вдвое, в дореволюционной России с конца XVII в. — на 17%.

Уничтожение лесов уже само по себе представляет величайшее расточительство, потерю ценнейших ресурсов, прямое и косвенное ухудшение экологических и эстетических качеств жизненной среды. Но кроме того, лес является важным стабилизирующим фактором в геосистеме, поддерживая в ней равновесие, часто очень неустойчивое (в частности, между стоком, почвой, материнской породой), которое легко нарушается после исчезновения леса, и в результате в геосистеме могут произойти необратимые изменения. Общеизвестна водоохранная, почвозащитная, противоэрозионная роль леса.

Нарушение травяного и кустарникового покрова в тундре, степях, пустынях — главным образом в результате нерационального выпаса скота («перевыпаса») — сопровождается разрушением почвы, потерей почвенной влаги, развеванием легких грунтов. Эоловый рельеф пустынь — в основном вторичное явление, обусловленное выпасом. Существует даже мнение, что Сахара около 10 тыс. лет назад была обитаема, но огромные стада домашних животных вытоптали и разрушили почвенно-растительный покров. Возможно, в этом взгляде есть доля правды: если скотоводство и не было единственной причиной катастрофы, то, во всяком случае, оно могло содействовать естественному процессу аридизации.

Растительность — мощный геохимический фактор, с которым связано биогенное звено в планетарном круговороте атомов. Поэтому, нарушая (и разрушая) растительный покров, человек вносит существенные изменения в миграцию некоторых элементов, особенно углерода и кислорода, а также азота, фосфора, серы и др.

Следует, однако, вспомнить, что человеку принадлежит и созидательная роль в биосфере. За всю историю человечества выведено до 9500 культурных растений (из них около 8000 декоративных), одомашнено 25 видов животных, несколько видов птиц, насекомых и рыб. Путем стихийной и направленной селекции созданы многочисленные сорта культурных растений и породы домашних животных, их ареалы расширены и распространены с одних материков на другие. Обширные площади заняты искусственными (культурными) ценозами; благодаря этому была решена проблема обеспечения непрерывно растущего населения Земли продовольственными ресурсами. Но не всегда замена естественных сообществ культурными оказалась рациональной в экономическом отношении. Есть данные о том, что некоторые «культурные» земли (например, пастбища в тропической Африке) продуцируют меньше белков, чем естественные биоценозы, существовавшие на их месте. При этом последние не требуют затрат на поддержание и более устойчивы к болезням и стихийным бедствиям.

В целом в результате человеческой деятельности одновременные запасы биомассы на Земле уменьшились. А. М. Рябчиков (1972) оценивает это уменьшение более чем в  $\frac{1}{4}$ , но точность его расчетов вызывает большие сомнения. По-видимому, эта цифра преувеличена. Так или иначе, однако, сокращение массы живого растительного вещества принципиально должно вызвать известный общепланетарный эффект, в частности, через уменьшение количества продуцируемого свободного кислорода.

#### **ТЕХНОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КРУГОВОРОТА ВЕЩЕСТВ И ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА, ИХ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

Вовлекая в переработку огромные массы неживого и живого вещества, человек воздействует на круговорот химических элементов в эпигеосфере и, говоря словами А. Е. Ферсмана, геохимически переделывает мир (Ферсман, 1934). Изучение техногенной миграции атомов — важнейшее средство познания «механизма» человеческого воздействия на функционирование геосистем.

Техногенное воздействие на геохимические процессы осуществляется не только в силу механического перемещения материала и изменения биологического круговорота, но и путем непосредственной перегруппировки атомов в химических реакциях и создания новых соединений, не существующих или имеющих ограниченное распространение в естественных условиях. Так, благодаря высокой температуре в двигателях внутреннего сгорания создаются условия для реакции между кислородом и азотом, с образованием  $\text{NO}_2$ , что практически невозможно в «нормальной» термодинамической обстановке геосистем. Со-

временная химическая промышленность синтезирует тысячи новых соединений. Если, согласно В. И. Вернадскому, в древние века люди использовали всего 19 химических элементов, а в начале XX в. — 60, то в современном производстве применяются практически все элементы, существующие на Земле (более того, искусственно получены трансураниевые элементы, ранее не существовавшие).

Главный источник элементов, используемых в производстве, — земная кора. Больше всего из нее извлекается углерода, в котором «законсервирована» энергия фотосинтеза прошлых геологических эпох. Далее следуют Ca, Fe, Al, Cl, Na, S, N, P, K, Cu, Zn, Mn, Pb, Ba, Mg, Cr, F, Ti, Ni и др. По А. Е. Ферсману (1934), за последние 5 столетий человек извлек из земной коры не менее 50 млрд т углерода, 2 млрд т железа, 20 млн т меди, 20 тыс. т золота.

Представление об относительной интенсивности извлечения некоторых элементов из литосферы дает следующая сравнительная оценка (по данным группы экспертов Массачузетского технологического института, США, 1970 г.)<sup>18</sup> (тыс. т/год):

Элемент	Вынос реками	Вынос добывающей промышленностью
Fe	25 000	319 000
N	8500	9800
Mn	440	1600
Cu	375	4460
Zn	370	3930
Pb	180	2330
P	180	6500
Mo	13	57
Ag	5	7
Hg	3	7
Sn	1,5	166
Sb	1,3	40

Используя органические вещества, содержащиеся в урожае сельскохозяйственных культур, древесине и т. д., человек также приводит в движение сотни миллионов тонн углерода, кислорода, водорода и значительное количество азота, фосфора, калия и других элементов, которые в свою очередь извлекаются организмами из воды, атмосферы и литосферы.

«Судьба» элементов, извлеченных человеком из внешней среды и используемых в процессе производства, различна; раз-

<sup>18</sup> «Природа», 1970, № 8, с. 24—27.

нообразны и последствия техногенной миграции элементов. Большинство из них так или иначе снова поступает в единый геохимический круговорот через разные его звенья — атмосферное, почвенно-биологическое, гидросферное, образуя новые, как бы боковые ветви этого круговорота. При этом часть веществ, полученных в результате техногенного синтеза, обладает высокой биогеохимической активностью и способна вызывать серьезные нарушения в биогенном звене; другие вещества, напротив, пассивны и практически выпадают из круговорота.

Для геохимической деятельности общественного производства характерно рассеивание большинства элементов, которые сконцентрированы в месторождениях, образовавшихся в течение миллионов лет. Так происходит с углеродом и многими металлами (Fe, Cu, Zn и др.). Одновременно существует другая тенденция — перераспределение элементов по вертикали: из глубинных толщ к поверхности литосферы. Вследствие истирания и коррозии металлов неуклонно возрастает их концентрация в почвах, в частности происходит, по М. А. Глазовской (1968), постепенное ожелезнение последних (как одно из следствий этого должно ослабляться оподзоливание). По некоторым расчетам к середине следующего столетия концентрация окислов железа в почвах возрастет более чем в 2 раза, свинца — в 10, ртути — в 100, урана — в 200, мышьяка — в 250 раз (Рябчиков, 1972).

Анализ техногенной миграции элементов можно вести по-разному. Его можно было бы построить, взяв за основу различные виды, или формы, геохимической деятельности человека (индустрия и ее главные отрасли — химическая, металлургическая и др.; энергетика, транспорт и т. д.). С другой стороны, важно было бы проследить «поведение» отдельных элементов в связи с техногенным воздействием. Так, наиболее существенное общее физико-географическое значение имеет техногенный круговорот углерода, кислорода, азота, фосфора, а в локальных масштабах — также железа, кальция, серы и ряда других элементов. Однако в данном случае, учитывая общие задачи книги и ее ограниченный объем, целесообразнее построить обзор по основным «входам» техногенных воздействий, или по тем главным географическим звеньям, с которых начинается техногенный круговорот важнейших веществ и химических элементов.

1. Воздействие человека на баланс вещества в системе почва — биоценоз и его следствия. Ежегодно вместе с биомассой из почвы изымаются сотни миллионов тонн различных минеральных веществ. Для урожая таких культур, как свекла, картофель, масличные растения, величина ежегодного «изъятия» составляет 300—700 кг/га (Дювиньо и Танг, 1968). О выносе основных элементов могут дать представление следующие примеры (из того же источника):

	Ежегодный вынос с урожаем (кг/га)			
	N	P	K	Ca
Пшеница . . . . .	70	30	50	30
Картофель . . . . .	90	40	160	76

Согласно П. Дювиньо, теоретически в течение 15—150 лет почва со средним содержанием минеральных веществ может быть полностью истощена. Наиболее неустойчивым равновесием минеральных веществ характеризуются почвы, формирующиеся в условиях влажного климата и интенсивного выщелачивания, — подзолистые и особенно латеритные. Баланс поддерживается функционированием естественных биоценозов, и его нарушение наиболее резко проявляется при замещении последних монокультурами (сахарный тростник, кофе, какао, кукуруза, арахис и др.). Практически «зрелые» тропические почвы не содержат азота, фосфора, кальция и очень бедны другими биогенными элементами.

Аналогичный процесс происходит, хотя и в меньшей степени, при вырубке леса (особенно много выносится при этом кальция, главным образом с корой), сенокошении, выпасе, сборе опада, корчевании корней и т. п.

Надо, далее, отметить, что, помимо непосредственного изъятия минеральных элементов с урожаем, человек косвенно способствует усиленному выносу их из почвы путем механической обработки последней. В США, например, в 30-е годы с полей поступало в реки 1,5—3 млрд т почвенных частиц в год и почвы теряли до 40 млн т азота, калия и фосфора. В средней части бассейна Хуанхэ (Лёссовое плато) ежегодно смывается с посевов в 100 раз больше азота, калия и фосфора, чем вносится с удобрениями.

Убыль (и вообще недостаток) элементов минерального питания может искусственно компенсироваться внесением удобрений. В мире производство химических удобрений растет быстрыми темпами (рис. 1). С 1938 по 1971/72 г. оно возросло с 9,6 до 79,0 млн т (в пересчете на действующее вещество). В 1971/72 г. во всем мире произведено (в млн т действующего вещества): азотных удобрений — 35,6, фосфорных — 23,6 и калийных — 19,7 (Вольф, 1974). Кроме того, в почву поступает несколько миллионов тонн пестицидов. Многие из этих веществ характеризуются высокой биохимической активностью и их действие нередко сопровождается вредными побочными явлениями, о чем уже ранее упоминалось. Не случайно в Японии, например, пришлось изъять из употребления на рисовых полях азотные удобрения, так как значительная часть их выносится в реки и водоемы, где образует нитриты, оказывающие губительное влияние на рыб и других животных.

Как известно, удобрения . неполностью усваиваются растениями и при длительном применении до 40—50% их массы, а иногда и более (что составляет десятки и даже сотни килограммов на 1 га) вымывается с полей. При этом внесение фи-

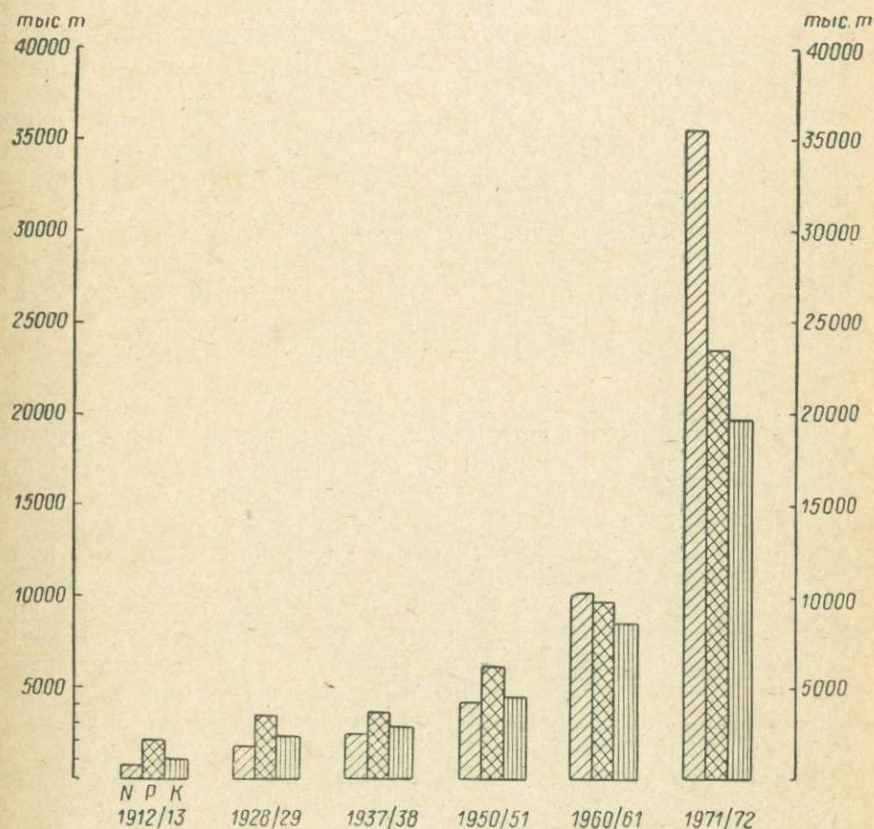


Рис. 1. Рост мирового потребления химических удобрений.

N — азотные, P — фосфорные, K — калийные.

зиологически кислых удобрений (например, сульфата аммония) усиливает вынос других элементов, обычно обладающих малой подвижностью, в том числе кальция, магния, калия (Глазковская, 1969).

Таким образом, с одной стороны, происходит безвозвратная потеря ценных элементов земной коры, в частности фосфора (добыча рыбы и гуано дает лишь очень небольшую компенсацию его убыли). С другой стороны, в процессе техногенной миграции эти элементы «попутно» нарушают биохимические про-

цессы в организмах, оказывают пагубное воздействие на нервную систему, на механизмы наследственности и т. д.

Особенно сложные проблемы возникают в связи с распространением пестицидов, содержащих токсичные фосфорорганические и хлорорганические соединения. Некоторые из них, практически не участвуя в метаболизме, прогрессирующим образом накапливаются в тканях организмов по мере перехода от низших звеньев пищевой цепи к высшим. Так, если принять концентрацию ДДТ в почве за 1, то в организме дождевых червей он составит 10—20, а у глухаря — 200 единиц. В тканях хищных птиц концентрация ДДТ в 1 млн раз выше, чем в воде. В конечном счете максимальное содержание этого ядохимиката может оказаться в тканях человека, стоящего на вершине пищевой пирамиды. Указанные свойства ядохимикатов, подобных ДДТ, определяют возможность их распространения далеко за пределы того участка, где они были введены в круговорот. Обнаружение ДДТ в печени антарктических пингвинов служит одним из доказательств глобальной опасности применения пестицидов.

Следует заметить, что дальнейшее «поведение» химических веществ, вносимых в почву, в большой степени зависит от структуры геосистем, в частности, от термического режима, увлажнения, условий естественного дренажа, механического состава и других свойств почвы, видового состава и структуры биоценозов. Известно, что эффективность удобрений на разных почвах далеко не одинакова. Высокое содержание кальция задерживает вынос различных элементов из почвы. Токсические вещества довольно быстро удаляются из некоторых фаций (при легком механическом составе субстрата, сухой почве, слабо развитой растительной подстилке и т. д.), тогда как в других способны надолго задерживаться. Многие растения обладают избирательной способностью к поглощению тех или иных веществ (в том числе, например, радиоактивных) и содействуют их аккумуляции в геосистеме. 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.

2. Аккумуляция твердых отходов. Огромная часть твердого вещества, попутно извлекаемого при добыче полезных ископаемых и также «позитивно» образующегося в процессе производства при переработке первичных материалов и в процессе потребления готовой продукции, выбрасывается непосредственно на поверхность суши, что создает целый комплекс экономических, санитарно-гигиенических, а также естественнонаучных проблем. Сюда следует отнести отвалы и терриконы в районах горнодобывающей промышленности, отвалы золы и шлака теплоэлектростанций, наконец, городские свалки. Эти образования занимают на земной поверхности сотни тысяч квадратных ки-

лометров площадей, которые могли бы быть использованы для получения биологической продукции или организации отдыха. Отвал крупной электростанции, например, занимает сотни гектар, террикон — до 10 га. Подвергаясь действию выветривания, атмосферных осадков, гравитационных сил, вещества отвалов в той или иной степени вовлекаются в миграцию. Состав мигрирующих веществ, естественно, может быть различным, включая и токсичные соединения (например, сернистый газ, «извергаемый» терриконами).

Свалки промышленных и бытовых отходов содержат различного рода органические вещества, в конечном счете разлагаемые микроорганизмами и служащие источником отравления воды, воздуха и почвы, металлический «скрап», подвергающийся медленному окислению, практически неразложимые твердые продукты и весьма активные, нередко токсичные отходы химической, атомной и других отраслей промышленности. Так, в 1971 г. в ФРГ на одной из свалок было обнаружено 350 т мышьяка, а в других местах — сотни бочек с цианистым калием.

С развитием атомной энергетики растет количество радиоактивных отходов, которые невозможно уничтожить или нейтрализовать. Они сохраняют активность в течение сотен и тысяч лет. Это создает сложную задачу их надежного захоронения. Сбрасывание радиоактивных отходов в океан чрезвычайно опасно, так как они могут попасть в пищевые цепи. Использование подземных полостей (например, выработанных соляных шахт) также ненадежно, поскольку оно не исключает возможности дальнейшей миграции через подземные воды. Известны случаи попадания глубоко захороненных радиоактивных изотопов в почву, а из нее — через корни деревьев в листья, ветви, кору, в результате чего происходит их интенсивное накопление в подстилке. Поэтому устраиваются специальные «могильники», которые должны быть изолированы от воздействия поверхностных и подземных вод. Один из таких могильников в США (штат Вашингтон) занимает территорию в 650 кв. миль (более 1600 км<sup>2</sup>), его сооружение обошлось в сотни миллионов долларов и обслуживание также требует больших затрат.

Особая проблема — накопление неразложимых твердых отходов. Как заметил Б. Коммонэр (1974), в природных системах не существует мусора, ибо отбросы одних организмов служат пищей для других, и в конечном счете все органические вещества разрушаются бактериями. Для каждого полимера, образующегося в живых организмах, существует фермент, способствующий его быстрому и эффективному разложению. Синтетические же полимеры, создаваемые современной промышленностью, неразложимы, так как в природе не существует ферментов для их разложения. Создается, таким образом, противоречие: человек, синтезируя все более устойчивые к разложению вещества, содействует накоплению все более трудно уничтожимого мусора.

В результате на земной поверхности накапливаются и рассеиваются миллионы тонн пластмассового мусора (в США в 1970 г. его было выброшено на свалки 4 млн т). Единственный способ избавиться от него — сжигание, но это усугубляет загрязнение атмосферы, в том числе токсичными веществами, например соляной кислотой,<sup>19</sup> притом сопряжено со значительными затратами атмосферного кислорода.

3. Техногенные выбросы в атмосферу и их миграция. В результате хозяйственной деятельности человека ежегодно в атмосферу поступают миллиарды тонн различных веществ. Основные источники атмосферных выбросов — сжигание топлива и промышленное производство. В США в 1968 г. главными «поставщиками» были: двигатели внутреннего сгорания (42%), тепловые электростанции (21%), металлургические и химические предприятия (14%), лесные пожары (8%) и сжигание мусора (5%); на прочие «загрязнители» приходилось 10% (Environmental quality, 1970). В СССР промышленность дает 60% выбросов, энергетика — 27% и транспорт — 13%.

Основную массу техногенных выбросов в атмосферу составляют газообразные продукты сжигания топлива, количество которых ежегодно увеличивается не менее чем на 4—5%. Среди них главную роль играет двуокись углерода (углекислый газ). Оценки ее ежегодного поступления в атмосферу сильно расходятся (от 10 до 24 млрд т). По-видимому, ближе к истине величины 14—15 млрд т (Давитая, 1971; Глухов, 1971). На долю остальных газов приходится не менее 500 млн т, в том числе на сернистый газ 100—300 млн т (по разным источникам), окись углерода — примерно 200—300 млн т, окислы азота около 50 млн т, различные углеводороды — около 50 млн т.

В США в 1968 г. в атмосферу выбрасывалось 214 млн т вредных аэрозолей и газов (Environmental quality, 1970), в том числе окиси углерода — 100 млн т, сернистого газа — 33 млн т, углеводородов — 32 млн т, окислов азота — 20 млн т. В этой стране основным поставщиком вредных выбросов служит автотранспорт. Один легковой автомобиль выделяет за сутки 0,5—1,0 кг выхлопных газов, в состав которых входят CO (3%), углеводороды (0,5%), окислы азота (0,06%), альдегиды (0,004%), частью канцерогенные, SO<sub>2</sub> (0,006%), токсичные алкилы свинца и др.

В составе атмосферных загрязнителей содержатся также твердые продукты сгорания топлива и разнообразная пыль, поставляемая цементной, угольной, металлургической, абразивной, гипсовой промышленностью, а также пыльными бурями. Главный компонент пыли — SiO<sub>2</sub>, кроме того, в ней могут содер-

<sup>19</sup> Некоторые синтетические материалы уже сами по себе содержат токсичные вещества (поливиниловая посуда, пластики, используемые для упаковки пищевых продуктов, обивки автомобилей и др.).

жаться свинец, цинк, мышьяк и другие элементы. С 1850 по 1958 г. только за счет сжигания угля в атмосферу было выброшено 3 млрд т золы в виде аэрозоля, 1,35 млрд т кремния, 1,3 млн т мышьяка, более 1 млн т никеля, 0,9 млн т кобальта, 0,6 млн т цинка, 0,6 млн т сурьмы (Заугольников и Качанов, 1970).

В США в 1968 г. в атмосферу поступило 28 млн т пыли, а во всем мире, по-видимому, не менее 100 млн т (и столько же сажи). В крупных промышленных центрах выбросы сажи и твердых продуктов горения достигают сотен тонн на 1 км<sup>2</sup> в год. Так, по разным источникам, для Лондона эта величина составляет 365 т/км<sup>2</sup>, Питсбурга — 391, Токио — 408, Ливерпуля — 700 т/км<sup>2</sup>. В промышленных городах запыленность атмосферы в 150 раз выше, чем над океаном.

В городах значительное количество пыли поступает в воздух в результате постоянного износа различных материалов, обуви, покрышек автомашин, при этом образуются тонкие фракции пыли, часто содержащие вредные для здоровья человека соединения кремния, битумы, каучук. В Лос-Анджелесе каждые сутки вследствие истирания автопокрышек в воздух попадает около 50 т пыли (Детри, 1973). Кухни, мусоропроводы, свалки также вносят свой «вклад» в загрязнение воздуха. В сельской местности атмосфера загрязняется при рассеивании пестицидов, гербицидов, удобрений, при вспашке почвы, обмолоте зерна и т. д.

Поведение различных выбросов в атмосфере, их распространение и рассеивание, осаждение на земную поверхность и участие в последующих звеньях круговорота — все это зависит, с одной стороны, от их физико-химических свойств, а с другой — от свойств природных комплексов — геосистем.

Более крупные твердые частицы поднимаются лишь на сотни метров и в безветренную погоду довольно быстро оседают под действием силы тяжести. Частицы диаметром 4—10 мкм заносятся воздушными потоками на высоту до 1 км и более и, если не окажутся вымытыми атмосферными осадками, могут месяцами находиться во взвешенном состоянии, перемещаясь при этом иногда на тысячи километров. Еще более мелкие твердые частицы легко обтекаются водяными каплями и потому устойчивы к вымыванию, так что могут до года находиться во взвешенном состоянии. Частицы диаметром менее 1 мкм распространяются почти по всей тропосфере и годами не выпадают на земную поверхность.

Все газы, за исключением CO, тяжелее воздуха и рассеиваются в основном в нижнем 3-километровом слое тропосферы. Некоторые из них (в том числе SO<sub>2</sub>) растворяются в водяных каплях и выпадают с осадками. Слабые морозящие дожди осаждают больше примесей, чем ливневые. Легкая окись угле-

рода рассеивается по всей тропосфере и может оставаться в ней в течение нескольких месяцев. Многие примеси вступают в реакции с другими веществами и дают вторичные продукты, часто обладающие токсичными свойствами. Некоторые вещества, например канцерогенный бензпирен — 3,4, разрушаются под действием солнечной радиации.

Концентрации техногенных выбросов благоприятствуют температурные инверсии, туманы, штиль (особенно в центральных частях антициклонов). Существенное значение имеет также рельеф; замкнутые котловины наиболее препятствуют рассеиванию загрязнений и усугубляют их локальное воздействие на природный комплекс и здоровье людей. В зависимости от климатических условий осаждение вредных веществ протекает с разной скоростью и они по-разному взаимодействуют между собой. Так, фотохимический смог (лос-анджелесского типа) образуется в условиях сухого солнечного климата: под воздействием солнечного света двуокись азота взаимодействует с углеводородами и образует наиболее опасный компонент смога — пероксиацетилнитрат (ПАН). Во влажном климате образуется другой тип смога (так называемый лондонский, главным компонентом которого является сернистый газ). В Арктике и Субарктике при загрязнении атмосферы наблюдается «ледяной смог».

Благодаря подвижности воздушной среды атмосферные загрязнения способны распространяться далеко от источников выбросов. Дымовые и пылевые облака распространяются на десятки километров. Воздух, загрязненный в Англии и ФРГ, переносится в Ирландию и Скандинавию; копоть и сажа из промышленных центров Европы и Северной Америки отлагаются на горных ледниках. С 1947 до 1970 г. на поверхности Антарктиды со снегом выпало 2300 т ДДТ.

Географические следствия техногенного загрязнения атмосферы достаточно сложны, разнообразны и еще недостаточно изучены. Можно различать прямое воздействие техногенных примесей, содержащихся в воздухе, на те или иные компоненты геосистем и их косвенное значение, связанное с последующей миграцией в других звеньях геохимического круговорота.

Непосредственный, преимущественно локальный эффект отчетливо проявляется в климате крупных городов и промышленных районов. По исследованиям в США 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%. В некоторых городах наблюдается связь между ритмом работы промышленных предприятий и ходом облачности и осадков (Bryson, Kutzbach, 1968). Смог уменьшает поступление солнечной радиации к земной поверхности на 30—40%, причем особенно сильно сокращается ее ультрафиолетовая часть.

Влияние атмосферных загрязнений на биоту осуществляется как прямыми путями — через органы дыхания животных и устьица листьев растений, так и косвенными — через водное и почвенное звенья миграции. Многие техногенные выбросы, пройдя «атмосферный цикл», продолжают мигрировать в водных растворах — в поверхностных, почвенных, грунтовых водах — и завершают круговорот в океане. Те из них, которые отличаются высокой биологической активностью, «попутно» вовлекаются в биогенный круговорот в почвах и водоемах. Некоторые техногенные компоненты атмосферы ( $\text{CO}_2$ , CO) поглощаются непосредственно из атмосферы водами рек, озер и Мирового океана.

Наиболее вредное воздействие на организмы оказывают соединения серы, фтора, окись углерода, хлор, углеводороды, озон и некоторые другие техногенные примеси в атмосфере. Так, повышенная концентрация фтора приводит к опадению хвои и листьев и усыханию деревьев, замедляет развитие растений, нарушает функции роста и т. д. Реакция на воздействие вредных выбросов неодинакова у различных видов. Лишайники, например, относятся к наиболее чувствительным представителям органического мира: уже при концентрации  $\text{SO}_2$  0,01—0,02 на 1 млн они погибают. Из древесных пород листовые более чутко реагируют на сернистый газ и другие загрязнения, сбрасывая листву, они избавляются от высоких концентраций вредных соединений. В результате хвойные больше страдают от загрязнения атмосферы. Например, в ряде районов Западной Европы наблюдается массовая гибель пихты.

Сильная освещенность, повышенная относительная влажность воздуха, умеренная температура усиливают отрицательное воздействие загрязнений, так как при этих условиях открываются устьица листьев (Детри, 1973). Редкостойные леса (например, в лесотундре) более подвержены влиянию вредных примесей, поскольку из-за разреженности полога загрязненный воздух легче проникает к растениям. Существенное значение имеет и характер почвы, в частности, кислые почвы интенсивнее аккумулируют различные вредные соединения, чем нейтральные.

Способность растений чутко реагировать на посторонние примеси дает возможность использовать их в качестве индикаторов загрязнения воздуха. Вместе с тем благодаря их способности абсорбировать вредные вещества древесные насаждения могут служить одним из средств защиты жилых кварталов от атмосферных загрязнений.

Многие техногенные выбросы токсичны для животных. Попадая в пищевые цепи и постепенно концентрируясь на высших звеньях пищевой пирамиды, они могут привести к тяжелым расстройствам и к гибели животных — млекопитающих (в том числе домашнего скота), птиц, рыб, пчел и др.

Теперь кратко рассмотрим важнейшие результаты техногенного воздействия на миграцию основных компонентов атмос-

феры и прежде всего двуокиси углерода (углекислого газа). С этим веществом человек вводит в геохимический круговорот огромное количество углерода, накопленного организмами в земной коре в предшествующие геологические периоды. К сожалению, сейчас еще трудно дать более или менее точную оценку баланса углерода в эпигеосфере и его изменения в связи с техногенным воздействием.

Согласно А. М. Рябчикову (1972), современный баланс углекислоты выглядит следующим образом (млрд т/год):

Выделение CO <sub>2</sub>	Поглощение CO <sub>2</sub>
Разложение органического опада . . . . . 198	Фотосинтез растений . . . . . 200
Вулканические извержения. . . . . 26	Консервация при образовании торфа, сапропелей и др. . . . . 2
Сжигание топлива . . . . . 23	Поглощение карбонатами, образование бикарбонатов, растворение в воде океанов, переход в другие соединения . . . . . 38
Дыхание животных . . . . . 1,5	
Дыхание людей . . . . . 1,5	
Всего . . . . . 250	Всего . . . . . 240

Таким образом, если исходить из этих цифр, часть CO<sub>2</sub>, выделяемого при сжигании топлива (13 млрд т), используется в природных процессах, другая часть (10 млрд т) должна накапливаться в атмосфере. Как уже было ранее отмечено, некоторые авторы дают иные, более низкие величины ежегодного поступления техногенного CO<sub>2</sub> в атмосферу. Так или иначе концентрация углекислоты в воздушной оболочке возрастает. По расчетам группы экспертов Массачусетского технологического института за последние 100 лет она возросла с 0,028 до 0,0321% (на 12%) и к 2000 г. увеличится до 0,038%, т. е. еще на 12% (Man's impact. . . , 1970). А по прогнозам специальной комиссии Американского химического общества к 2000 г. содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере будет в 2 раза выше современного.

Еще А. Е. Ферсман (1934) писал, что трудно представить себе серьезность тех изменений в природе, которые появятся в результате увеличения концентрации CO<sub>2</sub>. Прежде всего это должно сказаться на тепловом балансе эпигеосферы (этот вопрос отдельно рассматривается в заключительной части данной главы).

В современных расчетах, по-видимому, недоучитываются механизмы саморегуляции, действующие в эпигеосфере, и потому преувеличивается прогрессирующее нарастание концентрации CO<sub>2</sub>. А. Е. Ферсман указывал, что повышение парциального давления CO<sub>2</sub> в атмосфере должно усилить растворяющее действие угольной кислоты, содержащейся в циркулирующих водах, перенос и перекристаллизацию карбонатных пород и вынос CO<sub>2</sub>

в океаны, что может привести к увеличению концентрации  $\text{CaCO}_3$  вплоть до насыщения. Однако он полагал, что подобные процессы будут уравниваться другими процессами в самой природе.

В качестве факторов, регулирующих содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере, особенно важную роль должны играть фотосинтез и газообмен атмосферы с океаном. Возможно, они будут поддерживать равновесие  $\text{CO}_2$  в воздушной оболочке. Известно, что повышение концентрации углекислоты в воздухе стимулирует фотосинтез. Вполне вероятно, что нынешнее невысокое содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере в значительной степени определяет низкий коэффициент использования растениями лучистой энергии солнца. Но даже независимо от того интенсификация земледелия потребует дополнительных количеств атмосферного углерода. Современное земледелие связывает ежегодно примерно 4 млрд т углерода (Дювиньо и Танг, 1968). Согласно А. А. Ничипоровичу (1968), в ближайшие 20—30 лет продуктивность земледелия должна увеличиться по крайней мере вдвое, а в перспективе — даже в 6—8 раз. Кроме того, ассимиляция углерода будет возрастать с повышением продуктивности лесов. А. А. Ничипорович считает, что в будущем даже придется искать дополнительные источники углерода — газы, извергаемые вулканами, техногенные выбросы, карбонаты и бикарбонаты земной коры.

Есть основания предполагать, что часть избытка  $\text{CO}_2$  будет растворяться в водах Мирового океана. Правда, углекислота поглощается холодными водами, но выделяется теплыми, и в какой степени эти процессы сбалансированы, определить трудно. А. С. Монин (1969) считает даже, что ежегодное выделение  $\text{CO}_2$  из океанических вод на 5 млрд т превышает его поглощение.

Наконец, как отмечает И. В. Комар (Человек, общество и окружающая среда, 1973), в будущем увеличится использование угля и нефти в химической промышленности, и значительная часть содержащегося в них углерода будет связываться в изделиях органического синтеза вместо того, чтобы выбрасываться в атмосферу.

Вне зависимости от того, как будет складываться общий баланс  $\text{CO}_2$  в будущем, в настоящее время мы сталкиваемся с несомненными локальными проявлениями его повышенной концентрации в воздухе и воде, в частности с усилением растворяющего действия водных растворов, причем не только на горные породы (известняки, доломиты), но и на бетон (содержащиеся в нем карбонаты превращаются в хорошо растворимые бикарбонаты, что способствует разрушению зданий и различных конструкций).

С изменением баланса и круговорота углекислоты (и углерода) непосредственно сопряжена проблема техногенного воздействия на содержание свободного кислорода

в атмосфере. Ежегодно в результате сжигания топлива и образования двуокси углерода связывается от 8 до 16 млрдт свободного кислорода. Кроме того, некоторое, значительно меньшее количество связывается в химической промышленности, металлургии, а также при коррозии металлов. В оценке естественного пополнения свободного кислорода цифры разных авторов расходятся на целый порядок. Главным источником пополнения служит фотосинтез; баланс кислорода в атмосфере поддерживается расходом на процессы гниения, дыхания, образование карбонатов. Если принять величину годового естественного поступления кислорода в атмосферу примерно в  $1,5 \cdot 10^{11}$  т, то техногенный расход составит около 10% этой величины. Некоторые авторы считают, что человек расходует до 23% кислорода, продуцируемого при фотосинтезе, и что уже к 2000 г. весь продуцируемый кислород будет сгорать в топках (а в США уже сейчас его потребляется в 1,7 раз больше, чем восстанавливается при фотосинтезе).

Ф. Ф. Давитая (1971, 1972) пришел к заключению, что при ежегодном увеличении безвозвратного расхода  $O_2$  только на 1% его запасы будут исчерпаны на  $\frac{2}{3}$  через 700 лет, а при 5% росте — через 180 лет. По А. М. Рябчикову (1972), через 165 лет доля свободного кислорода в атмосфере понизится до 17% весовых, т. е. до критического для человека предела.

Однако существуют более оптимистические расчеты, согласно которым содержание кислорода в атмосфере практически не изменится за последние десятилетия, а также не обнаруживает различий над сушей и океаном.<sup>20</sup> По расчетам Дж. Г. Рейтера (Вудсхолский океанографический институт, США) в случае внезапной гибели растительного мира океана уменьшение продуцирования свободного кислорода было бы эквивалентно сокращению его содержания в атмосфере всего на 10% в течение 1 млн лет.<sup>21</sup> Таким образом, на этом примере мы видим, насколько количественная оценка процессов обмена веществ в эпигеосфере еще далека от того, чтобы давать основания для надежных прогнозов.

В последние годы стало быстро расти использование свободного азота атмосферы для производства химических удобрений и некоторых других веществ. Если в 1960/61 г. его было извлечено 13,6 млн т, то в 1966/67 г. — 26, а в 1970/71 г. — около 39 млн т. Такое изъятие азота само по себе не грозит какими-либо нарушениями газового равновесия в атмосфере. Наибольшую опасность, особенно в экологическом отношении, представляет дальнейшая техногенная миграция азота, так же как и углерода, серы и ряда других элементов, в составе новых соединений, «непривычных» для эпигеосферы.

<sup>20</sup> «The Sciences», 1970, vol. 10, № 8, p. 2728.

<sup>21</sup> «Nature», 1970, vol. 227, № 5256, p. 374—375.

К их числу относится, в частности, окись углерода (угарный газ, CO), наиболее интенсивно вырабатываемая двигателями внутреннего сгорания, а также в некоторых производственных процессах (при переработке нефти). Вследствие своей легкости окись углерода распространяется по всей толще атмосферы, и ее средняя концентрация незначительна (0,0001—0,00015%), однако в локальных условиях она может быть много выше: в Париже, например, 120—240 мг/м<sup>3</sup>, в Риме — 500 мг/м<sup>3</sup> (т. е. 0,04%). Окись углерода частично поглощается водами океана, частично окисляется в озоновом слое в CO<sub>2</sub>. Вообще же возможности ее превращений в природной среде и поступления в организм человека еще не изучены.

Сернистый ангидрид (SO<sub>2</sub>) выделяется главным образом при сжигании нефти (особенно, высокосернистой ближневосточной) на электростанциях, а также при работе транспорта и переработке нефти, при сжигании, коксовании и газификации угля, сжигании сланцев, выплавке цветных металлов, производстве серной кислоты, цемента, резины, целлюлозы и др. Он частично поглощается горными породами (в частности, известняками), океаническими водами и растениями. На частицах дыма сернистый ангидрид каталитически окисляется до серного ангидрида SO<sub>3</sub>, который растворяется в воде и переходит в капельки серной кислоты или ее растворимые соли. Последние выпадают с атмосферными осадками в течение нескольких дней, а зимой — через 4—5 часов.

В крупных промышленных центрах ежегодно в атмосферу выбрасываются тысячи тонн SO<sub>2</sub> (см. рис. 2) и образуется соответствующее количество серной кислоты (в Вене, например, при ежегодном сжигании 2,5 млн т угля в атмосферу попадает 26 тыс. т H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Сернистый ангидрид токсичен. Попадая в дыхательные пути, он поражает клетки бронх, приводит к серьезным респираторным заболеваниям. Ему принадлежит главная роль в образовании лондонского смога. В почве окислы серы химически взаимодействуют с другими веществами, оказывают вредное влияние на почвенные микроорганизмы и, попадая с почвенными растворами в растения, также отрицательно сказываются на их жизнедеятельности.

Окислы азота выбрасываются преимущественно с выхлопными газами автомобилей, а кроме того, предприятиями, производящими азотно-туковые удобрения, взрывчатые вещества, синтетический аммиак и др., отчасти также при сжигании топлива. Б. Коммонэр (1974) считает, что в США автотранспорт увеличил количество выбрасываемых окислов азота на 630% с 1946 по 1968 г. Это связано с ростом мощностей двигателей и соответственно повышением рабочей температуры в двигателе. Двуокись азота NO<sub>2</sub> очень токсична, разрушает клетки легких и может привести к гибели организма. Взаимодействуя

под влиянием солнечного света с углеводородами, содержащимися в бензиновых испарениях, окислы азота дают новые токсичные вещества, входящие в состав «белого», или фотохимического, смога, которым особенно славится Лос-Анджелес. В этом городе 3750 тыс. автомашин ежедневно выбрасывают 530 т окислов азота, около 10 тыс. т двуокиси углерода и 2 тыс. т углеводородов (Баттан, 1967).

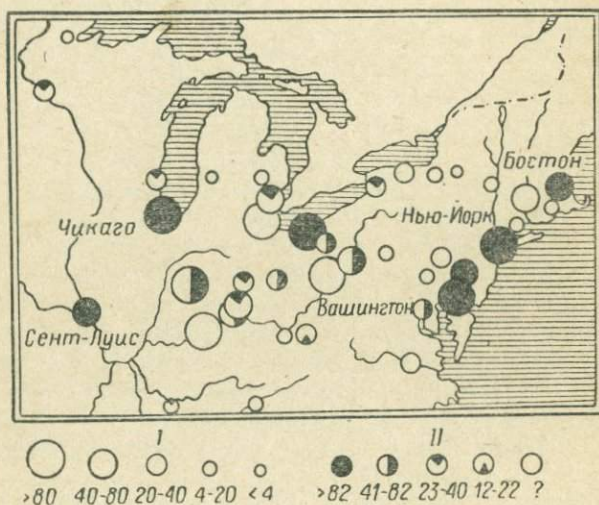


Рис 2. Эмиссия двуокиси серы на Северо-Востоке США в 1961—1965 гг.

I — средняя годовая эмиссия в т/км<sup>2</sup>; II — концентрация в микрограммах на 1 м<sup>3</sup>.

К числу наиболее токсичных веществ, содержащихся в выхлопных газах, относится тетраэтилсвинец, который добавляется в бензин в связи с повышением давления в цилиндре, т. е. увеличением мощности двигателя. В США с 1946 по 1968 г. расход свинца на 1 км пробега легковых машин увеличился с 110 до 200 г, а общее количество его выброса в атмосферу возросло с 50 до 260 тыс. т, т. е. на 415% (Коммонэр, 1974). Свинец способен накапливаться в организме животных и человека. Отравление свинцом приводит к нервным заболеваниям, малокровию, слепоте, потере памяти. В атмосфере частицы свинца соединяются с молекулами иода, образуя центры конденсации дождевых капель, с которыми выпадают на земную поверхность.

В воздухе городов обнаруживаются все новые вещества, многие из которых неизвестны в естественных условиях. В лос-анджелесском смоге найдено около 600 различных соединений.

Поведение многих из них и влияние на живые организмы еще не изучены.

К наиболее сложным проблемам техногенного загрязнения атмосферы относится воздействие реактивной и ракетной техники на верхние слои тропосферы и стратосферы. Один самолет за время полета выделяет в сотни раз больше выхлопных газов, чем автомобиль. Однако характер их распространения, возможные последующие реакции, влияние на атмосферные процессы практически еще почти не ясны. Согласно некоторым исследованиям, выпущенные до настоящего времени ракеты могли удвоить концентрацию паров лития, натрия, железа в верхних слоях атмосферы, где они, по-видимому, могут долго сохраняться и нарушать тепловой баланс воздушной оболочки. Увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  и водяного пара приводит к развитию перистых облаков и также должно оказывать влияние на тепловой баланс (Man's impact... , 1970).

Несколько слов следует сказать о радиоактивном загрязнении геосистем в результате испытаний ядерного оружия в атмосфере. В 1963 г. вступил в силу Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой, и радиоактивное заражение атмосферы значительно снизилось. Если бы ядерные испытания продолжались теми же темпами, что и в 1962 г., то к 1970 г. выпадение радиоактивных осадков увеличилось примерно в 10 раз. Тем не менее уровень радиоактивного загрязнения остается выше естественного, поскольку некоторые страны продолжают ядерные испытания.

В результате ядерных взрывов образуются радиоактивные изотопы: стронций-90 (период полураспада 28 лет), цезий-137 (30 лет) и йод-131 (8 дней). Часть радиоактивных продуктов взрыва выпадает вблизи района испытаний, часть распространяется с воздушными потоками по земному шару, причем концентрация увеличивается с высотой. Особенно далеко разносятся стронций-90 и цезий-137.

Радиоактивные изотопы попадают в почву с атмосферными осадками и пылью, растворяются в почвенных водах и затем поступают в пищевые цепи или далее переносятся со стоком. Лишайники способны захватывать их непосредственно из воздуха; с лишайниками эти изотопы попадают в организм оленя, а оттуда — к человеку. (Поэтому тундровые геосистемы относятся к наиболее «неблагополучным» с точки зрения радиоактивного заражения.)

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 иод-131, несмотря на короткий период полураспада, способен быстро концентрироваться в щитовидной железе домашних животных, а иногда и человека.

Стронций-90 особенно интенсивно накапливается в растениях из рода *Vaccinium*, в частности в бруснике. В водоемах он почти не адсорбируется, поэтому рыбы накапливают его менее интенсивно, чем растения. Миграция этого изотопа в большой степени зависит от рельефа, почвы и других особенностей геосистем. Так, по исследованиям, проведенным в Англии в 1956 г., оказалось, что на холме с кислыми торфяными почвами ( $pH = 4,3$ ) и луговой растительностью его концентрация в почве, траве и костях овец находилась в отношении 1:21:714. В бурой пылевой почве ( $pH = 6,8$ ) на лугу в долине его содержание было в 3 раза меньше, чем в предыдущей почве, а соотношение концентрации в почве, траве и костях овец составило 1:6,6:115, т. е. на последнем звене концентрация была почти в 18 раз меньшей (Дювиньо и Танг, 1968).

В целом опасность для здоровья человека от выпадения радиоактивных осадков к концу 1961 г. составила 11—23% от опасности, создаваемой природными источниками облучения; но если прибавить сюда другие искусственные источники (в том числе медицинское облучение), то эта доля уже к 1966 г. увеличилась по крайней мере еще на 40—80% (Введение в гигиену, 1966). Следует, однако, принять во внимание, что локальная опасность в отдельных районах значительно выше. При этом малые дозы могут при длительном влиянии иметь кумулятивный характер. Пределы безвредности искусственного облучения нельзя еще считать точно установленными.

Уже на основании частных примеров, приведенных выше, можно сделать вывод о серьезной экологической угрозе, которую таит в себе загрязнение атмосферы. В отдельных катастрофических ситуациях ядовитый «смог» ведет к многочисленным человеческим жертвам. В Лондоне в течение 5 суток 1952 г. смог с высокой концентрацией  $SO_2$  погубил более 4 тыс. человек. В Нью-Йорке в ноябре 1963 г. от ядовитого тумана погибло 170 человек. Фотохимический смог впервые наблюдался в 1943 г. в Лос-Анджелесе; в 1959 г. там было 189 дней со смогом, в 1960 г. — 198, в 1962 — 212. В последние годы смог этого типа часто случается в ряде других городов США, в Токио, Сиднее, Мехико, Буэнос-Айресе. В Японии первый фотохимический смог случился в 1970 г., а в 1974 г. он наблюдался уже в 22 префектурах, причем начался уже в мае (в 1970 г. — только после муссонных дождей).

Помимо исключительных «разовых» воздействий чрезмерного загрязнения атмосферы, «обычные» для больших городов концентрации вредных техногенных примесей также представляют большую опасность для здоровья. Попадая в организм

человека через органы дыхания, кожу, а также с водой и пищей, токсичные вещества вызывают поражения органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, слизистых оболочек глаз и др. Кроме того, они понижают сопротивляемость инфекциям, обостряют такие заболевания, как астма, гипертония, цирроз печени. Некоторые техногенные выбросы (бензпирен — 3,4, азотистые соединения, мышьяк и др.) канцерогенны; радиоактивные частицы могут вызвать генетические нарушения, лейкемию, костные опухоли и др. С некоторыми ядовитыми смогами связаны ртутные, серные и другие отравления. Надо заметить, что из-за смога и сильной запыленности воздуха резко сокращается прямая солнечная радиация и в особенности ее ультрафиолетовая часть, которая способна обезвреживать некоторые вредные компоненты (углеводороды).

Нижние пределы допустимых концентраций вредных примесей еще не всегда известны. Следует учесть, что влияние многих из них усиливается в присутствии других примесей. Однако совместное воздействие различных загрязнений на человеческий организм изучено еще крайне слабо.

Американская служба здравоохранения определила ущерб, причиняемый загрязнением атмосферы, в 65 долларов в год на душу населения, а повышение стоимости жизни «среднего американца» — в 150 долларов.

Материальный ущерб от разрушения зданий, сооружений и материалов под влиянием загрязнения атмосферы в США ориентировочно оценивается в 1 млрд долларов.

По данным, приводимым Ж. Детри (1973), в индустриальных центрах скорость коррозии железа возрастает в 20 раз, а алюминия — в 100 раз по сравнению с сельской местностью. Главным фактором коррозии металлов (в том числе, крыш зданий) служит сернистый ангидрид (медь и серебро окисляются под влиянием  $H_2S$ ).

Под воздействием  $SO_2$ , точнее  $H_2SO_4$ , содержащейся в атмосферных осадках, происходит химическое выветривание стен зданий с образованием сравнительно легко растворимого гипса. Сернистый ангидрид разрушает также кожу и ткани. Резиновые изделия окисляются техногенным озоном. Краски, содержащие соединения свинца, разрушаются под действием  $H_2S$  (с образованием сульфида свинца).

Ж. Детри справедливо замечает, что экономическая оценка не может учесть всех потерь, связанных с загрязнением атмосферы. Физические и моральные потери, смертность, болезни практически непереводамы в денежные единицы. Трудно учесть ущерб от снижения прозрачности воздуха, что вызывает увеличение расхода энергии на освещение, ухудшает работу транспорта, задерживает развитие сельскохозяйственных культур. Наконец, добавим, что существенный материальный ущерб связан с потерей ценного сырья, буквально вылетающего в трубу.

В качестве примера отметим лишь, что в Англии в 1954 г. прямые потери (очистка и уборка помещений и территорий, окраска и реставрация зданий и сооружений, обветшание промышленных и общественных зданий, коррозия металлов, снижение качества товаров, особенно текстиля) оценивались в 152,5 млн ф. ст., а косвенные (снижение урожайности культур и производительности промышленности, эффективности работы транспорта и др.) — в 125 млн ф. ст. (Детри, 1973).

4. Водная миграция техногенных выбросов. Большинство техногенных выбросов проходит через гидрологическое звено миграции. Многие из них сбрасываются непосредственно в реки и водоемы, другие попадают туда с внутрипочвенным, поверхностным или грунтовым стоком, предварительно пройдя воздушный и (или) почвенно-биогеогенный звенья круговорота.

Основную массу техногенных выбросов в реки и водоемы дает промышленность, прежде всего химическая, нефтеперерабатывающая, пищевая, целлюлозно-бумажная, а также металлургическая, текстильная и другие отрасли. Существенную роль играют также бытовые отходы городов и сельскохозяйственные стоки. Уже отмечалось, что объем промышленных и бытовых стоков в мире составляет 500 км<sup>3</sup>/год, из них 1/3 загрязнена до такой степени, что уже не может быть использована повторно без очистки. 800 км<sup>3</sup> более или менее загрязненных вод сбрасывается в реки с орошаемых полей.

В США обрабатывающая промышленность сбрасывает ежегодно не менее 50 км<sup>3</sup> сточных вод, причем 27% приходится на химическую промышленность. В ФРГ объем промышленных стоков составляет около 10 км<sup>3</sup>/год, из них доля химического производства составляет 30%. В промышленных стоках содержатся различные кислоты, фенолы, сероводород, аммиак и другие токсичные вещества, а также отработанные технические масла, нефтепродукты и другие воспламеняющиеся соединения. Нередко в водоемы попадают радиоактивные отходы. Так, атомный завод в Карлсруэ (ФРГ) ежегодно сбрасывает в Рейн 10 тыс. м<sup>3</sup> радиоактивных стоков (Глухов, 1971).

В бытовых стоках содержатся вещества, обладающие высокой биохимической активностью и образующие обильную пену на реках и водоемах.

В результате многие даже крупные реки превратились в сточные каналы. «Классический» пример представляет Рейн, который несет вблизи устья одних только хлоридов 204 кг/с (в верхнем течении — 3,4 кг/с). Чрезвычайно загрязнены Огайо и многие другие реки США. На дне р. Потомак у г. Вашингтона слой слежавшихся отбросов и фекалий достиг местами 3 м.

Если «концентрированный» сток загрязненных промышленных и бытовых канализационных вод поддается учету и контролю, то сложнее обстоит дело с плоскостными стоками с сель-

скохозяйственных земель, загрязненными удобрениями и ядохимикатами, со смывом (преимущественно талыми и ливневыми водами) нечистот с территорий городов, свалок, животноводческих ферм, пастбищ. Трудно поддаются учету загрязнения, обусловленные молевым сплавом леса, водным транспортом.

Плоскостные стоки имеют более широкий радиус действия, чем сточные воды, выбрасываемые непосредственно в реки и водоемы, они загрязняют также почвенные и грунтовые воды, их труднее локализовать и изолировать от биологического круговорота на суше. Между тем многие компоненты сельскохозяйственных и бытовых стоков биохимически активны и токсичны (нитриты, фосфорорганические и хлорорганические соединения и др.).

Естественными коллекторами загрязненных вод оказываются внутренние водоемы — озера, водохранилища, представляющие звено общего круговорота воды с сильно замедленным (по сравнению с реками) влагооборотом. Соответственно условия самоочищения здесь значительно хуже, чем в реках. Непрерывное поступление и накопление веществ-загрязнителей ведет к резким, иногда практически необратимым изменениям гидрохимического и гидробиологического режима озер.

За последние 20—30 лет получила широкое распространение так называемая антропогенная евтрофикация водоемов (см., например, Россолимо, 1968, 1971), обусловленная увеличением концентрации азота и особенно фосфора. В США, например, за последние 25 лет в несколько раз возросло поступление в озера нитратов, пестицидов, детергентов, а также ртути и других токсичных веществ. При этом только сброс фосфора с коммунальными стоками составил в 1970 г. 120 тыс. т — против 18 тыс. т в 1940 г. и 8 тыс. т в 1910 г. (Коммонэр, 1974). Но большая часть избыточного фосфора (до 60%) поступает с промышленными стоками (Man's impact..., 1970).

Повышение концентрации соединений азота и фосфора (в том числе полифосфата натрия — одного из компонентов синтетических моющих веществ) вызывает бурное развитие водорослей и «цветение» водоемов. Так, биомасса водорослей в оз. Эри у г. Кливленда возросла с 1930 по 1960 г. в 12 раз, а к 1969 г. увеличилась еще вдвое. За это же время содержание фекальных бактерий возросло в 1000 раз. При усиленном продуцировании биомассы вода обедняется кислородом, так как его интенсивно расходуют бактерии, разлагающие органические остатки. В результате резко ухудшаются условия местообитания для рыб и других животных. Вся система окислительно-восстановительных процессов нарушается, расширяется зона с анаэробным обменом, где за счет процессов восстановления накапливаются сероводород, аммиак и др. В ряде случаев эти процессы усугубляются благодаря сбросу (главным образом теплыми, а также атомными электростанциями) нагретых вод.

Следует заметить, что интенсивность процессов евтрофирования водоемов зависит от характера ландшафтов водосборного бассейна и природной структуры самого водоема — его рельефа, грунтов, условий водообмена, естественного химизма и т. д.

Химические вещества, попадающие в реки и водоемы с детергентами и пестицидами, большей частью токсичны. Первые детергенты не разлагались бактериями и давали обильную пену. После 1965 г. были введены в употребление биоразлагаемые детергенты, но они дают в водной среде ядовитый фенол. Некоторые из этих веществ уже при концентрации 10—25 мг/л ядовиты для рыб. Биологическое действие веществ, образующихся при окислительных и других реакциях (аммиак, метан, сульфаты, фосфаты и др.), еще не вполне выяснено.

Ртуть, попадающая в водоемы главным образом за счет неизбежных потерь при электролитическом способе получения хлора из NaCl, осаждается на дне, где бактерии преобразуют ее в растворимую метилированную ртуть, токсичную для рыб. Поскольку она не участвует в метаболизме, может произойти накопление ее в теле рыб, откуда она попадает и в организм человека.

Ухудшение условий существования ихтиофауны при загрязнении водоемов усугубляется гибелью планктона. Загрязнение сказывается и на орнитофауне (потеря кормовых ресурсов, непосредственное воздействие нефтепродуктов и масел в воде и т. д.).

В результате многие озера превращаются в «мертвые» водоемы. К числу наиболее сильно загрязненных относятся Великие озера Северной Америки, особенно оз. Эри. К 1970 г. в него ежегодно поступало до 38 млн м<sup>3</sup> промышленных стоков и около 5 тыс. м<sup>3</sup> канализационных нечистот, кроме того — стоки, загрязненные минеральными удобрениями и пестицидами. Только фосфатов за год накапливалось по 25 тыс. т. Немногие сохранившиеся рыбы содержали 18—19 мг/кг ДДТ. На берегах озера стала исчезать растительность.

Загрязнение природных вод во многих странах представляет прямую угрозу здоровью людей. В Англии 90% населения пользуется водой сомнительного качества (Кутырин, Беличенко, 1971), в США — примерно половина. Вода многих рек и озер непригодна не только для питья, но и для купания и спорта. Нитраты, попадающие из химических удобрений или азотосодержащих отходов деятельности животных через водное звено миграции в человеческий организм, могут перейти под действием кишечных бактерий в нитриты. Последние соединяясь с гемоглобином крови, переводят его в форму метагемоглобина, что создает препятствия для транспорта кислорода по кровеносной системе и опасность удушья и даже смерти. Первые подобные случаи были отмечены в штате Миссури, а за-

тем — во Франции, ФРГ и некоторых других странах (Коммонэр, 1974).

Особенно опасны для человеческого организма вещества, не участвующие в метаболизме. Таков печально известный ДДТ, который чрезвычайно слабо разрушается (в течение 10 лет он теряет свои свойства только наполовину) и способен аккумулироваться в опасных количествах. ДДТ — яд замедленного действия, разрушающий нервную систему.

Случаи отравления водами, содержащими различные техногенные примеси (ртуть, свинец, фтор, мышьяк, кадмий и др.), известны в США, Японии, ФРГ и других промышленно развитых капиталистических странах. Бытовые сточные воды способствуют распространению эпидемий бактериальных (желудочно-кишечных) и гельминтозных болезней.

Экономический ущерб от загрязнения рек и водоемов трудно полностью оценить. К числу наиболее явных материальных убытков следует отнести потерю рыбных ресурсов. Бурное развитие водорослей в евтрофированных водоемах, а также образование пены от интенсивного употребления детергентов создают затруднения для судоходства, для работы ГЭС. Нудовлетворительное качество воды служит помехой для развития ряда производств, отрицательно сказывается на качестве промышленной продукции. При использовании загрязненной воды для охлаждения на охлаждаемых поверхностях откладываются различные соединения, усиливается обрастание водными растениями. Загрязненные воды усиливают коррозию железобетонных конструкций, корпусов судов, гидротурбин и т. д.

Конечное звено водной миграции различных техногенных выбросов — Мировой океан. Значительная часть этих веществ, не «перехваченная» из стока биологическим круговоротом, заканчивает свой путь в океане, тем самым вызывая его прогрессирующее загрязнение. В океан же выпадают техногенные примеси из атмосферы. Кроме того, непосредственно в воды Мирового океана сбрасываются отходы некоторых производств, в том числе химического и атомного. Например, химические заводы «Байер» в Леверкузене (ФРГ) ежегодно затапливают в Северном море 300 тыс. т отходов. Из Англии жидкие радиоактивные отходы сбрасываются в Ирландское море через водосточные трубы на расстояние всего лишь около 2 миль от берега. Отходы американской атомной промышленности вывозятся в Тихий и Атлантический океаны на расстояние от нескольких миль до нескольких сот миль от побережий.

Вредные вещества нередко уходят из-под контроля, вымываются из контейнеров, разносятся течениями и вовлекаются в биологический круговорот. Через выловленную рыбу ядовитые вещества попадают в человеческий организм, вызывая массовые отравления, иногда со смертельным исходом, как это наблюдалось, например, в Японии. Морские организмы способ-

ны концентрировать радиоактивные изотопы. Так, стронций-90 интенсивно поглощается бурыми водорослями. Рыбы поглощают радиоактивные изотопы с планктоном, а некоторые получают их путем ионного обмена непосредственно из водной среды.

Одну из наиболее серьезных проблем представляет загрязнение Мирового океана нефтепродуктами. По этому вопросу имеется обширная литература (см., например, Нельсон-Смит, 1973), и мы ограничимся лишь некоторыми общими сведениями. Нефтепродукты попадают в океан из-за утечки нефти из танкеров, в результате аварий, при очистке емкостей, подводной добыче нефти. Общее количество ежегодного выброса нефти в океан оценивается от 1,5 до 6—15 млн т (из естественных источников поступает всего лишь около 0,5 млн т).

Нефть образует на поверхности воды тонкую пленку. 1 т сырой нефти покрывает пленкой до 8—12 км<sup>2</sup> акватории. Некоторые легкие фракции быстро испаряются, но чаще пленка сохраняется в течение нескольких лет, а при низких температурах, когда окислительные процессы идут крайне медленно (в арктических морях), может сохраняться до 50 лет.

Нефтяная пленка нарушает тепло- и газообмен между океаном и атмосферой: сокращается испарение (и тем самым — увлажнение суши), увеличивается альbedo поверхности океана, затрудняется поглощение углекислоты и выделение свободного кислорода. Эти процессы и непосредственное токсическое действие нефти сказываются на органическом мире: угнетается развитие планктона, икры и мальков рыб (последние могут погибнуть уже при концентрации нефти 0,01 мл/л). Под влиянием волн пленка разбивается, и нефть эмульгирует. Капли нефти в прибрежных районах могут достичь дна и поражать фауну бентоса. Благодаря турбулентному перемешиванию нефтяная эмульсия распространяется по всей толще воды.

Известны случаи катастрофических локальных нарушений природных комплексов моря и прибрежной зоны суши в результате «залповых» выбросов нефти при авариях. Так, широкую известность получила авария танкера «Торри каньон» у берегов Корнуола в 1967 г., когда нефтяной пленкой были покрыты сотни квадратных километров, погибли десятки тысяч птиц, были испорчены пляжи на протяжении 160 км и устричные промыслы. Массовая утечка нефти из морской скважины вблизи Санта-Барбара (Калифорния) нанесла ущерб, оцениваемый в 1,3 млрд долларов; погибло много рыбы, птиц и других животных.

Этих примеров достаточно, чтобы сделать вывод о серьезной угрозе, нависшей над Мировым океаном, и неотложной необходимости принятия комплекса мер по его охране.

5. Последний вопрос, который будет кратко затронут в этой главе — техногенное воздействие на энергетику

природных процессов в эпигеосфере. Оно проявляется в двух главных формах: а) в частичном, иногда намеренном, но большей частью непреднамеренном преобразовании поступающей на земную поверхность лучистой энергии Солнца и б) рассеивании энергии из других источников, главным образом ископаемого топлива, а также атомного ядра, в качестве побочного результата использования этих источников энергии для производственных и бытовых нужд.

Каждая из этих двух форм воздействия в свою очередь должна быть дифференцирована в соответствии с непосредственными техногенными факторами преобразования теплового баланса.

1. Разнообразные изменения теплового баланса происходят вследствие преобразования подстилающей (субаэральной) поверхности, особенно условий увлажнения и растительного покрова на суше, а также запыления поверхности снега и льда, образования нефтяной пленки на океанах, создания искусственных покрытий в городах и т. д. Все это приводит к изменению альбедо и интенсивности испарения, а отсюда — к более или менее существенной перестройке теплового баланса земной поверхности и приземных слоев атмосферы.

Искусственное орошение в сочетании с озеленением ведет к уменьшению альбедо, повышению влажности воздуха и тем самым к возрастанию количества поглощенной радиации и сокращению эффективного излучения. В результате радиационный баланс может значительно повыситься (до 50%). Однако одновременное возрастание затрат тепла на испарение приводит к резкому сокращению турбулентной отдачи тепла в атмосферу и понижению температуры воздуха. При осушительных мелiorациях поток тепла от земной поверхности в атмосферу, напротив, увеличивается. Создание водохранилищ приводит к увеличению радиационного баланса, однако распределение его существенно различается в зонах избыточного и недостаточного увлажнения: в первом случае основная его часть должна расходоваться на турбулентный обмен с атмосферой, во втором — на испарение.

В различных ландшафтах влияние преобразования подстилающей поверхности на тепловой баланс, естественно, проявляется неодинаково. Так, в тундре нарушение растительного покрова тракторами и вездеходами существенно сказывается на тепловом балансе верхней части толщи вечной мерзлоты — происходит ее протаивание, нередко с образованием глубоких траншей на трассах движения транспорта.

Значительная трансформация баланса тепла наблюдается в городах. Как известно, в городах средние годовые температуры воздуха на 1—2° выше, чем в окрестностях, а разница зимних температур может достигать 6—7°. Правда, главной причиной здесь является отопление, дающее зимой в городах

умеренных широт не менее тепла, чем солнечная радиация. Однако известную роль играют преобладание камня, бетона, кирпича, асфальта, аккумулирующих солнечное тепло, и резкое сокращение испарения (Кратцер, 1958).

2. Запыленность атмосферы, с одной стороны, способствуя образованию облаков, увеличивает ее альбедо и, следовательно, величину отраженной радиации Солнца; с другой стороны, усиливая поглощение длинноволнового излучения, повышает парниковый эффект. Соотношение этих противоположных тенденций еще недостаточно изучено. По мнению М. И. Будыко (1969), загрязнение атмосферы уменьшает суммарную радиацию на 2—3% и понижает температуру воздуха на 3—4°. Этот автор допускает, что снижение температуры воздуха за последние 30 лет связано увеличению запыленности.

В настоящее время еще трудно оценить воздействие на радиационный баланс атмосферы полетов сверхзвуковых самолетов, которые (по расчетам исследовательской группы Массачусетского технологического института) увеличивают содержание водяных паров в стратосфере на 60%, а твердых частиц — в 10 раз (Man's impact..., 1970).

3. Влияние увеличения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере на ее тепловой баланс служит предметом многочисленных дискусионных выступлений в печати. Некоторые исследователи (например, Глухов, 1971) считают возможным повышение средней температуры воздуха к 2000 году на 2° из-за парникового эффекта, создаваемого накоплением углекислоты. Однако другие оценивают этот эффект гораздо более сдержанно (Будыко, 1969, 1972). По некоторым осторожным расчетам возможное повышение температуры не превысит 0,5° (Man's impact..., 1970). Прогноз осложняется трудностями определения баланса  $\text{CO}_2$  (см. выше), кроме того, наряду с влиянием растущей концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере возникают и другие взаимосвязанные процессы — изменения интенсивности конденсации водяного пара, образования облаков и др. Повышение температуры в тропосфере будет сопровождаться ее понижением и образованием облаков в стратосфере, что должно привести к увеличению потерь солнечной радиации на отражение.

4. При сжигании топлива непосредственно в атмосферу выбрасывается тепло. А. М. Рябчиков (1972) оценивает его величину в  $34 \cdot 10^{15}$  ккал/год, исходя из того, что ежегодно сжигается 7 млрд т условного топлива (1 кг дает 7000 ккал) с коэффициентом полезного действия 30% (т. е. 70% рассеивается в атмосфере). Вместе с тем при использовании электроэнергии (КПД=85%) также выделяется и рассеивается тепло. Таким образом, все техногенное тепло, по А. М. Рябчикову, составляет сейчас 1/25000 величины поглощаемой солнечной радиации и при 5% ежегодном росте добычи горючих ископаемых может сравняться с ней через 208 лет, а при 8% росте — через 155 лет.

Надо учесть еще растущее значение производства атомной энергии, которое отличается высокой теплоотдачей.

Значительная часть тепла поступает в эпигеосферу в виде нагретой воды. В США ежегодно сбрасывается в водоемы  $190 \text{ км}^3$  нагретой воды. Потребление воды на процессы охлаждения все возрастает, особенно в связи со строительством атомных электростанций (АЭС). В 1980 г. только от АЭС в США будет поступать более  $200 \text{ км}^3$  воды (т. е. свыше  $\frac{1}{4}$  регулярного стока), нагретой на  $10\text{--}12^\circ$  выше первоначальной температуры (Игнатьев, 1971). Это неизбежно повлечет за собой серьезные нарушения в гидрологическом и гидробиологическом режиме водоемов.

Уже в 1963 г. в США в результате сжигания минерального и атомного топлива, а также тепловой трансформации гидроэнергии выделялось  $9,5 \cdot 10^{15}$  ккал тепла, или около  $0,15 \text{ ккал/см}^2$ , что составляет  $0,2\%$  от средней величины годового радиационного баланса. При ежегодном увеличении техногенного выброса тепла на  $3\text{--}4\%$  оно уже в 2000 г. может оказать ощутимое влияние на климат страны. Однако по мнению ряда исследователей к этому времени побочный эффект производства энергии вряд ли существенно скажется в глобальных масштабах (Man's impact... , 1970).

Таким образом, техногенное воздействие на тепловой баланс наиболее ярко проявляется в локальных рамках, особенно на территории городов. В крупных городах и промышленных центрах техногенное выделение тепла составляет десятки и сотни килокалорий на  $1 \text{ см}^2$  в год, что должно вызвать повышение температуры воздуха на десятки градусов. Циркуляция воздушных масс спасает города от перегрева. С другой стороны, благодаря этой циркуляции влияние локальных очагов техногенных воздействий распространяется далеко за их пределы и в конечном счете накапливаясь приобретает планетарное значение.

Согласно М. И. Будыко (1969, 1972), хозяйственная деятельность человека может увеличить количество тепла на Земле в среднем примерно на  $0,01 \text{ ккал/см}^2$  год, и при современных темпах производства энергии через 100 лет или ранее этот показатель достигнет  $1\text{--}2 \text{ ккал/см}^2$  год, т. е.  $1\%$  от величины поглощаемой солнечной радиации. Этого дополнительного притока тепла достаточно, чтобы растопить льды Арктики и, спустя некоторое время, Антарктики, что вызовет значительное общее повышение температуры (особенно в полярных широтах) и будет сопровождаться многими другими процессами — перераспределением атмосферных осадков, повышением уровня океана и др.

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, происходящих в атмосфере в силу естественных внешних и внутренних причин (под влиянием колебаний солнечной активности, поступления вулканической пыли и т. д.), а также механизма саморегуляции атмосферных процессов; во-вторых, неполнотой и неточностью нашей информации о различных составляющих техногенного воздействия на тепловой баланс; в-третьих, недостаточным знанием механизма техногенных воздействий — каждого в отдельности и, особенно, в их совокупности.

По-видимому, результаты техногенных воздействий в общепланетарных масштабах пока что несоизмеримы с естественными колебаниями теплового баланса. Во всяком случае они не смогли компенсировать общего понижения температуры, наблюдаемого в последние десятилетия. За последние 30 лет средняя температура воздуха на Земле понизилась на  $0,2^\circ$ , тогда как за предшествующие 40 лет она повысилась на  $0,5^\circ$ . Таким образом, в этих колебаниях не отразилось усиливающееся поступление техногенного тепла и углекислого газа в атмосферу. Но это, разумеется, не значит, что техногенный фактор не участвовал в этом процессе. Возможно, без его участия понижение температуры было бы еще более значительным.

### ПРОБЛЕМА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Вопросы оптимизации человеческого воздействия на природную среду нельзя решать без учета растущих потребностей в разнообразных природных ресурсах. В подходе к проблеме ресурсов экономические и экологические интересы должны совпадать: рациональное использование ресурсов (например, сокращение сжигания нефти, сохранение лесов, улавливание промышленных отходов и т. д.) одновременно служит лучшим способом борьбы с загрязнением среды и вообще с отрицательными последствиями техногенных воздействий. Сложность проблемы определяется, однако, тем, что растущее население Земли и еще более быстро развивающееся производство предъявляют все усиливающийся спрос на энергию, промышленное сырье, продовольствие и т. д., единственным источником которых остается природная среда и запасы которых конечны.

Чтобы оценить, на какое время человечеству хватит необходимых жизненных ресурсов, необходимо знать их запасы и рост потребностей на перспективу. Потребности обычно оцениваются, исходя из современных темпов роста населения и развития производства. В этом подходе имеется бесспорная условность, и поэтому экстраполяция современных темпов в будущее должна иметь свои пределы. Более или менее реальные прогнозы на 2000 г. Население мира растет сейчас со скоростью  $2\%$  в год, использование большинства минеральных ресурсов и воды — примерно на  $5\%$  в год, а производство электроэнергии — на  $8\%$ .

Таким образом, рост производства заметно опережает темпы прироста населения (рис. 3). Надо заметить, что практически, рассчитывая потребности в ресурсах, следовало бы отправляться не от средних мировых норм, а от уровня потребления в эконо-

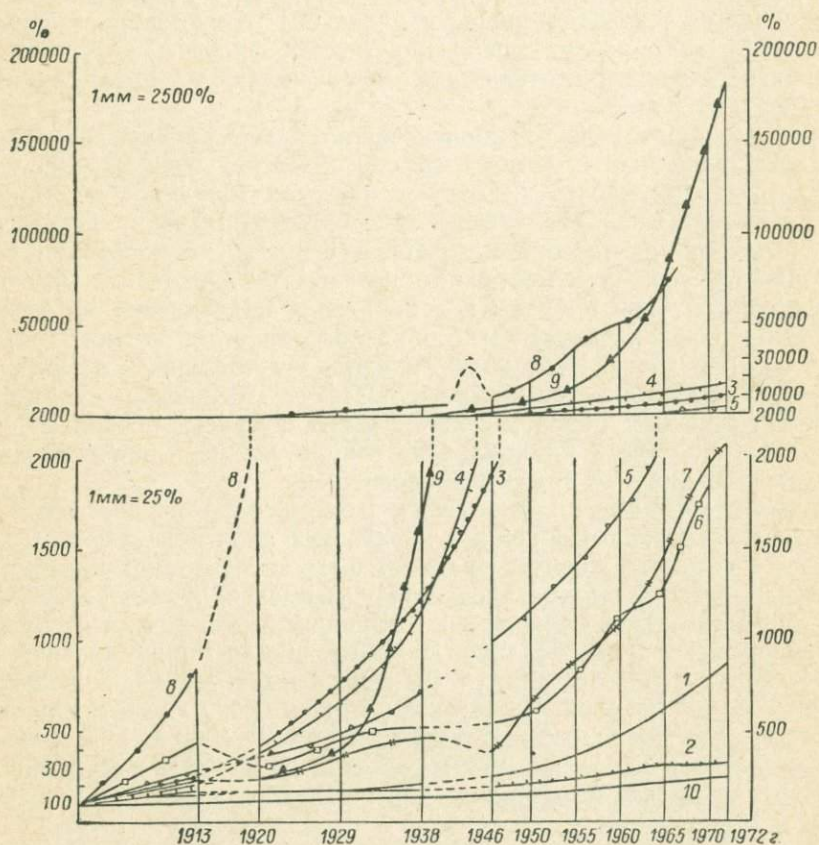


Рис. 3. Рост мирового потребления некоторых видов природных ресурсов (1900 г. = 100%).

Общее потребление: 1 — энергетических ресурсов, 2 — угля, 3 — нефти, 4 — природного газа, 5 — гидроэнергии, 6 — добыча железной руды; производство: 7 — стали, 8 — алюминия, 9 — синтетических смол и пластических масс; 10 — рост численности населения.

мически наиболее развитых странах, ибо только для того, чтобы довести современное потребление энергетических ресурсов, продовольствия и т. д. в развивающихся странах до уровня развитых стран, пришлось бы увеличить использование некоторых видов ресурсов в 10 и более раз.

Существуют различные подходы к классификации природных ресурсов (см. например, Минц, 1968), но нам нет надобности

подробно в них вдаваться, так же как останавливаться на вопросе о различиях между природными «ресурсами» и «условиями». Достаточно принять, что к природным ресурсам относятся все элементы природной среды, используемые в производстве (энергетические, сырьевые ресурсы) и непосредственно в процессе жизнедеятельности человека (продовольственные ресурсы, вода, воздух), сюда же следует отнести и ресурсы непродовольственной деятельности человечества (рекреационные, курортные и др.).

Для наших целей наиболее важна классификация ресурсов по их природным группам и по способности к воспроизводству. Известно, что запасы некоторых ресурсов (большинства минеральных, также земельные, или территориальные, ресурсы) конечны и практически невозобновимы. Другие постоянно возобновляются, разумеется, до известных пределов. Притом в одних случаях пределы возобновления практически не могут быть изменены человеком (солнечная энергия, атмосферные осадки), в других — до известной степени поддаются регулированию (биологические ресурсы). В сфере интересов географа лежат главным образом возобновимые ресурсы, поскольку их воспроизводство и рациональное использование в значительной степени зависят от характера геосистем.

Наличие энергетических ресурсов — первое условие жизнедеятельности общества и развития производства. В отличие от вещества энергия не может быть использована повторно. В народном хозяйстве энергия производится преимущественно в форме электрической, причем основной источник для ее получения — ископаемое топливо. В 1970 г. общая мощность энергоустановок в мире составила  $10^9$  кВт, а выработка электроэнергии —  $5 \cdot 10^{12}$  кВт·ч. Ожидается, что к 2000 г. потребление полезной энергии возрастет в 7—8 раз. В 1960 г. в мировом энергетическом балансе уголь составил 43%, нефть и природный газ 37%, прочие источники — 20%; в 1967 г. соответственно 35, 54 и 11% (рис. 4).

Запасы энергии в минеральном топливе оцениваются в  $p \cdot 10^{17}$  кВт·ч. К. М. Малин (1967) называет цифру  $5 \cdot 10^{17}$  кВт·ч, А. М. Рябчиков (1972) —  $2,2 \cdot 10^{17}$  кВт·ч (исходя из запасов условного топлива  $2,7 \cdot 10^{13}$  т). Этого количества должно хватить более чем на 200 лет, если пользоваться для получения энергии только горючими ископаемыми при современных темпах роста потребления. Следует, однако, заметить, что сжигание минерального топлива есть недопустимое расточительство ценнейших ресурсов, накопленных организмами за многие миллионы лет. Надо надеяться, что в ближайшем будущем нефть, газ и уголь перейдут в категорию сырьевых ресурсов. Притом, если говорить о нефти, то ее известных запасов в капиталистических и развивающихся странах должно хватить при нынешних нормах потребления всего на 25 лет.

Уже сейчас намечается тенденция к снижению доли минерального топлива за счет использования энергии атомного ядра. Если в 1970 г. доля последнего составляла 2,7%, то к 1980 г. она возрастет до 20—30%, а к 2000 г. — более чем

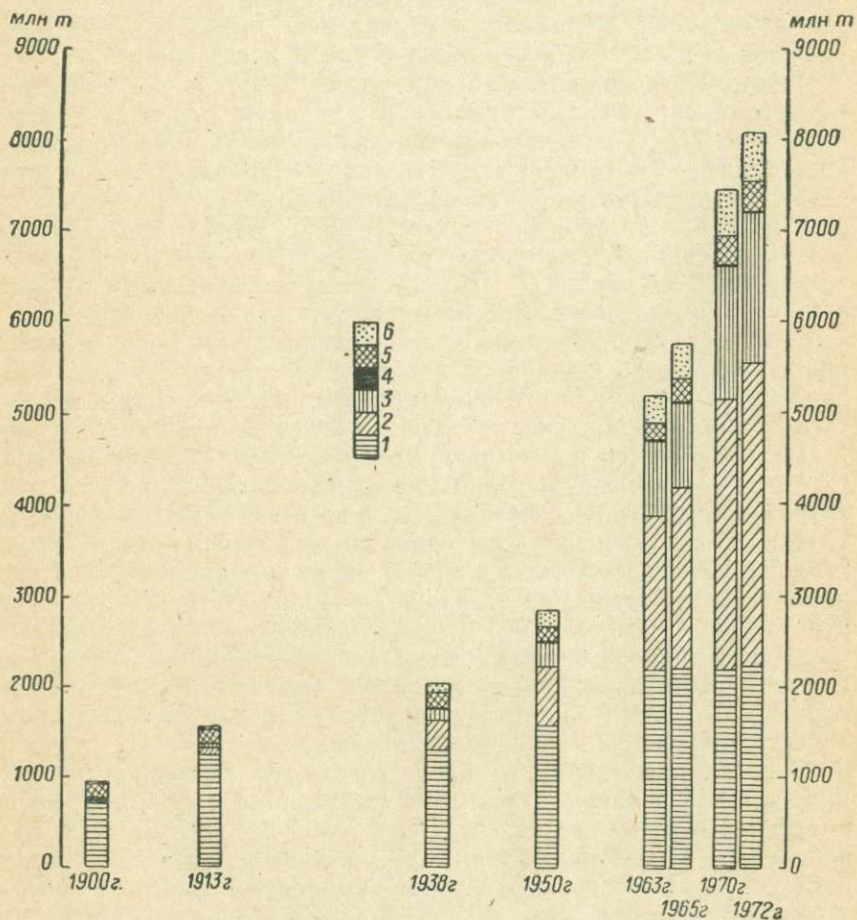


Рис. 4. Динамика мирового потребления энергетических ресурсов (млн т условного топлива).

1 — уголь; 2 — нефть; 3 — природный газ; 4 — торф; 5 — дрова; 6 — гидроэнергия.

до 50%. Источником атомной энергии служит тяжелое ядерное топливо, т. е. расщепляющиеся изотопы урана и тория. Их запасы оцениваются в  $1,6 \cdot 10^7$  т, что соответствует энергии в  $5,47 \cdot 10^{17}$  кВт·ч (Малин, 1967), т. е. того же порядка, что в ископаемом топливе. Значительно больше возможностей открывает использование «легкого» ядерного топлива, т. е. синтез ядер гелия из изотопа водорода — дейтерия, запасы которого

в гидросфере достигают  $p \cdot 10^{13}$  т. При полном превращении его в гелий можно получить  $p \cdot 10^{24}$  кВт·ч, что во много раз превосходит все остальные реальные источники энергии, взятые вместе (и в несколько миллионов раз больше ежегодного потока солнечной энергии, приходящего на Землю). Вопрос использования этого источника упирается в управление ядерным синтезом. Возможно, к 2000 г. будут найдены пути к его решению.

Гидроэнергия занимает скромное место как в современном мировом энергетическом балансе (6%), так и в перспективном. Мощность всех рек и потоков составляет  $p \cdot 10^9$  кВт, а годовая энергия их —  $2-3 \cdot 10^{12}$  кВт·ч. Полное использование гидроэнергоресурсов могло бы обеспечить лишь половину современного потребления электроэнергии. В ряде стран гидроэнергетический потенциал практически уже исчерпан (Швейцария, Япония, Канада, Франция). Преимущества гидроэнергоресурсов состоят в их возобновимости; их использование рентабельнее, чем сжигание топлива, притом не сопровождается загрязнением природной среды. Однако не везде строительство ГЭС целесообразно по техническим и экономическим соображениям, кроме того, с ними сопряжено затопление больших площадей суши.

Из приходящей на земную поверхность лучистой энергии Солнца практически ежегодно можно использовать (за вычетом затрат на испарение, фотосинтез и др.)  $1,5-2,0 \cdot 10^{17}$  кВт·ч, т. е. несколько меньше, чем содержится во всем ископаемом топливе. Целесообразность широкого использования этого источника очевидна (особенно в аридных районах), однако встречает значительные технические трудности. Солнечные энергетические установки требуют больших площадей. В настоящее время решение проблемы не вышло за рамки опытного использования солнечных лучей в локальных масштабах путем их непосредственного превращения в тепловую энергию.

Энергия приливов и отливов измеряется величиной  $p \cdot 10^{16}$  кВт·ч в год и также относится к категории возобновимых. Хотя практически возможно использовать лишь небольшую ее часть, в будущем роль этого источника должна возрасти. В СССР реально сооружение ПЭС с общей выработкой электроэнергии до  $10^{12}$  кВт·ч в год.

Энергия ветра составляет  $p \cdot 10^{14}$  кВт·ч в год. Широкое использование затрудняется ее малым содержанием в единице объема воздуха, а также непостоянством скорости и направления ветра. Однако в определенных географических условиях этот источник может играть важную роль. Так, в Дании предполагается за счет ветра обеспечить 60—70% потребности страны в электроэнергии.

Представляет интерес также тепловая энергия земных недр. Величину теплового потока из недр Земли к поверхности оценивают в  $3,38 \cdot 10^{14}$  кВт·ч в год (Малин, 1967). Однако плотность этого потока чрезвычайно мала, и лишь там, где он кон-

центрируется в виде горячих источников, гейзеров, скоплений горячих подземных вод, использование его имеет существенное практическое значение (что уже делается в Исландии, Италии, Новой Зеландии и перспективно в ряде районов СССР). Технически возможно получение электроэнергии за счет создания искусственного перепада уровня воды в морях (таких, как Средиземное, Красное), разницы температур поверхностных и глубинных вод в тропических морях, а также воды и воздуха в полярных областях.

До сих пор еще отчасти используется самый первый источник энергии, открытый человеком, — древесина; ее годовой прирост дает приблизительно  $2 \cdot 10^{14}$  кВт·ч. Однако, учитывая исключительную ценность лесов, использование этого природного ресурса для энергетических целей должно быть полностью исключено.

Минеральные сырьевые ресурсы невозобновимы, тем не менее потребность в них будет возрастать. В США, например, с 1960 по 2000 г. предполагается рост потребления меди, свинца, цинка, марганца, стали в 2,5—3 раза, никеля, кобальта, ванадия, хрома и вольфрама — в 4—5 раз, алюминия — в 8 раз, молибдена — почти в 10 раз (Ландсберг и др., 1965).

По новейшим подсчетам, исходя из общих ресурсов (без запасов на дне Мирового океана) и современных темпов роста добычи, золота должно хватить на 33 года, висмута — на 34, вольфрама — на 35 лет, цинка — на 36, сурьмы — на 38, свинца — на 40, асбеста — на 42 года, урана — на 47 лет, меди — на 66 лет, ртути — на 71 год, а большинства остальных минеральных ресурсов — более чем на 100 лет.<sup>22</sup>

При современных нормах потребления химических удобрений и темпов роста населения разведанных запасов фосфора должно хватить на 90 лет, а калия на 100 лет (Малин, 1967). Мировые запасы железной руды оцениваются в  $134 \cdot 10^{11}$  т, так что металлургия будет обеспечена ею на несколько столетий (в 1970 г. в мире добыто 753 млн т железной руды).

Перспективы обеспечения человечества минеральными ресурсами связываются в значительной степени с подводными месторождениями Мирового океана. Так, разведанные запасы марганцовых конкреций оцениваются в 1500 млрд т. По данным ООН уже к 1985 г. удастся перерабатывать 15 млн т конкреций, что позволит обеспечить 18% мировых потребностей в марганце, 50% — в кобальте и более 1% — в меди. Переработка лишь  $\frac{1}{3}$  разведанных запасов конкреций обеспечила бы мировую промышленность (при современном уровне потребления) медью на 2000 лет, никелем — на 70 000, марганцем — на 140 000 и кобальтом — на 420 00 лет.<sup>23</sup> Уже сейчас со дна оке-

<sup>22</sup> «Известия», 1974, 8 окт., № 237(17775).

<sup>23</sup> «Известия», 1974, 21 ноября, № 274(17810).

ана добываются, кроме угля и нефти, железная руда, сера, фосфориты, олово, алмазы и др.

При оценке запасов учитываются лишь известные месторождения, где нужные элементы сконцентрированы в количествах, доступных для извлечения при современной технологии. Если же учесть, что подавляющая часть запасов элементов рассеяна в литосфере и других оболочках Земли, то эти запасы окажутся неисчерпаемыми. Так, в принципе из гранита можно извлечь алюминий, железо, титан, марганец, хром, никель и ряд других металлов. Вопрос состоит лишь в технологии и необходимых ресурсах энергии. Из морской воды уже сейчас получают хлор, натрий, калий, магний, бром, сульфаты и др.

Водные ресурсы уже сейчас стали дефицитными во многих странах и районах. Единовременные запасы пресной воды на Земле (в ледниках, озерах, реках и земной коре) составляют 32 млн км<sup>3</sup> (Калинин, 1968; Львович, 1969), в том числе полезные запасы доступных вод — не более 3 млн км<sup>3</sup>, из них в реках всего 1200 км<sup>3</sup>. Однако при расчетах водных ресурсов обычно исходят из ежегодно возобновляемого количества воды в реках и водоемах, т. е. речного стока, составляющего 37—38 тыс. км<sup>3</sup>. В настоящее время на производственные и бытовые нужды забирается  $\frac{1}{10}$  его часть. Строго говоря, этот подход не вполне точен. Фактически возобновляющаяся часть водных ресурсов на Земле во много раз больше: она измеряется величиной годовых осадков, т. е. 520 тыс. км<sup>3</sup>, из которых на сушу выпадает 110 тыс. км<sup>3</sup>. Некоторая часть атмосферных осадков используется человеком непосредственно для производства сельскохозяйственной продукции, причем по объему она не уступает величине забора из рек и водоемов. Технически возможно задерживать то или иное количество атмосферных осадков (точнее той их части — 72 тыс. км<sup>3</sup>, — которая идет на испарение и транспирацию) для пополнения стока или для различных технических нужд. На практике, однако, приходится использовать часть стока для пополнения ресурсов транспирации и, следовательно, увеличения биологической продукции. Сток, таким образом, остается практически единственным возобновимым источником технического и питьевого водоснабжения.

Потребность в воде быстро растет во всем мире. В СССР потребление воды на душу населения в 1960 г. составляло около 1900 л, а уже в 1980 г. предположительно достигнет 6000 л. В США в 1970 г. забор воды составлял около 35% полного стока, или 71% регулярного стока; ожидается, что к 1980 г. будет забираться 50% полного стока, а к 2000 г. — 80% полного стока, или более 160% регулярного.

Особенно быстро растет использование воды для охлаждения (главным образом конденсаторов ТЭС и АЭС). В США в 2000 г. на эти цели будет расходоваться почти половина всей

потребляемой воды. Во Франции в 1970 г. на охлаждение конденсаторов электростанций уходило почти 10% речного стока, а к 2000 г. предполагается 60% (Фюрон, 1966). В СССР, по М. И. Львовичу, для той же цели в 2000 г. потребуется в 24 раза больше воды, чем в 1962 г., а именно 950 км<sup>3</sup>, т. е. почти  $\frac{1}{4}$  валового водопотребления (фактически будет забираться меньше, так как предполагается повторное использование воды).

Надо заметить, что часть воды, забираемой из рек и водоемов, уже обратно в них не возвращается, так как в процессе использования испаряется или связывается, и этот безвозвратный забор имеет тенденцию расти на 4—5% в год.

Наиболее обстоятельные расчеты перспективного использования ресурсов стока принадлежат М. И. Львовичу. (см. Львович, 1969; Львович и Коронкевич, 1971; Человек, общество и окружающая среда, 1973). Этот автор предполагает, что к 2000 г. мировое промышленное производство возрастет примерно в 15 раз, выработка электроэнергии — в 18 раз, производство продуктов питания — не менее чем в 3 раза. Возможно, в этих предположениях допущены преувеличения.

Современное и будущее расходование водных ресурсов, км<sup>3</sup>  
(по М. И. Львовичу)

Показатели	Современное (СССР—1962)		В 2000 г. при существующих принципах использования		В 2000 г. при более рациональном использовании	
	Весь мир	СССР	Весь мир	СССР	Весь мир	СССР
Осадки . . . . .	110 300	10 960	110 300	10 960	110 300	10 960
Полный речной сток . . . . .	38 830	4 350	38 830	4 350	37 530	4 200
Устойчивый сток . . . . .	13 730	1 300	13 730	1 300	22 230	2 400
Водозабор из источников:						
Орошение . . . . .	2 650	99	3 400	480	3 400	238
Теплоэнергоснабжение . . . . .	240	40	3 100	280	45	24
Промышленность . . . . .	215	41	3 000	240	410	108
Хозяйственно-питьевые воды . . . . .	105	12	920	68	920	68
Безвозвратный расход . . . . .	2 220	124	5 625	610	6 785	580
Сброс сточных вод . . . . .	1 310	54	6 470	680	390	80
Объем загрязненных вод . . . . .	5 900	416	37 600	6 870	0	0
Общий расход (безвозвратный + загрязненные воды) . . . . .	8 120	540	43 225	7 480	6 785	580

Как видно из данных таблицы, при существующих принципах использования водных ресурсов в 2000 г. забор воды должен составить почти  $\frac{1}{3}$  полного речного стока. Однако фактический расход будет гораздо больше из-за спуска сточных вод: на их разбавление не хватит всего речного стока. М. И. Львович прав, утверждая, что угроза качественного истощения водных ресурсов более серьезна, чем угроза физической нехватки воды. Р. Фюрон (1966) считает, что у человечества остается единственный выход: «пить море», т. е. опреснять морскую воду.

М. И. Львович видит выход в сокращении, а впоследствии полном прекращении сброса сточных вод, которые после очистки должны повторно использоваться в промышленности и теплоэнергетике, т. е. в постепенном переходе на замкнутое оборотное водоснабжение. Вариант потребления воды при таком условии представлен в последней колонке таблицы (для мира и для СССР). При этом «безвозвратный» расход воды в мире достигнет 18% от полного речного стока (в СССР — около 14%). Этот расход не является абсолютной потерей, так как подавляющая его часть (за исключением химически связанной воды) возвращается в атмосферу путем испарения — только не из океана, куда она попала бы с речным стоком, если бы не была «перехвачена», а из орошаемых полей и водохранилищ. Таким образом, эта вода продолжает участвовать в круговороте и образовании осадков. Следовательно, величина стока на водосборах не должна существенно измениться, и в реки ежегодно будет поступать почти одинаковое количество воды. Поэтому А. М. Рябчиков (1972) допускает ошибку, утверждая, что из-за роста безвозвратного забора к 2100 г. могут быть исчерпаны все пресные воды Земли, а к 2230 г. — все водные запасы эпигеосферы. Это могло бы произойти лишь при фантастическом допущении, что постепенно в промышленных изделиях окажутся связанными (уже через 130 лет!) все пресные воды, а еще через 130 лет — и воды океанов.

Некоторое общее уменьшение водоносности рек должно произойти из-за перехвата части поверхностного стока непосредственно на водосборах для использования на неорошаемых полях (в мире это составит, по М. И. Львовичу, 1300 км<sup>3</sup>, в СССР — 150 км<sup>3</sup>). Кроме того, на поля может быть направлена часть сточных вод. С другой стороны, за счет создания новых водохранилищ и подземного магазинирования паводочных вод предполагается резко увеличить устойчивый сток в реках, что позволит существенно улучшить условия водоснабжения, а также работы водного транспорта.

Предлагаемые меры не исключают возможности использования в будущем других ресурсов — опресненной морской воды, вод ледников и айсбергов. Региональные проблемы водных ресурсов будут решаться с учетом возможности их перераспределения, т. е. переброски на дальние расстояния.

Свободный кислород атмосферы относится также к числу возобновимых ресурсов, однако оценка его запасов требует учета ряда малоизученных факторов и потому не может считаться надежной. Как уже отмечалось в предыдущей главе, в оценках перспектив обеспечения человечества кислородом наблюдается сильный разнობой.

Биологические ресурсы обеспечивают потребность человечества в пище, а также в различных видах технического сырья. При оценке перспективных потребностей в продовольственных ресурсах нельзя исходить из современного мирового потребления, поскольку во многих странах оно не соответствует необходимым нормам. По данным ФАО в развивающихся странах 60% семей недоедает. Если в экономически развитых странах среднее потребление на душу населения равно 3000 ккал, то в развивающихся странах — 2150 ккал. А по содержанию животных белков (протенна) в пище соотношение составляет 5:1. В ряде развивающихся стран после второй мировой войны дефицит продовольствия возрастал, так как производство зерна отставало от роста населения.

Что касается роста населения Земли, то он происходит все возрастающими темпами. В начале нашей эры на Земле жило 150—160 млн человек и потребовалось целое тысячелетие, чтобы оно удвоилось. К 1975 г. население Земли достигло 4 млрд, и теперь нужно всего лишь 40 лет, чтобы оно удвоилось. В 1950—1960 гг. ежегодно население увеличивалось на 1,6%, сейчас — почти на 2%. Перспективы дальнейшего роста демографы оценивают по-разному, но большинство сходится на том, что существует тенденция к саморегулированию численности людей и «демографический взрыв» не может продолжаться бесконечно; возможно, уже в XXI в. население Земли стабилизируется. По расчетам ООН к 2000 г. численность населения Земли достигнет 4,9—6,9 млрд, более вероятная цифра — 6,3 млрд. Дальнейшая экстраполяция вряд ли может быть научно обоснована.

ФАО считает, что для прокормления в 2000 г. 6 млрд людей следует увеличить производство зерновых по сравнению с 1960 г. на 100%, а продуктов животноводства — на 200%. П. Дювиньо справедливо считает такой рост недостаточным для полноценного питания и называет соответственно 200 и более 300% (Дювиньо и Танг, 1968).

Если принять за суточную норму для 1 человека 3000 ккал (т. е. 1,0—1,1 млн ккал в год), то для 6-миллиардного населения нужно в год 6—7·10<sup>15</sup> ккал. Но следует учесть, что часть потребляемой человеком пищи относится к вторичной биологической продукции (животного происхождения). Эффективность перехода от первичной продукции к вторичной очень низка (1—10%). Так, 80 кг свежей травы или 17 кг сена трансформируются в 1 кг мяса. Поэтому, чтобы обеспечить в рационе

одного человека  $\frac{1}{3}$  животной пищи, растения должны усваивать 5,5 млн ккал в год (Малин, 1967). Для 6 млрд человек это составит  $3,3 \cdot 10^{16}$  ккал.

Вся мировая ежегодная первичная продукция фитомассы (в пересчете на сухое вещество) оценивается от 50 до 280 млрд т; в ней накапливается от  $2,5 \cdot 10^{17}$  до  $14 \cdot 10^{17}$  ккал энергии, т. е. значительно больше, чем нужно для обеспечения жизнедеятельности 6 млрд человек. Но, разумеется, далеко не вся первичная биомасса может быть употреблена в пищу. П. Дювиньо и М. Танг (1968) приводят следующие данные о распределении первичной биологической продукции на суше:

	Эффективность фотосинтеза, %	Продуктивность, т/га	Суммарная продуктивность, млрд т.	Накопленная энергия, ккал
Леса . . . . .	0,33	7	28,4	$11,4 \cdot 10^{16}$
Пашни и плантации . . . . .	0,25	6	8,7	$3,5 \cdot 10^{16}$
Пастбища . . . . .	0,1	4	10,4	$4,2 \cdot 10^{16}$
Пустыни и пр. . . . .	0,01	0,2	5,4	$2,2 \cdot 10^{16}$

Таким образом, возделанные земли дают  $3,5 \cdot 10^{16}$  ккал, но П. Дювиньо считает, что из них только  $2,6 \cdot 10^{15}$  содержится в продуктах питания, потребляемых человеком. Остальное приходится на несъедобную часть растений (корни, стебли, листья), часть идет на корм скоту, на разные потери (уничтожается вредителями и т. д.) и перерабатывается промышленностью. По данным ФАО на 1960 г. в продуктах животноводства, рыболовства, охотничьего промысла содержалось 23,7 млн т белков и  $0,28 \cdot 10^{15}$  ккал.

Из этих цифр следует, что в начале 60-х годов человечество потребляло около  $3 \cdot 10^{15}$  ккал — это несколько менее половины того, что потребуется в 2000 г. В действительности производство первичной биологической продукции необходимо будет увеличить не менее чем в три-четыре раза, чтобы обеспечить норму потребления протеина, а не только достаточную калорийность пищи.

Необходимые для этого ресурсы — солнечная энергия, углекислота, вода, азот, элементы минерального питания — на Земле имеются в достаточном количестве, но распределены крайне неравномерно и, главное, далеко не всегда в нужном сочетании, так что в большинстве случаев один или несколько из них оказываются в дефиците. Эта «ошибка» может быть исправлена лишь частично. Важнейший источник жизни — солнечная энергия — практически не поддается регулированию и искусственному перераспределению в пространстве.

Расчеты на экстенсивный путь — расширение площади сельскохозяйственных земель чуть ли не в 2—3 раза — чрезмерно оптимистичны и не имеют под собой серьезной научной основы.

Выход, очевидно, следует искать в интенсификации сельского хозяйства — расширении орошаемых земель, механизации, применении химических удобрений, мелиорации, а также в воздействии на механизмы функционирования организмов (большие надежды, в частности, связываются с повышением эффективности фотосинтеза). При всем этом нельзя обойтись без тщательного учета структуры геосистем и возможных побочных физико-географических следствий.

Крайне осторожного подхода требуют биологические ресурсы Мирового океана: при современных тенденциях к их эксплуатации не позднее чем через 20—30 лет вся их ежегодная продукция будет исчерпываться.

По расчетам ФАО, если распространить современный уровень сельского хозяйства, достигнутый в развитых странах, на все страны мира, уже сейчас можно было бы прокормить на Земле 10 млрд человек. П. Дювиньо и М. Танг (1968) критикуют тех экономистов и социологов, которые думают, что производительность биосферы может возрастать до бесконечности. Если даже допустить, что всю биологическую продукцию Земли (83 млрд т, по Дювиньо) удастся перевести в зерно, то при зерновом эквиваленте, равном 1000 кг (т. е. годовой рацион одного человека, выраженный в зерне), это даст пищу для 83 млрд человек.

К. М. Малин (1967) идет еще дальше в своих отвлеченных рассуждениях: если бы вся энергия Солнца, усваиваемая растениями суши, потреблялась пищевыми и кормовыми культурами, ее хватило бы на 45 млрд человек; если к этому добавить все растительные ресурсы океана, можно было бы прокормить 340 млрд; если довести КПД фотосинтеза до 1% (вместо нынешних 0,3%), мы получим уже 1160 млрд; а если поднять КПД фотосинтеза до 5—7,5% и распахать 70% суши, то на Земле могло бы жить 2,5—4,0 триллиона человек. Возможно, эти расчеты имеют какое-либо иллюстративное значение, но реального смысла все эти «если бы» лишены; надо иметь серьезные основания, чтобы утверждать, скажем, о возможности распахать когда-либо 70% поверхности суши. Притом следует подумать, как разместить 4 триллиона людей на остальной части, со средней плотностью около 30 000 чел./км<sup>2</sup>, без учета необходимости площадей для промышленных предприятий, рекреационных зон и т. д.

Из других биологических ресурсов наиболее важное значение имеют лесные (имеются в виду ресурсы древесины). По инвентаризации ФАО (1958 г.) общая площадь лесов мира составляла 44,05 млн км<sup>2</sup>, а запасы древесины исчислялись в 484 млрд м<sup>3</sup>,<sup>24</sup> или 266 млрд т сухого вещества.

<sup>24</sup> Другие источники дают меньшие цифры: 238 и 357 млрд м<sup>3</sup> (БСЭ, 3-е изд., 1973, т. 14, с. 365).

Однако доступные запасы составляют только часть этой величины. Фактически эксплуатируются леса на площади 14,6 млн км<sup>2</sup> с общими запасами фитомассы 155,6 млрд м<sup>3</sup> и ежегодным валовым приростом 2,8 млрд м<sup>3</sup> (Дювиньо и Танг, 1968). Ежегодные заготовки измеряются величиной 2,2 млрд м<sup>3</sup>, что приближается к валовому приросту. Согласно Е. К. Федорову (1972), при современных темпах лесозаготовок весь прирост леса в мире будет исчерпан за 50—100 лет, но, по-видимому, этот момент должен наступить раньше.

Потребность в древесине (особенно хвойных пород) быстро растет, и дальнейшее использование лесных ресурсов должно основываться, с одной стороны, на повышении продуктивности лесов путем мелиорации и расширения лесовосстановительных работ, а с другой — на более рациональном, экономном использовании древесины, с полной утилизацией отходов, частичной заменой ее другими материалами и т. д.

**Земельные (территориальные) ресурсы.** Земельная площадь — абсолютно невозобновимый ресурс с конечными размерами. Е. К. Федоров (1972) считает, что менее чем через 50 лет она будет полностью исчерпана при современных темпах роста ее использования. В некоторых густонаселенных районах уже сейчас земельный баланс крайне напряжен. Между тем требуется все больше площадей для строительства городов, крупных инженерных сооружений, водохранилищ, коммуникаций. Параллельно с урбанизацией прогрессирует потребность в рекреационных и защитных зеленых зонах. Согласно прогнозу потребностей США в естественных ресурсах на 2000 г. площадь под зонами отдыха должна увеличиться в три раза, в то время как площадь пашни предполагается увеличить лишь незначительно (Ландсберг и др., 1965). Однако в ряде других районов, по-видимому, придется изыскивать возможности для расширения сельскохозяйственных земель. Нет надобности доказывать необходимость изъятия отдельных территорий из хозяйственного использования и сохранения в неприкосновенности типичных естественных геосистем.

Все лучшие земли для освоения уже практически используются. Согласно А. М. Рябчикову (1972), они составляют 55% площади суши. Резерв земель, не требующих больших затрат на освоение, тот же автор определяет в 6% от общей площади суши (главным образом пастбища в умеренном и теплом поясах), 24% отнесены к землям, требующим больших средств для освоения (пустыни, болота, крутые склоны, лесотундры, антропогенные пустоши), и 15% — к практически непригодным землям (ледники, субнивальные высокогорья, тундры). В этом перечне отсутствуют леса. По-видимому, автор полностью отнес их к используемым землям, что вряд ли верно. Однако отнести леса к резервным землям для освоения также было бы нецелесообразно, ибо крайне нежелательно расширять другие

функциональные типы использования земель за их счет: леса служат важнейшим регулятором процессов в геосистемах, поставщиком кислорода, не говоря уже о их роли как рекреационного и народнохозяйственного ресурса.

Таким образом, остаются преимущественно «неудобные» земли, каких бы усилий ни стоило их освоение. Наращивание суши за счет океана технически возможно, но вряд ли перспективно в больших масштабах. Притом сокращение водной поверхности неизбежно вызовет ряд нежелательных физико-географических следствий (изменение влаго-, тепло- и газообмена и др.).

Из всего этого ясна однобокость и беспочвенность многочисленных расчетов «емкости» земного шара в отношении численности населения. Западногерманский экономист Ф. Бааде (Baade, 1960) полагает, что  $1/2$  площади земного шара можно использовать для расселения 65 млрд человек с плотностью, соответствующей плотности населения современных больших городов, а другую половину оставить для производства продуктов, для отдыха, туризма и всего остального. Трудно себе представить отдых и туризм при плотности около 1000 чел/км<sup>2</sup> среди сельскохозяйственных угодий и ледников, ибо для лесов уже вряд ли останется место.

Технически можно, конечно, осуществить расселение людей в высоких башнях, городах на плавучих платформах, на дне океана и в глубинах земной коры, но вряд ли мы должны исходить сейчас из подобных полуфантастических и явно фантастических перспектив. Решение надо искать в рациональном использовании земель с учетом их собственных природных качеств и противоречивых интересов общества, и притом не в расчете на беспредельное увеличение населения. Основной вывод из предшествующего обзора заключается, очевидно, в том, что ни одна из ресурсных проблем не может быть решена в отдельности. Все они в целом образуют столь сложный комплекс взаимосвязанных проблем, что их решение требует соответствующего комплексного подхода, учитывающего конечность земного пространства, а также его сложность и разнообразие.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ**

Прогрессирующее загрязнение природной среды и истощение ресурсов дали повод говорить о критическом состоянии отношений между человечеством и природой, об экологическом, энергетическом и сырьевом кризисе. На Западе появилось немало мрачных прогнозов о будущем человечества. «Римский клуб», организованный в 1970 г. для изучения вопроса о состоянии окружающей среды и перспектив предотвращения кризиса, поручил Массачусетскому технологическому институту произ-

вести соответствующие расчеты с помощью ЭВМ. Полученный результат сводится к тому, что если современные тенденции сохранятся, то к 2030 г. население мира достигнет примерно 6 млрд человек, а затем станет катастрофически сокращаться из-за ухудшения экологических условий и истощения жизненных ресурсов и через 20—30 лет уменьшится до 1,5 млрд (Meadows e. a., 1972).

Некоторые чрезмерно пессимистические прогнозы уже опровергнуты. Так, Б. Коммонэр (1974) упоминает Пауля Эрлиха, который в 1970 г. заявил, что в 1972 г. будет поздно что-либо предпринять, чтобы избежать экологической катастрофы. Другие авторы предсказывали катастрофический голод в 1975 и даже в 1971 г. из-за быстрого роста населения в развивающихся странах.

Сам Б. Коммонэр очень осторожен в своих расчетах; он подчеркивает, что для точного прогноза нет необходимых количественных данных и что в результате постепенного количественного накопления изменений в среде могут возникнуть непредвиденные качественные скачки. Этот автор не исключает того, что в индустриальных странах процесс экологической деградации среды через 25—60 лет может стать необратимым.

Е. К. Федоров (1972) допускает, что через 50—70 лет может наступить кризис вследствие истощения приходной части возобновимых ресурсов, а также техногенного изменения климата, если не будет найден механизм регулирования взаимоотношений природы и общества. Однако, как мы увидим, и в оценке причин возможного кризиса, и в поисках путей к его предотвращению существуют принципиально разные подходы.

Многие западные специалисты видят причины экологического кризиса в росте населения и производства и, следовательно, усматривают единственную возможность выхода из него в стабилизации численности населения и уровня потребления природных ресурсов (Forrester, 1971; Meadows e. a., 1972, и др.). Некоторые неомальтузианцы идут еще дальше. Х. Фэрчайлд рассматривает голод как наилучшее средство от перенаселения Земли, а Дж. Харден видит выход в применении атомных бомб для уничтожения «избыточного» населения.

Часто раздаются призывы сократить производство, отказаться от новейшей, «расточительной» в отношении природных ресурсов технологии, от последних достижений науки и техники в области транспорта, быта и т. д. и «вернуться к природе».

Б. Коммонэр (1974), один из наиболее реалистически мыслящих зарубежных специалистов в области проблем, связанных с экологическим кризисом, резко критикует антигуманные концепции Дж. Хардена и ему подобных, а также нереалистический подход Д. Мидоуза и др. Тем не менее он считает целесообразным отказаться от ряда новейших технологических процессов. Особенно важно, по его мнению, исключить применение

различных синтетических материалов и вернуться к использованию натурального сырья. Решение продовольственной проблемы некоторые авторы находят в «отказе от бифштекса и свиного бока» и переходе к вегетарианской пище (Дювиньо и Танг, 1968).

Нельзя, однако, не сказать о противоположной крайности, когда будущее мира связывается с безграничным всемогуществом техники и полным «покорением» природы. Авторам, находящимся во власти безудержно-маниловского преобразовательского пафоса, ничего не стоит растопить ледники, оросить пустыни, распахать 70% суши или застроить половину ее площади городами, повернуть вспять морские течения, «отвоевать» земли у моря и превратить эпигеосферу в «техносферу».

К. М. Малин, например, всерьез допускает, что, когда проблема обеспечения сельского хозяйства водой будет решена «в мировом масштабе» (с помощью переброски вод, использования ледников, опреснения морской воды и т. д.), «все пустыни тропического пояса... превратятся в самую плодородную зону Земли». <sup>25</sup> Тот же автор пишет о регулировании морских течений и «реконструкции рельефа суши»: «В одних местах 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». <sup>26</sup>

И. С. Шкловский (1962) считает возможным прогнозировать величину производства электроэнергии на 2500 лет вперед и определяет ее не более и не менее чем в  $2,58 \cdot 10^{23}$  кВт·ч, а еще через 50 лет, по его мнению, будет производиться  $8,55 \cdot 10^{70}$  кВт·ч, причем к тому времени не только будет исчерпана ядерная энергия водорода Земли и Юпитера, но и предполагается «позанимствовать» ее у Солнца. Первая из названных цифр означает годовое потребление энергии на 1 км<sup>2</sup> земной поверхности, соответствующее производительности 50 000, а вторая — 16,7 триллионов волжских ГЭС. Беспочвенная фантастичность и бессмысленность этих рассуждений вызвали возражения даже у К. М. Малина.

Некоторые авторы возлагают большие надежды на производство синтетической пищи. По-видимому, ей придется играть известную роль в рационе человека, а главным образом — домашних животных. Однако, по свидетельству П. Дювиньо и М. Танга (1968), большинство биологов относит рассуждения о переходе на синтетическую пищу к «области несбыточных снов или утопии». Н. В. Тимофеев-Ресовский (1970) также считает, что это довольно-наивная утопия, и такого не будет.

<sup>25</sup> Малин К. М. Жизненные ресурсы человечества. М., «Наука», 1967, с. 38.

<sup>26</sup> Там же, с. 41.

Допустим даже, что многие фантастические проекты (здесь приведено только несколько случайных примеров) станут реальностью. Но целесообразно ли их осуществление? Для этого надо предварительно ответить по меньшей мере на два основных вопроса: 1) как они скажутся на природной среде, т. е. эпигеосфере и составляющих ее геосистемах, и 2) как они повлияют на самого человека. Разрушение или «возведение» горных хребтов — слишком ответственный эксперимент, чтобы рассуждать о нем, не имея для этого никаких естественнонаучных (физико-географических) предпосылок. И даже синтез пищи для многих миллиардов людей ляжет тяжким «прессом» на природу, потребует огромного количества энергии и невозобновимого сырья, неизбежно будет сопровождаться производством отходов и т. д. Стоит задуматься о социальных, психологических, медико-биологических последствиях подобной «технизации» среды обитания с ее необычайной энергетической насыщенностью, преобладанием искусственных сооружений над природными объектами, искусственной пищей и т. д. Не станет ли в результате сам человек неким «искусственным» объектом?

Наконец, допустим, что какая-то часть предлагаемых технических решений, сколь утопичны они ни были бы, заслуживает внимания. Но всех их объединяет одна общая черта: они рассчитаны на осуществление где-то в отдаленном и туманном будущем. А проблему оптимизации нашего отношения со средой мы должны решать уже сейчас, немедленно, ибо для некоторых стран и районов экологический кризис стал реальностью. Мы не можем ждать, пока пустыни превратятся в цветущие сады или «избыточное население» отправится заселять космос.

Короче говоря, к решению проблемы оптимизации взаимоотношений человечества и его природной среды нужно подходить, стоя «обеими ногами на Земле», исходя из реальных возможностей, а не из туманных, порой фантастических перспектив.

Меры, которые следует для этого предпринять, можно предварительно и с известной условностью разделить на две группы. К первой мы относим то, что представляется как бы самоочевидным, не нуждается в дискуссиях и не требует особых научных разработок или сложных технических решений. Вторая группа включает более сложные, не всегда еще ясные мероприятия, нередко поискового характера, нуждающиеся в серьезном научном обосновании, разработке принципиально новой технологии и т. п.; осуществление их следует планировать на ближайшие 10—20 лет, а может быть и на более длительный срок.

Существенный и быстрый экологический и экономический эффект дало бы, например, повсеместное соблюдение простейших мер по борьбе с эрозией (вопреки здравому смыслу иногда

еще распахивают склоны перпендикулярно горизонталям), с хищническим выловом рыбы, с потерями сырья и продовольственных продуктов, лесными пожарами и т. п.

Несколько лет тому назад центральная печать сообщала, что потери каменного угля при добыче достигают 25%, в недрах остается 50—70% нефти, до 25% полиметаллов. В 1966 г. потери угля в недрах страны составили 155,7 млн т, железной руды — 20,7 млн т.<sup>27</sup> Мы уже не касаемся расточительного сжигания попутных газов на нефтепромыслах и выброса ценнейших сопутствующих элементов в отвалы, — здесь во многом еще «виновата» несовершенная технология.

$\frac{3}{4}$  добываемой в мире древесины теряется в виде неиспользуемых отходов; значительная часть ее сжигается. Лишь немногим более 10% мировой продукции древесины перерабатывается в древесную массу. В 1959 г. 10% мирового урожая зерновых — 85 млн т, которых хватило бы, чтобы прокормить 300 млн человек, — было уничтожено при хранении, а потери урожая на корню от вредителей и болезней могут достигать 20% (Дювиньо и Танг, 1968). К этому следует добавить, что во многих развивающихся странах значительная часть оставшейся доли достается паразитам-гельминтам. Хорошо известны вопиющие факты уничтожения продовольствия при экономических кризисах в капиталистическом мире. В 1934 г. было уничтожено: 1 млн т зерна, 250 тыс. т сахара, 26 тыс. т риса, 25 тыс. т мяса, 40 тыс. т рыбы.

Величайшим расточительством природных ресурсов является их применение в военных целях. По хорошо известным 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 и, в частности, для механизации и химизации сельского хозяйства. Можно понять и постановку такого вопроса: «Как расценивать фантастическое разбазаривание целлюлозы для выпуска никому не нужных газет, если одна газета при тираже 100 тыс. экземпляров за день уничтожает годовой прирост одного-двух гектаров леса?»<sup>28</sup>

Во многом прав и Б. Коммонэр в своих призывах отказаться от производства некоторых синтетических материалов и легковых машин с чрезмерно мощными двигателями. Он убедительно показал, что широкое распространение многих промышленных изделий объясняется не их полезностью, а исключительно интересами монополий. Так, в Англии продажа детергентов прямо пропорциональна расходам на рекламу. Производство синтетических полимеров двойным или даже тройным грузом ложится на окружающую среду: оно требует огромных затрат энергии, воды, кислорода и других материалов; сопро-

<sup>27</sup> «Правда», 1968, 15 янв.

<sup>28</sup> Дювиньо П. и Танг М. Биосфера и место в ней человека. М., «Прогресс», 1968, с. 140.

вождается интенсивным загрязнением среды; после употребления полимеры создают груды неразложимого мусора. «Замена мыла детергентами, — пишет тот же автор, — не сделала нас чище, чем мы были, но окружающую среду она сделала более грязной».<sup>29</sup>

Мода, реклама, ложная «престижность», а главное — капиталистическая сверхприбыль служат существенными причинами расточительства природных ресурсов.

Трудно возразить против рекомендации заменить химические методы борьбы с вредителями биологическими, полностью прекратить использование ртути в пестицидах, фосфора — в бытовой химии и т. д. (Man's impact... , 1970).

Однако осуществление даже самых, казалось бы, простых мер зависит от многих условий. В капиталистических странах оно наталкивается на систему частного предпринимательства и интересы монополистов, в развивающихся странах — на наследие колониализма, экономическую отсталость, низкий культурный уровень населения, предрассудки, религиозные запреты и т. п.

Следовательно, охрана природы и рациональное использование природных ресурсов — не только научная и техническая проблема. Она затрагивает все стороны жизни общества. Поэтому, хотя нас непосредственно интересует научная и прежде всего физико-географическая сторона проблемы, нельзя не остановиться на других ее аспектах, чтобы иметь представление о ее комплексности и лучше определить место физико-географа в ее решении.

Социальные, политические и идеологические аспекты проблемы охраны природы и рационального использования ее ресурсов. 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 острейшую социальную проблему современности и что отношение к природной среде стало сферой соревнования двух социально-экономических систем и объектом острой идеологической борьбы (Защита природной среды, 1972).

Б. Коммонэр, тщательно анализируя причины экологического кризиса, пришел к заключению, что «коренная причина заключается не в том, как люди взаимодействуют с природой, а в том, как они взаимодействуют друг с другом...».<sup>30</sup> Капиталистический способ производства не способен обеспечить правильное взаимоотношение общества с природой, ибо ему присуще противоречие между интересами частных предпринимателей и общества в целом. Любая мера по охране природы

<sup>29</sup> Коммонэр Б. Замыкающийся круг. Л., Гидрометеиздат, 1974, с. 112.

<sup>30</sup> Там же, с. 234.

вызывает целый клубок противоречий и в конечном счете осуществляется за счет трудящихся. Если сократить производство удобрений и пестицидов, — пострадают прежде всего мелкие фермеры, если закрыть предприятия, отравляющие среду, — увеличится безработица. Социалистическая система, по мнению Б. Коммонэра, как и ряда других западных исследователей, имеет важные практические преимущества перед системой свободного предпринимательства уже в силу присущего ей всеобъемлющего планирования народного хозяйства.

При социалистической системе отпадает главное препятствие в деле рационального использования природной среды и ее 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».<sup>31</sup>

Итак, для того чтобы решить проблему оптимизации взаимоотношений между обществом и природной средой, общество должно, говоря словами Е. К. Федорова, «уметь определять и преследовать долговременные цели и иметь перспективу своего развития, должно иметь практическую возможность планирования своей деятельности».<sup>32</sup>

Прогноз развития общества, как известно, дать еще труднее, чем предвидеть изменения в природе. Но мы не должны ждать. Идеологические и социально-экономические различия не должны служить препятствием для международного сотрудничества в области защиты жизненной среды всего человечества, а это сотрудничество «неотделимо от упрочения мира и мирного сосуществования, утверждения коллективной безопасности, решения других международных проблем в интересах народов».<sup>33</sup>

Государственные и междугосударственные законодательные аспекты. Государственные акты, направленные на сохранение тех или иных природных ресурсов, известны с давних времен. На Руси, например, уже с XI в. обращалось внимание на охрану пушных зверей, а при Иване Грозном принимались некоторые меры по охране лесов. Петр I ввел специальные законы, касающиеся охраны лесов, вод и ценных животных.

В первой четверти прошлого века в некоторых странах Европы и в США были изданы законы об охране природы. Во

<sup>31</sup> «Известия», 1972, № 221(17149), 20 сент.

<sup>32</sup> Федоров Е. К. Взаимодействие общества и природы. Л., Гидрометеоиздат, 1972, с. 35.

<sup>33</sup> Защита природной среды. — «Проблемы мира и социализма», 1972, № 6, с. 29.

Франции с 1860 г. вводились специальные законы об облесении и задернении склонов для борьбы с горными потоками. В Англии уже почти сто лет существуют законы об охране воздушного бассейна и вод. Надо сказать, что эффективность этих законов далеко не всегда высокая. В последние годы в связи с резко усилившимся загрязнением среды и истощением природных ресурсов пересматриваются старые законы и вводятся новые. В США, в частности, начиная с 1970 г. Конгресс принял законы о национальной политике в вопросах окружающей среды, об использовании природных ресурсов, контроле над шумом, загрязнением воды и воздуха. Созданы Совет по качеству окружающей среды при президенте и Управление по охране окружающей среды.

Аналогичные мероприятия осуществляются и в других промышленно развитых странах, в частности, в некоторых из них созданы государственные службы или министерства по охране природы и борьбе с загрязнением среды. Принятые меры в ряде случаев уже дали благоприятные результаты (в Лондоне, например, воздух стал чище и почти ликвидирован смог), но до решения главных проблем еще далеко.

Большие государственные мероприятия по охране природы и рациональному использованию ресурсов проводятся в европейских социалистических странах. 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 принятия мер по рациональному использованию и охране природы. В том же году в Польше образован Госкомитет по охране природной среды и т. д.<sup>34</sup>

В Советской России уже «Закон о земле», принятый II Всероссийским съездом Советов 8 ноября 1917 г., согласно которому земля и все природные богатства объявлялись всенародным достоянием, создавал правовую основу для рационального использования и охраны природных ресурсов. В 1918 г. В. И. Ленин подписал «Основной закон о лесах РСФСР», в 1920 г. — декреты об охоте и регулировании рыбного промысла. В те же годы были созданы первые заповедники — Астраханский (1919 г.) и Ильменский (1920 г.).

Вновь внимание к проблемам охраны природы было усилено в конце 50-х годов, когда верховными советами союзных республик стали разрабатываться республиканские законы об охране природы. Впоследствии ЦК КПСС и Совет Министров СССР издали постановления о мерах по охране атмосферы от загрязнения (1963 г.), о защите почв от ветровой и водной эро-

<sup>34</sup> По вопросам состояния природной среды в зарубежных странах и осуществляемых для ее охраны законодательных и других мероприятий имеется ряд печатных изданий на русском языке (Парсон, 1969; Современное состояние природной среды..., 1972; Состояние природной среды..., 1974).

зии (1967 г.). В 1968 г. Верховный Совет СССР принял «Основы земельного законодательства», в 1969 г. — «Основы законодательства о здравоохранении», в 1970 г. — «Основы водного законодательства». Ряд специальных постановлений правительства (1963—1972 гг.) относится к использованию и охране вод отдельных бассейнов — р. Москвы, Обь-Иртышского бассейна, Волги, Дона, Урала, Каспийского моря, Байкала.

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.

В СССР специальные государственные органы по охране природы имеются при министерствах сельского хозяйства, лесного хозяйства, мелиорации и водного хозяйства, геологии, здравоохранения, при Гидрометеослужбе и др.

Советской научной общественностью поднимался вопрос о необходимости общесоюзного законодательства об охране природы и единого государственного органа, который занимался бы проблемами охраны природы, осуществлял контроль за ее правильным использованием, изучал состояние природных ресурсов и разрабатывал меры по их воспроизводству (см., например, Сидоренко, 1967; Константинов и Аксененок, 1971). По мнению географов, этим целям лучше всего отвечало бы создание Географической службы СССР.

Природные процессы, как известно, не подчиняются государственным границам; нередко они имеют глобальный радиус действия. Поэтому в рамках одного государства, даже такого обширного, как Советский Союз, невозможно успешно бороться с отрицательными результатами человеческого воздействия на природу.<sup>35</sup> В тем большей степени это относится к небольшим странам. На международном симпозиуме в Праге (1972 г.) Н. Чаки отметил, что речные воды поступают в Венгрию уже загрязненными, и их защита может осуществляться только в сотрудничестве с другими странами.<sup>36</sup>

Поэтому столь актуальными стали сейчас вопросы международного сотрудничества в области охраны природы. Этим вопросам уделяет внимание ООН. В 1968 г. ЮНЕСКО при ООН провела в Париже межправительственную конференцию экспер-

<sup>35</sup> С начала 50-х годов в США некоторые специалисты и официальные лица самым серьезным образом обсуждали возможность ведения метеорологической войны против СССР путем воздействия на макрометеорологические процессы, с тем, чтобы вызвать засухи, наводнения или даже новый ледниковый период (см. Федоров, 1972, с. 71—72).

<sup>36</sup> Защита природной среды. — «Проблемы мира и социализма», 1972, № 6, с. 29.

тов по научным основам рационального использования и сохранения ресурсов биосферы (см. Ресурсы биосферы на территории СССР, 1971; Использование и охрана природных ресурсов, 1972). В 1972 г. в Стокгольме состоялась конференция ООН по вопросам охраны окружающей среды (социалистические страны отказались принять в ней участие из-за дискриминации, проявленной ее организаторами в отношении ГДР).

СССР заключил ряд межгосударственных соглашений о сотрудничестве в области охраны среды — с США, Финляндией, Швецией, Ираном, Францией. Сотрудничество между социалистическими странами ведется в рамках СЭВ.

С мероприятиями по охране природы связан целый комплекс правовых проблем: разработка государственных и межгосударственных юридических норм, контроль за их выполнением, санкции к нарушителям. Возникают вопросы компенсации за ущерб, причиненный, например, загрязнением вод или воздуха, сооружением плотин и т. п., причем тяжбы могут приобретать и международный характер.

Воспитательные аспекты. Охрана природы в широком смысле слова есть дело не только государственных деятелей, ученых или специального аппарата, но всего общества. Поэтому одна из самых важных задач состоит в том, чтобы воспитать во всех слоях общества правильное, бережное отношение к природе, путем использования всех средств массовой информации и пропаганды (печать, кино, радио, телевидение) и введения обязательного преподавания основ охраны природы в средней и высшей школе. Большой практический эффект мог бы быть получен уже без каких-либо активных действий, если бы каждый член общества только воздержался от нарушения элементарных норм поведения в природе. Существуют и активные массовые формы — деятельность добровольных обществ и кружков, участие в эпитидических мероприятиях по посадке леса, защите птиц и т. п.

Далее мы обратимся к собственно научно-техническим проблемам оптимизации взаимоотношения человека и природы.

Медиико-биологические, социально-психологические, демографические аспекты. Всякий живой организм должен находиться в соответствии («единстве», «гармонии») со средой обитания. Этот закон распространяется и на человеческий организм. Однако, изменяя свою среду, человек нарушает это соответствие и, следовательно, вынужден приспособливаться к новой среде, устанавливать новое равновесие, т. е. непрерывно адаптироваться к изменяющейся среде. В этом состоит основное противоречие во взаимоотношениях между человеком как биологическим видом и средой. В сущности аналогичное противоречие присуще взаимоотношениям всего живого с внешними условиями. Однако есть и принципиальные различия. Растения и животные изменяют среду очень медленно и

либо успевают «попутно» приспособливаться к ней, либо мигрируют или погибают. Техногенные же изменения среды происходят настолько быстро, что они опережают биологическую эволюцию человека, и последнему остается только сознательно «защищаться» с помощью искусственной среды — жилищ, противогазов, медикаментов и т. д. Однако полностью изолировать себя от влияния естественной (измененной) среды человек не может, и здесь возникает вопрос о его способности адаптироваться к резким техногенным изменениям условий местообитания.

Существует, как заметил И. Б. Новик, иллюзия своеобразного пантехнизма: пусть, мол, возрастает уровень радиации на Земле, — это лишь приведет 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 монтируя в трахеи младенцев противогазные фильтры»; пусть автоматизация уменьшает потребность в физическом действии — на смену современному человеку придет «нашпигованное информацией существо с огромной головой и атрофированными конечностями». <sup>37</sup> Автор вовсе не так уж сильно утрирует: доказывали же серьезные ученые-медики на страницах наших авторитетных массовых газет, что близорукость и глухота — это «нормальные» проявления биологической эволюции человека в век научно-технической революции.

Спрашивается: не слишком ли дорогой ценой человек расплачивается за научно-технический прогресс и есть ли смысл в таком прогрессе, при котором человек физически не совершенствуется, а деградирует? И. Б. Новик прав, критикуя подобные «технократические» взгляды на эволюцию человека, — это означало бы признание примата техники по отношению к человеку, и, если бы даже беспредельное приспособление человека к последствиям технического развития было возможно, оно «превратит человека в раба техники, извратит саму сущность человека». <sup>38</sup>

Отсюда возникают важнейшие практические задачи: изучение влияния различных техногенных изменений среды на человеческий организм и пределов адаптируемости человека к этим изменениям, выяснение критических для человека значений параметров среды и предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных примесей, уровня шума, электромагнитных полей и т. д. Все эти проблемы начинают формироваться в особую дисциплину — геогигиену (Введение в геогигиену, 1966). Надо заметить, что современный уровень разработки указанных проблем крайне недостаточен. ПДК часто устанавливаются без серьез-

<sup>37</sup> Новик И. Б. Методологические вопросы оптимизации биосферы. — «Природа», 1972, № 9, с. 6.

<sup>38</sup> Там же, с. 6—7.

ного научного обоснования; в разных странах они различны (в СССР, как правило, нормы жестче, чем на Западе; например, для сернистого газа в атмосфере у нас установлена предельная норма 0,05 мг/м<sup>3</sup>, в ФРГ — 0,75, в США — 4,4). Особенно слабо изучено совместное влияние различных загрязнений, плохо известно кумулятивное действие малых концентраций (ниже ПДК) разных вредных примесей, а также побочное действие некоторых профилактических мероприятий (например, фторирования воды для предупреждения кариеса) и т. д. Существенное значение имеет изучение характера влияния на здоровье человека одних и тех же техногенных факторов в зависимости от физико-географических условий — морфологической структуры ландшафта, миграции химических элементов в его пределах, режима рек и воздушных течений и т. д.

Практически неизученная область — социально-психологические последствия загрязнения и других техногенных изменений природной среды. Огромной важности задача для социально-экономических наук — разработка способов управления стихийным процессом урбанизации. Да и в отношении роста населения в целом вряд ли можно полагаться только на «естественные» рычаги саморегулирования.

Не менее важная проблема — изучение потребностей человека, научно обоснованный прогноз и оптимизация этих потребностей с учетом как целей духовного и физического совершенствования самого человека, так и «интересов» природы.

Экономические аспекты. В борьбе за рациональное использование природных ресурсов и охрану природы существенную роль играют экономические рычаги. Необходима, во-первых, стоимостная оценка как убытков от загрязнения среды, потери ресурсов и т. д. Разумеется, не все потери можно определить и сравнивать с помощью денежных единиц. Б. Коммонэр прав, говоря, что нет такого научного принципа, который позволил бы сделать выбор «между некоторым количеством киловатт-часов электроэнергии и некоторым числом случаев рака щитовидной железы»<sup>39</sup>

Поэтому стоимостные оценки всегда заведомо занижены, они отражают только экономические потери, не охватывая ущерб социальный, моральный, научный, эстетический и мн. др. И тем не менее экономическая сторона дела сама по себе достаточно важна: очень существенно знать, сколько теряет экономика страны от побочных следствий эксплуатации природных ресурсов.

С другой стороны, коренная перестройка технологии и принятие иных мер с целью предотвращения загрязнения воды и воздуха, более полного использования сырья и т. д. требует крупных капиталовложений. В США, например, создание очист-

<sup>39</sup> Коммонэр Б. Замыкающийся круг, с. 142.

ных сооружений на всех промышленных предприятиях обошлось бы в 200 млрд долл., а более коренная перестройка технологии в соответствии с экологическими требованиями, по оценке Б. Коммонэра, потребовала бы 600 млрд долл. (в ценах 1958 г.); если же к этому добавить несколько сот миллиардов долларов на восстановление пораженных секторов экосистем, то нужно будет расходовать по 40 млрд долл. в течение 25 лет. Цифры огромные, но действительная их значимость может быть оценена только в сравнении с окончательным эффектом этих капиталовложений, т. е. с «отдачей». Есть, впрочем, и другие критерии для сравнения: военные расходы США более чем вдвое превосходят цифру, ежегодно требуемую для создания «экологически сбалансированной экономики».

От подобных затрат далеко не всегда можно требовать немедленного эффекта. В США по подсчетам Совета по вопросам качества окружающей среды при Белом доме (1972 г.) при предполагаемых затратах на очистные сооружения в 14 отраслях промышленности в 32 млрд долл. на 1972—1976 гг. себестоимость продукции будет повышаться ежегодно на 2% (в 1969 г. в строительство очистных сооружений в США было вложено 1,7 млрд долл., в 1970 г. — 2,3 млрд). Однако, если не очищать сточные воды и загрязненный воздух сейчас, то в ближайшем будущем, как заметил В. Н. Глухов (1971), создадутся непредвиденные трудности для развития промышленности и придется тратить неизмеримо больше сил и средств на очистку.

В Польше убытки от загрязненных вод, употребляемых в промышленности, достигают 6,2 млрд злотых, что составляет 1,2% национального дохода. При необходимых затратах на охрану национальный доход может быть увеличен на 2,8 млрд злотых (Кутырин и Беличенко, 1971).

Экономические расчеты необходимы для определения возможного эффекта (положительного и отрицательного) любого вторжения в геосистемы, включая разного рода мелиорации, гидротехническое строительство и т. д. В ряде случаев элементарные расчеты приводят к выводу об экономической целесообразности сохранять естественные геосистемы. Например, в некоторых африканских заповедниках биомасса копытных составляет 35 тыс. кг/1 км<sup>2</sup>, тогда как выпас домашнего скота дает всего лишь 3—6 тыс. кг/км<sup>2</sup> (Дорст, 1968).

В американской литературе обсуждаются вопросы экономической рентабельности активного воздействия на климат (стоимость каждого градуса температуры, миллиметра осадков, часа солнечного сияния и т. п.).

Известны выступления в пользу внедрения принципа платного пользования природными ресурсами в условиях социалистической экономики. Для этого необходимо разработать критерии и методы стоимостной оценки ресурсов, прежде всего земельных, а также водных и др. Иначе невозможно утверждать,

например, что открытая добыча угля дешевле, чем подземная. Если тонна угля, добытая первым способом, обошлась в 2 р. 51 к., а вторая — в 11 р., то это еще не значит, что первый способ выгоднее, ибо здесь не учитываются потеря сельскохозяйственных или других угодий, а также стоимость рекультивации карьеров, возможные потери от ухудшения водоснабжения и др.

При разработке планов развития народного хозяйства следует предусматривать не только перспективную потребность в природных ресурсах, но и меры по их воспроизводству, а также учитывать возможный экономический ущерб от их нерационального использования и истощения.

Технологические аспекты. Часто именно в современной технике или технологии, в ее «экологической несостоятельности» видят главную причину экологического кризиса. Но техника — лишь связующее звено между обществом и природой, ибо через ее посредство совершается обмен веществ между этими двумя системами. Техника отнюдь не есть некая автономная, неуправляемая система, поработавшая человека. Сама техническая мощь, как отметил И. Б. Новик (1972), в принципе может быть оптимизирована человеком. Вместо того, чтобы разрушать природный комплекс, техника должна быть направлена на его сохранение и улучшение. С помощью техники человек нарушает равновесие в геосистемах, но с ее помощью он осуществляет их мелиорацию. Технология — ключевое звено в системе мероприятий по оптимизации человеческого воздействия на природу. Однако она нуждается в коренной перестройке; одним из главных критериев рациональной технологии должно быть ее соответствие условию сохранения и улучшения жизненной среды человеческого общества.

В технологических аспектах оптимизации человеческого воздействия на природу следует различать две стороны. Во-первых, можно задать целью ослабить отрицательный эффект современного техногенного воздействия, если его нельзя предотвратить вообще, — путем очистки и разбавления сточных вод, захоронения отходов, использования методов градостроительства, озеленения и т. д. Но это — лишь паллиатив, «пассивная оборона», или, как говорит И. Б. Новик (1972), «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 разносятся на большей площади).

Признавая временную необходимость подобных мер, их нельзя класть в основу генеральной стратегии борьбы с отрицательными следствиями техногенного воздействия на природу. Второй и единственно надежный путь — полное предотвращение отрицательных следствий, т. е. создание такой технологической си-

стемы, которая будет обеспечивать исключение вредных экологических воздействий, а также расточительства в использовании природных ресурсов. Новая технологическая система должна предусматривать оптимальный техногенный круговорот веществ, т. е. не только использовать ресурсы, но и компенсировать их изъятие, обеспечивать их расширенное воспроизводство.

И. В. Комар (1969, 1972) выдвинул понятие о ресурсном цикле, которое охватывает весь процесс техногенного превращения и перемещения вещества — начиная с его извлечения и переработки до выхода готовой продукции и возвращения использованного вещества (и энергии) в природную среду. Всего различается 6 циклов: энергетический, металлорудный, неметаллического ископаемого сырья, лесных ресурсов, земельно-климатических и сельскохозяйственного сырья, дикой фауны и флоры. Вряд ли возможно свести к этим циклам все формы техногенного воздействия на природу (за их пределами остаются, в частности, мелиоративные воздействия, крупные инженерно-технические мероприятия типа переброски вод на дальние расстояния и др.), но все же для анализа техногенного обмена веществ между природой и обществом и поиска путей его оптимизации идея ресурсных циклов, несомненно, полезна.

Здесь нет возможности рассмотреть с достаточной полнотой роль, задачи и перспективы развития технологии в интересующем нас плане, и мы ограничимся лишь кратким перечнем наиболее актуальных технологических проблем.

1. Технология добычи первичных материалов и извлечения полезных элементов:

а) совершенствование способов добычи и предотвращение потерь при добыче, обогащении, транспортировке полезных ископаемых (в частности, химические способы добычи: подземная газификация угля, выщелачивание руд, растворение солей и др.; разработка технологии извлечения элементов, находящихся в рассеянном состоянии в лито- и гидросфере; условно сюда же можно отнести подземное хранение нефти и природного газа);

б) извлечение попутных элементов из руд и «пустых» пород, идущих в отвалы (например, меди и кобальта из железных руд, свинца, цинка, серебра и др. — из медных, многих элементов из свинцово-цинковых руд, серы, редких элементов — из «пустой» породы при добыче угля, попутных газов на нефтепромыслах и т. д.);

в) повторное использование вторичного (главным образом металлического) сырья;

г) увеличение производительности возобновимых ресурсов, прежде всего биологических (сюда в сущности должны быть отнесены агротехнические и другие методы интенсификации сельского хозяйства, а также лесное хозяйство, расширенное

воспроизводство ресурсов дикой фауны, «морское хозяйство»,<sup>40</sup> использование запасов биомассы низших трофических уровней, но решение этих задач выходит за рамки собственно технологии).

Само собой разумеется, что параллельно будет происходить «наращивание запасов» невозобновимых ресурсов в результате открытия новых месторождений.

2. Использование ресурсов (переработка первичных природных материалов):

а) повышение коэффициента полезного использования природных ресурсов, в частности, снижение энергоемкости производства, норм расхода воды на единицу продукции; повышение КПД использования топлива при выработке энергии (сейчас он не превышает  $\frac{1}{4}$ );

б) замена дефицитных ресурсов менее дефицитными (например, производство каменного литья вместо металлических изделий, исключение использования пищевых ресурсов для технических целей), замена невозобновимых ресурсов возобновимыми;

в) оборотное использование воды — исключение сброса сточных вод и их полное повторное вовлечение в производство с извлечением и использованием содержащихся в них отходов (полный оборотный цикл воды уже введен на многих металлургических заводах; на нефтеперерабатывающих заводах уже сейчас можно использовать 93—96% сточных вод);

г) новые типы энергетических устройств, основанных на использовании незагрязняющих среду и возобновимых энергетических ресурсов — солнечной энергии, ветра, приливов, в перспективе — термоядерной энергии (сюда можно отнести и замену автомобилей электромобилями);<sup>41</sup>

д) новая технология получения полезного продукта из сырья, дающая экономию сырья, энергии и сокращение техногенных выбросов (например, восстановление железа и стали из руды, минуя коксохимический, агломерационный и доменный процессы);

е) сокращение выбросов путем улучшения технологии сжигания топлива (включая совершенствование двигателей внутреннего сгорания), улучшения состава топлива путем предварительной очистки его от серы и других примесей, перехода с твердого и жидкого топлива на газ;

---

<sup>40</sup> В Японии разведение рыб, моллюсков, водорослей и др. в прибрежных водах дает 20% доходов морского промысла.

<sup>41</sup> Энергетический кризис заставил форсировать подобные исследования, например, в области освоения энергии Солнца в США, Японии и других странах. В США в августе 1974 г. Конгресс принял законопроект о проведении исследований в области использования солнечной энергии для отопления и охлаждения жилых и коммерческих зданий. В 1974/75 г. на эти цели выделяется 10 млн долл., а в последующие 4 года — еще 50 млн.

ж) развитие эффективного биохимического и микробиологического синтеза (современная промышленность уже может воспроизвести некоторые природные процессы, например синтез витаминов, аминокислот, каучука, однако с крайне малой эффективностью; природный синтез, осуществляемый с помощью ферментов, не требует столь больших затрат энергии, высоких температур и давления и не сопровождается выбросом огромного количества отходов, шумами и т. д.);

з) производство новых синтетических продуктов (полимеров, детергентов и др.), способных разлагаться бактериями.

### 3. Использование промышленной продукции:

а) по возможности замена синтетических материалов (тканей, упаковочных материалов и т. п.) изделиями из натурального сырья;

б) рациональное использование химических удобрений, новые виды удобрений, повышение коэффициента усвоения удобрений растениями;

в) замена пестицидов биологическими методами борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур.

### 4. Утилизация отходов производства:

а) перевод производства на замкнутые циклы, с полной утилизацией продуктов сгорания топлива и промышленных отходов;

б) использование канализационных промышленных и бытовых стоков для орошения сельскохозяйственных земель (преимущественно лугов, пастбищ, технических культур);

в) развитие промышленности по переработке отходов и городских отбросов; сжигание мусора в специальных печах с последующим использованием продуктов разложения в качестве строительного материала; полное исключение сжигания мусора на открытом воздухе;

г) выведение бактерий и водорослей, разлагающих нефтяную пленку в океане, синтетические полимеры и др.

Решение большинства перечисленных проблем практически реально в ближайшее время; для многих из них стадия научно-технической разработки уже пройдена, и задача сводится к тому, чтобы широко внедрить новую технологию в производство.

Результаты внедрения новой технологии в сочетании с другими мерами по охране природы уже начинают давать положительный эффект. В СССР за последние годы многие предприятия оборудованы фильтрами, электроосадителями и другими приспособлениями для улавливания твердых и газообразных выбросов, многие ТЭЦ переведены с твердого и жидкого топлива на газ, ликвидированы мелкие котельные установки, применяется малосернистое топливо; сотни предприятий вынесены из городов, а строительство новых предприятий ведется с учетом природных условий, создаются защитные зеленые зоны и т. д. Для контроля над состоянием воздушного бассейна соз-

дана большая сеть пунктов наблюдения. В результате поступление вредных выбросов в атмосферу значительно сократилось; только в европейской части СССР эмиссия  $\text{SO}_2$  с металлургических заводов уменьшилась с 2,4 млн т в 1964 г. до 1,1 млн т в 1970 г.; воздух городов стал чище: так, в Москве за последние 10—15 лет запыленность и загазованность воздуха уменьшились в 3—4 раза. Одновременно производится утилизация выбросов. До 30% серной кислоты получается за счет двуокиси серы, улавливаемой на заводах цветной металлургии, причем себестоимость ее ниже, чем при обычном производстве. За счет улавливания пыли на цементных заводах производится значительное дополнительное количество цемента.

Принимаются меры по нейтрализации автомобильных выхлопов (запрещено употребление этилированного бензина, разработаны способы замены свинцовых антидетонаторов к бензину менее токсичными карбонилами железа или марганца, устройства для дожигания окиси углерода и др.). Разработаны проекты полной переработки отходов городского хозяйства (в частности, для Ленинграда).

Генеральная схема комплексного использования водных ресурсов СССР предусматривает рациональное распределение стока между различными потребителями, сокращение безвозвратных потерь и загрязнения, увеличение многократного водооборота. С 1961 по 1971 г. многократный водооборот вырос на 30%. В 1971—1973 гг. введено в действие более 5000 комплексов очистных сооружений. В бассейне Волги суда оборудованы системами для выкачки вод, загрязненных в результате работы двигателей; во многих городах имеются береговые пункты по приему с судов бытовых стоков (Беличенко, 1974). Загрязнение Каспийского моря нефтепродуктами уже с 1968 по 1971 г. снизилось в 3 раза.

Естественнонаучные аспекты. В современную эпоху техника достигла такого уровня развития, что стало вполне реальным осуществление крупных инженерно-технических преобразований стока, теплового баланса и других природных процессов, притом не только в локальных, но и макрорегиональных масштабах. Существует ряд проектов «преобразования природы» с помощью инженерно-технических устройств. Правда, они потребуют огромных капиталовложений и затрат энергии, но это не должно служить помехой, если есть уверенность, что осуществление подобных проектов даст ожидаемый эффект с точки зрения улучшения природных условий. Это «если» приобретает роль важнейшего критерия. «Ныне техника настолько ушла вперед, — пишет С. В. Калесник, — что уже не она ограничивает реализацию самых смелых предложений. На первое место выдвигается экономическая целесообразность. К сожалению, определяют ее пока довольно однобоко — в отношении одного-двух аспектов хозяйственной пользы, без достаточного

взвешивания всех географических последствий осуществления проекта и, следовательно, без подлинной всесторонней оценки его эффективности». <sup>42</sup>

Так, существует более 10 вариантов проекта переброски вод сибирских рек в Среднюю Азию, но для окончательного решения недостает исходных данных о природных процессах, и пока еще трудно предвидеть все возможные физико-географические последствия осуществления этого проекта. Есть основания ожидать ухудшения гидрологического режима и климата в Западной Сибири. Американский гидролог А. Нейс предполагает, «что поворот вспять северных рек может вызвать замедление вращения Земли и нарушение циркуляции атмосферы и теплового режима планеты». <sup>43</sup>

Е. К. Федоров (1971) подчеркивает, что основная трудность проблемы активного воздействия на климат состоит не в технической стороне дела и не в энергетических затратах, а в научном обосновании такого воздействия, которое дало бы запланированные изменения; необходим безошибочный прогноз ожидаемых изменений.

Если бы, например, удалось оросить Сахару и все азиатские пустыни, это вызвало бы большой расход тепла на испарение и резкое уменьшение нагрева атмосферы от подстилающей поверхности; отсюда следует ожидать ощутимого нарушения циркуляции атмосферы и переноса влаги в другие районы. Следовательно, чтобы рекомендовать такое преобразование, мы, по словам Б. Л. Дзержевского (1968), должны быть готовы ответить на вопрос: не образуется ли взамен новая пустыня в другом месте?

П. М. Борисов (1970) предлагает перегородить плотиной Берингов пролив и перекачивать воду из Северного Ледовитого океана в Тихий. По мысли автора, это должно усилить приток в Арктику теплых атлантических вод («полярный Гольфстрим»), вызвать таяние льдов и улучшить климат умеренного пояса. Однако имеются опасения, что повышение температуры в высоких широтах снизит интенсивность меридионального переноса воздушных масс и усилит засушливость в средних широтах. Кроме того, неизвестно, какую перестройку ландшафтов вызовет таяние вечной мерзлоты и т. д.

Надо согласиться с мнением о том, что «от воздействий на природу, последствия которых непредсказуемы на данном этапе, лучше воздерживаться». <sup>44</sup> Кстати, цитированный автор резонно ставит вопрос о целесообразности электромобилестроения: никто еще не доказал безвредность для человека насыщения городов

<sup>42</sup> Калесник С. В. Общие географические закономерности Земли. М., «Мысль», 1970, с. 219 (выделено мной. — А. И.).

<sup>43</sup> «Новости ЮНЕСКО», 1969, № 12, с. 7.

<sup>44</sup> Новик И. Б. Методологические вопросы оптимизации биосферы. — «Природа», 1972, № 9, с. 7—8.

Электрическими полями от множества электромобилей, и не исключено, что путь нейтрализации автомобильных выхлопов окажется оптимальнее.

Можно было бы привести еще множество примеров, когда предлагаемые и уже осуществленные технические решения не имеют под собой надежной естественнонаучной основы. Напомним о неожиданных сюрпризах применения удобрений или мелиорации болот (например, в Полесье), предпринятой из наилучших побуждений, но без учета роли болот в «экономии природы», как говорил еще В. В. Докучаев. Неизвестно, как скажется на балансе тепла, влаги, углекислоты и кислорода интенсификация фотосинтеза.

Техника — лишь слепое орудие в руках человека. Чтобы разумно ее направить, нужно предвидеть результаты, в особенности отдаленные последствия. А поскольку речь идет о природе, ее процессах, ответ о результатах воздействия и о его целесообразности могут дать только естественные науки.

Речь идет, таким образом, о создании научной (естественнонаучной) теории оптимизации человеческого воздействия на природу. Именно такая теория должна лежать в основе и выработки правовых норм, относящихся к охране природы, и экономических расчетов, связанных с использованием природных ресурсов, и разработки соответствующих инженерно-технических проектов, и, разумеется, педагогической и культурно-воспитательной работы на поприще охраны природы.

В разработку такой теории, очевидно, должны внести свой вклад многие науки, в частности химия, биология, метеорология и др., однако есть основания считать, что ведущая роль должна принадлежать современной географии, которая лучше других дисциплин способна придать этой теории необходимый комплексный характер.

Основные неудачи попыток нейтрализовать отрицательные последствия воздействия технического прогресса на природу и направить этот прогресс на улучшение жизненной среды человечества надо искать в преобладании отраслевого (ведомственного) подхода к природе как в хозяйственной практике, так и в сфере научных исследований. Географы давно уже это поняли; сейчас об этом стали говорить экологи, постепенно идея о необходимости комплексного подхода проникает в сознание других специалистов.

Б. Коммонэр пишет, что современная технология основана на воздействии на отдельные части экосистемы, а не на экосистему как целое; притом техника решает проблемы еще до того, как мы осознаем последствия воздействия: «... технология при правильном руководстве со стороны науки может быть экологически успешной в том случае, если ее цели имеют в виду всю

систему в целом, а не ее отдельные, доступные ей части». <sup>45</sup> Несколько другими словами эта мысль была высказана В. В. Докучаевым еще 75 лет тому назад. Но, так или иначе, Б. Коммонэр, несомненно, прав, утверждая, что провал технологии идет от фрагментарной природы ее научного фундамента, от научного «редукционизма», ведущего к изоляции отдельных наук друг от друга, к уходу от реального мира.

Б. Коммонэр нигде не говорит о географии; как и большинство западных специалистов, он связывает свои надежды с экологией. К вопросу о взаимоотношениях географии и экологии мы еще вернемся. Здесь отметим лишь, что и на Западе объективный процесс развития взаимодействия человека и природы неизбежно приводит многих ученых к признанию необходимости именно географического подхода. Так, виднейший авторитет в области охраны природы в США Р. Парсон подчеркивает, что дело охраны природы и территориального планирования не может обойтись без географии. «Каждый специалист по охране ресурсов должен получить основательную географическую подготовку, чтобы его дальнейшая деятельность не была ограничена слишком узкими горизонтами». Узкие специалисты, по словам Р. Парсона, «обречены на известную однобокость и пристрастность: лесовод выше всего ставит деревья, агроном — полевые культуры, почвовед — почвы и т. д.». <sup>46</sup> Этот автор считает, что и преподавание охраны ресурсов 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». <sup>47</sup>

О преобладании узковедомственного подхода к природным ресурсам писал министр геологии СССР А. В. Сидоренко, подчеркивая при этом, что «узковедомственный подход к использованию любых природных богатств приводит к хищничеству». <sup>48</sup> По его мнению, настало время оценивать различные регионы страны комплексно, как совокупность взаимосвязанных природных богатств. Необходимо создать специальную государственную службу, которая отвечала бы за правильность использования всех природных ресурсов той или иной территории и за охрану природы.

Развивая эти соображения, А. В. Сидоренко приходит к следующим важным выводам: «Научно обоснованные прогнозы развития природных ресурсов в связи с хозяйственной деятельностью человека, изучение развития физико-географических условий среды существования человечества должны быть подняты до уровня государственных задач...» и далее «География

<sup>45</sup> Коммонэр Б. Замыкающийся круг, с. 135.

<sup>46</sup> Парсон Р. Природа предъявляет счет. М., «Прогресс», 1969, с. 540.

<sup>47</sup> Там же, с. 548.

<sup>48</sup> Сидоренко А. В. Человек, техника, Земля. М., «Недра», 1967, с. 62.

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, как и сама природа, которой занимается география». <sup>49</sup>

Мы ограничимся приведенными выдержками, намеренно не обращаясь к высказываниям самих географов, ибо последних всегда можно упрекнуть в пристрастности.

---

<sup>49</sup> Там же, с. 63—64 (выделено мной. — А. И.).

### ЦЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И СУЩНОСТЬ ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Проблему оптимизации человеческого воздействия на природную среду можно трактовать как охрану природы в самом широком смысле этого слова. Однако в условиях продолжающегося роста населения и дальнейшего научно-технического прогресса цели «охраны природы» не могут отвечать наивному стремлению сохранить, «законсервировать» нетронутую природу везде, где она еще сохранилась. Следует ожидать дальнейшей интенсификации использования природных ресурсов, вовлечения в хозяйственное освоение новых площадей и более глубокого вторжения человека в природные комплексы. Поэтому, как пишет А. В. Сидоренко, «силы науки должны быть направлены не на то, чтобы остановить неприкосновенной природу в условиях непрерывно развивающейся сознательной деятельности человека, а найти такие методы ведения хозяйства, которые учитывали бы природные связи, развивали и направляли природные равновесия в сторону либо минимальных вредных последствий, либо приводили к улучшению природного потенциала».<sup>1</sup>

И. П. Герасимов (1969б) справедливо подчеркивает, что охрана природы неотделима от ее преобразования и рационального использования ресурсов. Такой же подход развивают и некоторые зарубежные специалисты (см., например, Парсон, 1969, Бауэр и Вайничке, 1971).

Таким образом, оптимизация воздействия общества на окружающую природу предполагает: 1) рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, 2) мелиорацию (улучшение) природной среды и 3) собственно ее охрану. Охрана не ограничивается чисто запретительными мерами, направленными на сохранение тех или иных природных объектов (от отдельных видов, популяций и даже особей растений и животных до целых ландшафтов). Она должна охватывать весь комплекс научно

<sup>1</sup> Сидоренко А. В. Человек, техника, Земля. М., «Недра», 1967, с. 62.

обоснованных мероприятий по предотвращению нарушения естественных связей в геосистемах в процессе их эксплуатации.

Оптимизация человеческого воздействия на природу в научном плане представляет собой особую междисциплинарную область исследований. Существуют, правда, попытки выделить весь комплекс относящихся сюда проблем в особую науку, которую иногда называют «природопользованием» (Ефремов, 1968). Не предпринимая ответа на вопрос о возможности самостоятельной науки, заметим лишь, что термин «природопользование» вряд ли удачен в силу присущего ему утилитарного оттенка; он подчеркивает лишь пассивную сторону отношения человека к природе и не отражает его конструктивных элементов.

С другой стороны, следует с большой осторожностью относиться к выражению «преобразование природы», которое отдает своего рода лихачеством. Надо сказать, что в современной науке существует технократический взгляд на будущее устройство среды жизни человеческого общества, — взгляд диаметрально противоположный стремлению полностью «законсервировать» природу, но, по-видимому, столь же утопический.

Некоторые авторы пишут о «создании новой географической среды» (Доскач, 1968), о «глобальной реконструкции природной среды» (Грин, 1968) и т. д. М. Н. Руткевич и С. С. Шварц (1971) полагают, что взаимодействие общества и биосферы постепенно превращается в управление сначала отдельными элементами последней, а затем ее частями и, наконец, «всей биосферой в планетарном масштабе».

Обычно «новая среда» (или «новая биосфера») мыслится как некая глобальная природно-техническая система. Г. Ф. Хильми пишет: «Наступит время, когда созданная человеком природа и технические устройства, воздействующие на нее, сольются в единую цельную систему. Начав с преобразования природы, человек вынужден будет, в конце концов, создать принципиально новую биосферу, состоящую из физической среды, населяющих ее организмов и включенных в природу технических устройств, контролирующих физическую среду и в значительной мере ее создающих». <sup>2</sup> Этот автор полагает, что уже «в ближайшие десятилетия будут найдены весьма эффективные способы преобразования биосферы, и к концу нашего столетия человечество будет управлять биосферой если не в планетарном масштабе, то в масштабе континентов». <sup>3</sup> В конечном счете «в недалеком будущем поверхность Земли, атмосфера, гидросфера будут настолько насыщены техникой и крупномасштабными сооружениями, созданными по воле человека, что внешние оболочки Земли станут новым объектом действи-

<sup>2</sup> Хильми Г. Ф. Философские вопросы проблемы преобразования природы. — В кн.: Взаимодействие наук при изучении Земли. М., «Наука», 1964, с. 56—57.

<sup>3</sup> Там же, с. 57.

тельности и будут развиваться по своеобразным, еще неизвестным нам законам». <sup>4</sup>

И. П. Герасимов также считает, что с помощью технических сооружений и устройств будут созданы новые структуры географической среды. «В этих структурах коренные элементы будут сохранены лишь частично, в значительной мере они будут преобразованы и дополнены новыми, чисто техническими элементами, органически соединены с другими в единое целое. Вряд ли будет достаточно сохранить за такими структурами среды понятие «природных комплексов (ландшафтов), преобразованных человеком». Правильнее их рассматривать как совершенно новые структуры природно-технического характера». <sup>5</sup> Создание таких структур должно быть, по И. П. Герасимову, основной задачей ландшафтоведения.

Приведенные рассуждения вызывают немало вопросов и возражений.

1. Прежде всего следует задуматься над целью и смыслом подобной «технизации» природной среды. И. П. Герасимов видит эту цель в «планомерном прогрессивном повышении общей производительности природной среды». <sup>6</sup> У Г. Ф. Хильми она формулируется в более конкретной и узкой форме; он видит ее в том, чтобы обеспечить «усиленный приток превратимой энергии биогенного происхождения из природы в общество». <sup>7</sup> Проще говоря, задача сводится к тому, чтобы получить как можно больше пищи для человечества.

Здесь мы сталкиваемся с несомненно ограниченной трактовкой целей «преобразования природы». М. М. Камшилов (1969) прав, возражая тем авторам, которые видят «рай» на Земле в том, чтобы превратить ее поверхность в сплошную пашню, способную прокормить 100 млрд человек. Кстати, он справедливо заметил, что это означало бы превращение биосферы в малокомпонентную, а следовательно, чрезвычайно неустойчивую систему. Н. В. Тимофеев-Ресовский (1970) подчеркивает, что основное назначение биосферы (как совокупности организмов) не в том, чтобы снабжать человечество пищей, как еще часто думают, а в поддержании равновесия на Земле (включая газовый состав атмосферы, нормальный состав природных вод и т. д.).

Далее, нельзя не напомнить о значении естественной среды в развитии эстетических и вообще духовных потребностей человека, роль которых возрастет по мере того, как будут полнее удовлетворяться его «первичные» биологические потребности. Об этом хорошо сказано у Д. Л. Арманда (1966). Р. Дюбос

<sup>4</sup> Там же, с. 58.

<sup>5</sup> Герасимов И. П. Преобразование природы и развитие географической науки в СССР. М., «Знание», 1967, с. 94.

<sup>6</sup> Там же, с. 94.

<sup>7</sup> Хильми Г. Ф. Цит. соч., с. 61.

пишет: «Часто предполагается, что прогресс зависит от способности человека покорять природу. В действительности же человечество испытывает биологические и эмоциональные потребности, которые требуют не покорения природы, а скорее гармоничного сотрудничества с ее силами».<sup>8</sup>

Но если так, то оправдана ли линия на предельное насыщение среды человечества техническими устройствами? Да и с точки зрения обеспечения человечества продовольствием необходимость подобной «технизации» среды уже в ближайшие 2—3 десятилетия не обоснована никакими расчетами.

2. Нельзя не заметить, что перспективы, обрисованные Г. Ф. Хильми, представляются крайне туманными. Разговоры о неких «технических устройствах», «крупномасштабных сооружениях» и т. п. не имеют под собой никаких реальных технических расчетов. Притом его утверждение о том, что уже к концу нынешнего столетия человечество будет «управлять биосферой», находится в противоречии с признанием, что современная наука еще не готова к проектированию «более совершенной природы».

Поскольку речь идет о биосфере, надо заметить, что мы еще слишком мало о ней знаем и «не можем раз и навсегда безошибочно спроектировать будущую идеальную природу».<sup>9</sup>

Тем менее обоснованы рассуждения тех авторов, которые готовы распространить «социально организующий охват природы» чуть ли не на весь космос (Трусов, 1968).<sup>10</sup>

3. Трудно согласиться с мнением, будто земные оболочки, насыщенные «техникой и крупномасштабными сооружениями», станут развиваться по каким-то неведомым законам. Здесь Г. Ф. Хильми также сам себе противоречит, так как далее в своей статье развивает мысль о том, что преобразование природы не меняет физических и других законов и на этих законах основывается. М. Ф. Грин (1968) безусловно прав, критикуя ложное представление, будто в некоей «запрограммированной» географической среде законы природы будут другими, чем в существующей.

4. Природу нельзя рассматривать как «некую аморфную глину, из которой человек может лепить что и как ему захочется...», «как бы ни возрастала мощь науки и техники, мощь человеческого разума, всегда в бесконечном мире останется нечто непознанное, всегда будут происходить такие процессы,

<sup>8</sup> Дюбос Р. Человек и его экосистемы. — В кн.: Биосфера и ее ресурсы. М., «Наука», 1971, с. 79.

<sup>9</sup> Камшилов М. М. Человек и живая природа. — «Природа», 1969, № 3, с. 34.

<sup>10</sup> Чрезвычайно модным стало сейчас говорить о «сфере разума» — ноосфере. Однако следует согласиться с Ф. Я. Шипуновым (1968), что говорить о ноосфере по меньшей мере преждевременно: стихийное воздействие человека на ландшафтную сферу с разрушением естественных ресурсов, загрязнением атмосферы и гидросферы и т. д. никак не вяжется с этим понятием.

которые даже будучи познанными человеком, останутся вне его практической власти, вне возможностей его технического воздействия». <sup>11</sup> Отсюда следуют определенные ограничения в возможностях оптимизации природной среды. Напомним, что человеку не удастся воспроизвести многие природные процессы и материалы, эффективность которых на много превосходит технологические процессы и синтетические вещества (биохимические реакции, осуществляемые с помощью ферментов, или, например, крыло птицы, в котором сочетаются легкость, прочность, «летучесть», эстетичность и т. д.). Природные продукты и материалы (пища, краски, волокно и т. п.), как правило, лучше, полезнее (или безвреднее), чем их искусственные аналоги. Поэтому правы авторы, призывающие «очень осторожно относиться к различным модным, звучащим революционно, проектам «реконструкции природы», «планирования природы» и т. д.» и требующие установить границу, «за которую человек не должен заходить в своем наступлении на живую (и не только на живую. — А. И.) природу». <sup>12</sup>

5. Если обратиться теперь к сфере интересов географической науки, то следует сказать, что идеи «пантехницизма» не находят здесь подходящей питательной почвы. Можно полностью согласиться с возражениями Ф. Я. Шипунова против «выдвигаемой некоторыми учеными идеи о неизбежной перестройке ландшафтной сферы в «техносферу», «биотехносферу» ...» и т. п. <sup>13</sup> Этот автор справедливо видит нашу задачу в том, чтобы сохранить все основные особенности современной ландшафтной сферы.

И. М. Забелин (1963) считает, что традиционное представление о материках как распаханых и засеянных вряд ли правильно, скорее всего они будут заняты массивами лесов и парков (за счет интенсификации сельского хозяйства и его «смещения» с суши на море).

По мнению В. Б. Сочавы, «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 законов природных систем». <sup>14</sup>

Интересы географа должны быть связаны не столько с насыщением ландшафта техникой, сколько с ограничением ее от-

<sup>11</sup> Новик И. Б. Методологические вопросы оптимизации биосферы. — «Природа», 1972, № 9, с. 6.

<sup>12</sup> Камшилов М. М. Человек и живая природа. — «Природа», 1969, № 3, с. 33—34.

<sup>13</sup> Шипунов Ф. Я. Опасная болезнь ландшафтной сферы. — «Природа», 1968, № 10, с. 13.

<sup>14</sup> Сочава В. Б. Структурно-динамическое ландшафтоведение и географические проблемы будущего. — Докл. Ин-та, геогр. Сибири и Дальн. Востока, 1967, № 16, с. 27.

рицательного влияния на природу. Л. Бауэр и Х. Вайничке обращают внимание на необходимость защиты ландшафта от повреждающих его чрезмерных хозяйственных нагрузок. «В пределах допустимого, — пишут они, — 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».<sup>15</sup>

Как бы ни был ландшафт насыщен техникой, он остается природной системой и развивается по природным законам. К тому же его природные элементы, а не технические, продолжают быть источником существования человечества. Поэтому есть все основания утверждать, что не природно-техногенные системы, а ландшафты останутся объектами ландшафтного исследования — как фундаментального, так и прикладного.

Переходя к ландшафтно-географическим основам оптимизации человеческого воздействия на природу, необходимо прежде всего уточнить объект этого воздействия, точнее — объект исследования в целях охраны, использования и преобразования. «Природа» в данном контексте — понятие слишком всеобъемлющее и неопределенное. Еще менее определено широко распространенное выражение «окружающая среда». Наиболее точным эквивалентом той части природы, с которой общество непосредственно взаимодействует, могла бы служить географическая среда (Калесник, 1968). Однако содержание этого понятия до сих пор является предметом дискуссий, и его использование в исследованиях по охране и оптимизации природы вряд ли перспективно.

В последнее время в научном обиходе очень широко используются понятия «биосфера» и «экосистема», иногда также «экосфера». Не оспаривая их значения в связи с проблемой охраны природы в широком смысле слова, заметим лишь, что все они отражают лишь частный, экологический подход к проблеме. Комплексный же подход может быть осуществлен лишь в том случае, если в качестве объектов человеческого воздействия и охраны (а следовательно, и изучения) будут рассматриваться природные территориальные комплексы (геокомплексы, геосистемы) разных уровней. В этом состоит исходная позиция ландшафтно-географического подхода к рассматриваемой проблеме.

Здесь необходимо остановиться на различиях и взаимоотношениях ландшафтно-географического и экологического подходов. Решение проблем охраны природы все чаще ассоциируется с экологией. Роль этой науки здесь действительно существенна. Тем не менее экология подходит к проблемам среды с более

<sup>15</sup> Бауэр Л., Вайничке Х. Забота о ландшафте и охрана природы, М., «Прогресс», 1971, с. 210—211.

узких, чем география, позиций. Специфика экологического подхода состоит в его биоцентричности. Приведем несколько современных определений экологии. «Экология выясняет, каким образом и в какой степени каждое живое существо зависит от абиотических факторов среды, в которой оно обитает». <sup>16</sup> «Экология может быть названа наукой о структуре живой природы на Земле, о структуре биосферы». <sup>17</sup> «Экология — наука о взаимодействии живых организмов с окружающей средой, в которой они обитают. . .». <sup>18</sup> Эти определения не вполне совпадают, но общее в них — биоцентричность. Абиотическая среда рассматривается лишь постольку, поскольку она влияет на жизнь организмов.

Центральное понятие экологии — экосистема. Понятие это не имеет четкого определения и характеризуется, по выражению Е. М. Лавренко (1971), безразмерностью, т. е. неопределенным объемом (капля воды, древесный пень, лесная ассоциация, океан). Формально экосистема охватывает организмы или сообщества вместе с их средой, но практически при изучении экосистем изучаются лишь те связи и процессы, которые имеют отношение к организмам. Согласно В. А. Ковде, «участки территорий или акваторий, выделяемые на основе общности трофической среды (совокупности трофических цепей) организмов, называются экосистемами». <sup>19</sup> В этом определении абиотические компоненты и вовсе отсутствуют, а все взаимосвязи сведены к трофическим отношениям. Даже при самом широком (комплексном) толковании экосистему только с определенными оговорками можно рассматривать как некоторый неполный эквивалент геосистемы. Соответственно биосфера (как планетарная экосистема) — понятие более узкое, чем эпигеосфера (ландшафтная сфера); они близки или даже тождественны по своим пространственным пределам, но не по содержанию: биосфера — понятие частное, играющее роль subsystemы по отношению к эпигеосфере.

К экологии очень близка биогеоценология; задачи этих наук в сущности совпадают. Биогеоценоз — экосистема опеределенного уровня (очерченная границами одного фитоценоза). Биогеоценологические исследования имеют преимущественно эколого-биологическое содержание, как это следует, в частности, из обзора в статье Е. М. Лавренко (1971). На практике содержание биогеоценоза часто сводится только к его биотической части, т. е. к биоценозу. Согласно Е. М. Лавренко, основные

<sup>16</sup> Дювиньо П. и Танг М. Биосфера и место в ней человека. М., «Прогресс», 1968, с. 13.

<sup>17</sup> Руткевич М. Н., Шварц С. С. Философские проблемы управления биосферой. — «Вопросы философии», 1971, № 10, с. 63.

<sup>18</sup> Коммонэр Б. Замыкающийся круг. Л., Гидрометеиздат, 1974, с. 218.

<sup>19</sup> Ковда В. А. Биосфера и человечество. — В кн.: Биосфера и ее ресурсы, с. 15.

задачи биогеоценологии состоят в изучении структуры биогеоценозов, трофических связей организмов, обменных процессов, биологической продуктивности.

Таким образом, экологический и биогеоценологический подходы к исследованию природы охватывают лишь одно звено внутренних связей в геосистеме, хотя, надо признать, звено важное и, быть может, даже самое важное. Исследование экосистем предусматривает выяснение биогенного круговорота веществ и преобразования солнечной энергии, тогда как изучение геосистем требует анализа двух «первичных» потоков энергии (солнечной и внутриземной) и многообразных процессов функционирования этих систем — от гравитационного перемещения материала до биогенного круговорота веществ, со всеми их географическими следствиями.

Заметим, что русской географии принадлежит бесспорный приоритет перед экологией в деле широкой комплексной постановки вопроса об изучении взаимосвязей между природными компонентами земной поверхности и в разработке научных основ рационального использования и преобразования природных комплексов. Понятие об экосистеме появилось только в 1935 г., т. е. намного позже того времени, когда в географии была сформулирована идея географического ландшафта, и спустя десятилетие после начала полевых ландшафтных съемок и появления ландшафтных карт.

Приходится, однако, признать, что сейчас и в широких кругах общественности, и у специалистов-негеографов роль географии в разработке проблем, о которых здесь идет речь, не находит должного понимания. По свидетельству И. П. Герасимова (1969а), на Международной конференции по научным основам рационального использования и сохранения ресурсов биосферы (Париж, 1968 г.), где присутствовали в основном биологи, идея «о ведущей роли географической науки в разработке наиболее жгучих проблем биосферы» не встретила поддержки. География даже не упоминается в материалах этой конференции (Использование и охрана природных ресурсов, 1972).

Причины такой парадоксальной ситуации вполне объяснимы, но здесь не место подробно их рассматривать (см. Исаченко, 1974б). Отметим только, что в значительной мере ответственность несут сами географы, которые не проявляют должной активности в развитии соответствующих исследований, на что указывает и И. П. Герасимов (1969а).

Считая необходимым четко различать функции экологии и географии, мы не должны видеть в них противоборствующих конкурентов. Напротив, надо подчеркнуть, что у этих наук очень много точек соприкосновения, и нередко их задачи трудно разграничить. Тем важнее уточнить функции ландшафтоведения в решении комплекса проблем, связанных с взаимоотношениями человека и природы.

Важно избежать как недооценки, так и переоценки роли ландшафтоведения. При всем его значении оно, очевидно, не вправе претендовать на некую монополию. В проблеме «человек—среда», если даже ограничиться только ее естественнонаучным содержанием, могут быть и существуют свои частные аспекты — биологические, экологические, метеорологические и т. д. Дело, однако, в том, что они недостаточны и должны объединяться на основе общей комплексной концепции, которая может быть только ландшафтно-географической. Это значит прежде всего то, что, как мы уже отметили, в качестве объектов нашего изучения должны выступать природные географические комплексы, или геосистемы.

Так, проблема загрязнения атмосферы в естественнонаучном плане оказывается отнюдь не чисто метеорологической. Загрязнение воздуха — лишь начало сложной цепи нарушений, охватывающих воды, почвы, льды и биоту, т. е. геосистему как целое. Атмосфера в данном случае играет роль только входа в эту систему. Проблему охраны почв невозможно решить методами почвоведения, поскольку она связана с регулированием и преобразованием стока, растительного покрова, геоморфологических процессов, т. е. опять же всего географического комплекса.

Функция ландшафтоведа состоит, следовательно, не в том, чтобы охватить все проблемы и подменить всех специалистов, а в том, чтобы объединить их на основе синтетического подхода.

С другой стороны, ландшафтно-географический подход имеет свой «потолок», за пределы которого выходить было бы неразумно.

Известно, что окружающая среда включает как природные элементы, в том числе измененные человеком, что в совокупности и образует географическую среду (Калесник, 1968), так и новые объекты, созданные людьми, т. е. искусственную среду. Жизнь каждого человека протекает в значительной своей части в искусственной среде (жилые помещения, цеха заводов, аудитории, вагоны трамвая, метро и поездов и т. д.). Однако это не может служить аргументом для того, чтобы географ-ландшафтовед включал в орбиту своих исследований всю искусственную среду обитания человека. Если среду можно улучшить с помощью отопления, двойных оконных рам, форточки, пылесоса или таблички «здесь не курят», то это не та «среда», с которой имеет дело ландшафтовед как представитель естественных наук.

Что касается охраны и улучшения собственно природной, т. е. географической, среды, то и в этой области, разумеется, не все имеет отношение к ландшафтоведению. Нельзя признать целесообразным вторжение ландшафтоведа в несвойственные ему сферы, например, когда он берется за оценку экономической эффективности предлагаемых мелиоративных, природоохранительных и других мероприятий. Точно так же к его компетен-

ции не относятся чисто технологические вопросы, вроде расчета высоты дымовых труб, борьбы с городским шумом и т. п., или такие проблемы, которые может лучше разрешить биолог либо представитель других естественных наук (например, охрана редких растений, исчезающих животных и т. п.).

Географ-ландшафтовед не может претендовать на то, чтобы охватить в полной мере обе стороны взаимодействия природы и общества. Его прямая задача состоит в том, чтобы познать механизм воздействия человека на природу, а точнее и конкретнее — на природные комплексы (геосистемы). Что касается воздействия природного комплекса на инженерные сооружения, здоровье человека или продуктивность сельского хозяйства, то в этом обязаны разбираться инженеры, врачи и агрономы. Для этого они должны иметь соответствующую географическую подготовку. Географ же обязан помочь им путем всестороннего изучения и оценки геосистем, в свою очередь используя знания, добытые инженерами, врачами или агрономами.

Для определения конструктивных задач ландшафтоведения существенное значение имеет наличие в природе иерархии геосистем. Все исследования по оптимизации человеческого воздействия на географическую среду должны проводиться с учетом специфики геосистем разных уровней. Системы локального (топологического, морфологического) уровня, небольшие по размерам и относительно простые по своей структуре, неустойчивы к человеческому воздействию и могут быть подвергнуты радикальному преобразованию или даже замещены «новыми» геосистемами (что происходит, например, при открытых горных разработках). Геосистемы регионального уровня значительно более устойчивы и сохраняют свои существенные природные свойства даже при самом интенсивном техногенном воздействии. Наконец, планетарная геосистема — эпигеосфера (ландшафтная оболочка) — отличается наиболее сложной структурой и, по-видимому, наибольшей устойчивостью.

Континуальность эпигеосферы, наличие всеохватывающих «горизонтальных» географических взаимосвязей в ее пределах (они проявляются в переносе воздушных масс, процессах стока, миграциях организмов и т. д.) определяют то, что любое локальное вмешательство может выйти за пределы «своего» ареала и приобрести более широкий радиус действия. Кумулятивный эффект локальных воздействий (вырубки леса, промышленных выбросов в атмосферу и т. п.) в конечном счете приобретает региональное и даже планетарное значение.

В сферу ландшафтоведения, строго говоря, не входит изучение планетарных географических процессов, и в дальнейшем мы не будем касаться проектов, рассчитанных сразу на получение эффекта в планетарном масштабе, например возможности воздействия на климаты Земли путем увеличения концентрации

аэрозоля в атмосфере (Будыко и др., 1974). В центре нашего внимания будут геосистемы регионального и локального ранга, а в наибольшей степени — собственно ландшафт как узловую единицу во всей иерархии геосистем (Исаченко, 1965). Это, однако, не значит, что ландшафтоведение полностью «открещивается» от глобальных проблем. Напротив, ключ к решению таких проблем надо видеть не в проблематичной и рискованной возможности «сразу» перестроить глобальные или макрорегиональные географические процессы, а в постепенном накоплении действий «на местах», т. е. в отдельных ландшафтах. Этот путь и реальнее, и надежнее, поскольку мы еще не в состоянии предвидеть все последствия предлагаемых макрорегиональных или глобальных экспериментов.

Дискретность отдельных ландшафтов, находящаяся в диалектическом единстве с континуальностью эпигеосферы в целом, позволяет до известной степени локализовать вмешательство в природные процессы, т. е. ограничить радиус его действия в пространстве (а также и во времени) в тех случаях, когда это необходимо или нет уверенности в положительном резонансе этого вмешательства на сопредельных территориях. Хотя ландшафты по своей природе — системы открытые, потоки вещества и энергии на «выходах» из них могут в определенных пределах регулироваться на основе изучения сопряженности ландшафтов, т. е. горизонтальных географических связей.

Итак, основным объектом прикладного ландшафтоведения, так же как и теоретического, служит собственно ландшафт, и проблему оптимизации географической среды с точки зрения ландшафтоведа можно определить как разработку научных основ формирования культурных ландшафтов.<sup>20</sup>

#### ПОНЯТИЕ О КУЛЬТУРНОМ ЛАНДШАФТЕ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Термин «культурный ландшафт» мы встречаем уже в трудах классиков ландшафтоведения — Л. С. Берга, С. С. Неуструева и др. Но несмотря на то, что история этого понятия насчитывает несколько десятилетий, до сих пор оно остается неопределенным. Среди многочисленных попыток разобраться в сущности культурного ландшафта надо отметить работы Ю. Г. Саушкина (1946, 1951). Он определил культурный ландшафт как «всякий природный ландшафт, в котором взаимные связи элементов природной среды изменены человеческой деятельностью».<sup>21</sup> Такая трактовка культурного ландшафта представляется спорной. По Ю. Г. Саушкину, достаточно любого, даже

<sup>20</sup> Близкую постановку вопроса мы находим у Л. Бауэра и Х. Вайничке (1971).

<sup>21</sup> Саушкин Ю. Г. Культурный ландшафт. — «Вопросы географии», 1946, № 1, с. 97.

слабого нарушения естественного ландшафта, чтобы получился ландшафт «культурный». При таком толковании трудно найти грань между этими двумя понятиями и придется признать, что «на земной суше сравнительно мало областей, которые бы не подходили под понятие культурных ландшафтов».<sup>22</sup> Здесь не учитывается ни степень человеческого воздействия, ни его характер (стихийное или целенаправленное). В самом деле, логично ли считать «культурными» такие ландшафты, в которых «люди совершенно разрушили связи природных комплексов»,<sup>23</sup> скажем, эрозионный бедленд или территорию, сплошь изрытую карьерами?

Впоследствии Ю. Г. Саушкин попытался несколько сузить и уточнить свое определение путем оговорки, что культурный ландшафт приобретает «новые, качественно иные, особенности по сравнению с прежним, естественным своим состоянием».<sup>24</sup> Однако эти качественно иные особенности культурного ландшафта остались нераскрытыми.

В последние годы Ф. Н. Мильков развивает представление об «антропогенных ландшафтах». В сущности в идеях этого автора мало оригинального, в значительной мере они повторяют соображения Ю. Г. Саушкина (который также употреблял термин «антропогенный» в качестве синонима «культурного»), а в некоторых отношениях представляют шаг назад. Под «антропогенными ландшафтами» подразумеваются «как заново созданные человеком ландшафты, так и все те природные комплексы, в которых коренному изменению (перестройке) под влиянием человека подвергся любой из их компонентов, в том числе растительность с животным миром».<sup>25</sup> Примерами антропогенных ландшафтов, по Ф. Н. Милькову, могут служить курганы, вырубки, вторичные березняки, огороды, «дорожные», «городские ландшафты» (с подразделением на малозэтажные и многоэтажные), скотопрогоны и многое др.

Концепция Ф. Н. Милькова содержит много противоречий и спорных моментов. Их разбор занял бы слишком много места, поэтому мы сошлемся на другие работы, где дается их критика (Исаченко, 1974а, в), а здесь кратко отметим лишь наиболее существенное.

1. Смешение естественнонаучного понятия «ландшафт» с продуктами человеческого труда. Противоречие состоит в том, что если, как утверждает Ф. Н. Мильков, «антропогенный ландшафт» в любом случае остается природным комплексом, то причем здесь, например, «ландшафт малозэтажной застройки», «селитебный ландшафт» и т. п. В действительности

<sup>22</sup> Там же

<sup>23</sup> Там же, с. 99.

<sup>24</sup> Саушкин Ю. Г. К изучению ландшафтов СССР, измененных в процессе производства. — «Вопросы географии», 1951, № 24, с. 289.

<sup>25</sup> Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. М., «Мысль», 1973, с. 25.

«антропогенные ландшафты» Ф. Н. Милькова, а также А. М. Рябчикова (1972) и некоторых других авторов есть не что иное, как: а) инженерные сооружения и их комплексы и б) типы использования земель (угодья). Те и другие следует рассматривать как новые (антропогенные или техногенные) элементы ландшафта, но вовсе не как самостоятельные ландшафты.

2. Противопоставление искусственно созданных объектов естественному ландшафту. «Антропогенные ландшафты» рассматриваются в отрыве от природной основы, как нечто исключаящее естественный геокомплекс, как будто последний уже перестал существовать и влиять на использование территории с появлением огородов, скотопрогонов или малоэтажной застройки. Это особенно наглядно отражено на ландшафтных картах Ф. Н. Милькова и его сотрудников (см. Мильков, 1973), где показаны пашни, сады, карьеры, населенные пункты, а первичные природные комплексы не изображаются (их изучение Ф. Н. Мильков относит к палеогеографии).

3. Игнорирование иерархии геосистем, т. е. качественных различий в уровне организации природных территориальных комплексов разных порядков. Отсюда явная несоразмерность таких объектов, как земляной вал, пруд, городской сквер, с одной стороны, и ландшафт в строго научном понимании этого термина — с другой. Логически при таком подходе понятие «ландшафт» теряет всякие границы, и любой техногенный объект (например, дорога, груда мусора на обочине этой дороги и т. п.) можно объявить «ландшафтом» (антропогенным).

4. Идея «равнозначности всех компонентов» ландшафта, из которой вытекает глубокое заблуждение, будто изменение любого компонента природного комплекса, например животного мира, вызывает «автоматически» и «немедленно» перестройку всего комплекса и превращение его в «антропогенный ландшафт» (Мильков, 1973). К этому вопросу мы еще вернемся впоследствии.

5. Поверхностный подход к изучению «антропогенных ландшафтов». Задачи «антропогенного ландшафтоведения» сводятся главным образом к выявлению, картированию, описанию объектов, примеры которых приводились выше. Классификация их строится по внешним признакам, без анализа сложного «механизма» взаимодействия техногенных объектов с природным комплексом. «Антропогенно-ландшафтный прогноз» сводится опять же к выявлению различных народнохозяйственных объектов (рудников, железных дорог и т. п.), а вовсе не к прогнозированию тех изменений, которые произойдут в природных ландшафтах в результате предполагаемого человеческого воздействия (Мильков, 1973). «Антропогенное ландшафтоведение» не содержит в себе конструктивных элементов.

Из приведенного краткого обзора неизбежно следует вывод о том, что разделение ландшафтов на «естественные» и «культурные», или «антропогенные», а тем более их противопоставление слишком грубо и даже ошибочно. При таком противопоставлении «культурные», или «антропогенные», ландшафты как бы исключаются из сферы действия естественных закономерностей. Вместе с тем при этом не отражается многообразие форм, «степеней» и «градаций» природных комплексов, измененных человеком. Поэтому правильнее было бы разделить все современные ландшафты на ряд категорий в зависимости от степени и характера их изменения в результате воздействия человека. В такое деление особенно важно было бы ввести динамический подход, т. е. отразить стадии деградации или восстановления ландшафтов, связанные с усилением человеческого воздействия и его прекращением. Такая подробная классификация — дело будущего. Пока же известно лишь несколько довольно схематичных классификаций (В. Л. Котельникова, Д. В. Богданова, С. В. Калесника, В. И. Прокаева, И. М. Забелина и др.). В первом приближении можно наметить следующие группы (Исаченко, 1965):

1. Условно неизменные, или первобытные, ландшафты, непосещаемые или малопосещаемые человеком, не подвергающиеся непосредственному хозяйственному использованию и воздействию (косвенное воздействие, такое, как осажде-ние техногенных выбросов, затрагивает и эти ландшафты, например, в Антарктике и высокогорьях).

2. Слабоизмененные ландшафты, в которых экстенсивное хозяйственное воздействие (охота, рыбная ловля, выборочная рубка леса) затронуло отдельные компоненты, но основные природные связи остались ненарушенными, а изменения имеют обратимый характер. Сюда можно отнести некоторые тундровые, таежные и пустынные ландшафты, еще не вовлеченные в активное хозяйственное использование.

3. Нарушенные (сильно измененные) ландшафты, подвергшиеся длительному стихийному воздействию, затронувшему многие компоненты и приведшему к существенному нарушению внутренних связей (структуры ландшафта), в направлении, часто необратимом и обычно неблагоприятном для человека. Ландшафты этой группы широко распространены в разных зонах и характеризуются такими вторичными процессами, как эрозия, дефляция, смыв почв, заболачивание, засоление, загрязнение водоемов и атмосферы и т. п.

4. Собственно культурные, или рационально преобразованные, ландшафты, в которых природные связи и процессы целенаправленно изменены на научной основе в интересах общества. Функционирование таких ландшафтов должно постоянно регулироваться человеком в соответствии с заранее разработанным планом,

Ландшафты этого рода и будут предметом нашего дальнейшего рассмотрения.

Культурным ландшафтом, таким образом, нельзя считать всякий измененный ландшафт. В отличие от нарушенного ландшафта он должен быть изменен в лучшую сторону. Говоря «лучше», мы подходим, разумеется, с антропоцентрических позиций, так как в природе не может быть «лучших» или «худших» ландшафтов. С этой точки зрения критерием культурного ландшафта иногда считают его высокую производительность. Однако такой подход страдает однобокостью. Вряд ли можно считать «культурным» ландшафт, из которого «выжимается» максимум материальных благ за счет ухудшения среды обитания человека. В таких случаях обычно и получаются стихийно нарушенные ландшафты. Формирование культурного ландшафта должно, очевидно, преследовать две главные цели: 1) получение максимального экономического эффекта и 2) улучшение среды обитания человека. Первое означает прежде всего наиболее полное и рациональное использование природных ресурсов с обеспечением расширенного воспроизводства всей их возобновимой части, второе — создание оптимальной (комфортной) природной среды.

Оптимизация жизненной среды — достаточно сложная задача, ее решение связано с проблемами экологии человека, которые лишь в недавнее время стали привлекать к себе внимание советских географов (Сочава, 1971; Лебедев и др., 1972; Теория и методика. . ., 1974). Согласно одному из определений, «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».<sup>26</sup>

Говоря о жизненной среде человека, мы, строго говоря, выходим за рамки чисто экологических требований, поскольку эта среда должна обеспечивать не только биологические (физиологические) потребности людей, но и их духовные запросы. На эту сторону обращает особое внимание Д. Л. Арманд (1966). По его словам, истинно культурный ландшафт должен быть не только производительным и здоровым, но и красивым (Арманд, 1968).

Может показаться, что два основных требования, которые здесь предъявляются к культурному ландшафту, несовместимы. Во всяком случае предшествующий опыт человечества, как будто, не дает оснований для большого оптимизма. Но следует напомнить, что это опыт преимущественно стихийной эксплуатации ландшафтов — разграбления ресурсов и разрушения нор-

<sup>26</sup> Лебедев А. Д., Преображенский В. С., Райх Е. Л. Антропоэкологический аспект проблемы «человек—среда». — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1972, № 4, с. 39.

мальной среды одновременно. Однако тот же опыт, пока еще, правда, небольшой,<sup>27</sup> свидетельствует о том, что при научном подходе экономические и экологические интересы не только не противоречат друг другу, но в большинстве случаев даже совпадают. Так, насаждение лесов важно с точек зрения санитарно-гигиенической и мелиоративной и в то же время экономически выгодно. Д. Л. Арманд верно заметил, что разумное обычно красиво, что «в большинстве случаев воспринимаются как красивые те творения рук человеческих, которые сделаны целесообразно и добротны».<sup>28</sup> Прав он и в том, что сохранение природы, исходя из эстетических, воспитательных и научных интересов, со временем обернется и «материальной» прибылью.

Учитывая все сказанное, можно сформулировать следующие основные задачи по формированию культурного ландшафта.

1. Обеспечение максимальной производительности возобновимых ресурсов, прежде всего биологических, и их эффективного использования.

2. Возможно более полное использование практически неисчерпаемых и «чистых» источников энергии — солнца, ветра, приливов, что отвечало бы и целям сбережения невозобновимых ресурсов и сохранению здоровой жизненной среды.<sup>29</sup>

3. Предотвращение нежелательных стихийных процессов как природного, так и техногенного происхождения (смыв почв, эрозия, заболачивание, наводнения, обмеление рек, сели, лавины, загрязнение воды, воздуха, почв и т. д.).

4. Оптимизация санитарно-гигиенических условий, включая биогеохимическую ситуацию и условия для возникновения природно-очаговых эндемий.

5. Обеспечение наилучшей природной среды применительно к культурно-воспитательным и эстетическим целям, а также к задачам научного исследования природных комплексов.

#### НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАНДШАФТА

Выяснив в общих чертах, что нужно предпринять для создания культурного ландшафта, необходимо теперь определить, как это осуществить. Ясно, что формирование культурного ландшафта — длительный и сложный процесс, охватывающий

<sup>27</sup> В настоящее время культурные ландшафты представлены преимущественно своими фрагментами, которые разбросаны отдельными островами, или «оазисами», среди нарушенных ландшафтов (например, Каменная степь). В ряде случаев культурные ландшафты находятся в стадии формирования, т. е. трансформации из тех же нарушенных ландшафтов.

<sup>28</sup> Арманд Д. Л. Нам и внукам. 2-е изд. М., «Мысль», 1966, с. 224.

<sup>29</sup> Возможность и рентабельность использования «даровых» источников энергии зависит от разнообразия ландшафтов. Так, ветросиловые установки выгодно создавать там, где средняя годовая скорость ветра более 4 м/с, а при средней скорости более 5 м/с целесообразно строить ветроэлектрические станции мощностью в несколько сот киловатт (Арманд, 1966, с. 155).

большой комплекс согласованных мероприятий. По направленности эти мероприятия могут быть как бы консервативными, т. е. направленными на поддержание природного равновесия в ландшафте (строго регламентированное использование ресурсов; способы хозяйства, минимально нарушающие естественные связи, например регулируемое лесное, пастбищное, охотничье хозяйство; частичное изъятие земель из хозяйственного использования и т. п.), и активными, т. е. мелиоративными, или преобразовательными (орошение, осушение, искусственное лесоразведение, создание водохранилищ, перестройка состава биоценозов и др.).

Во многих случаях культурные ландшафты придется создавать на месте не первобытных, а сильно нарушенных, «испорченных» предшествующим хозяйствованием ландшафтов. Здесь придется разрабатывать комплексы «лечебных» мероприятий с целью ликвидации или хотя бы ослабления отрицательных результатов прежнего хозяйственного воздействия. Эти мероприятия преимущественно активного характера (борьба с оврагами, закрепление подвижных песков, создание защитных зеленых зон вокруг городов, мелиорация вторичных солончаков и т. п.). В ряде случаев может оказаться целесообразным восстановление первичных геосистем, с их растительным покровом, водным режимом, почвами и т. д. Так, И. П. Герасимов (1967) рекомендует восстановить многие «потерянные» ресурсы Сахалина (леса, заросли высокотравья, естественные запасы ценных животных).

При организации культурных ландшафтов на базе ранее неосваивавшихся или малоосвоенных геосистем основное значение приобретают профилактические мероприятия, основанные на разумном сочетании активных и консервативных действий (сохранение лесов, правильная обработка полей с учетом всего комплекса естественных условий, «осторожная» мелиорация и т. п.).

Естественно, при организации культурного ландшафта возникает ряд конкретных задач инженерного, лесоводственного, агрономического, геогигиенического и другого характера, которые должны решаться соответствующими специалистами. Однако направляющая и координирующая роль, разработка общей «стратегии» преобразования и охраны должна принадлежать ландшафтоведу, поскольку все эти задачи необходимо решать комплексно и на основе возможно более полного и точного познания ландшафта, опоры на его естественные закономерности.

Следует подчеркнуть, что культурный ландшафт, как и любой другой, измененный человеком, остается природным комплексом и развивается по природным законам. Это было ясно уже классикам русского ландшафтоведения. Так, С. С. Неуструев еще в 1918 г. писал, что культурные ландшафты состоят «в связи, хотя и не сразу видной, с естественными ланд-

шафтами» и «в основе культурного ландшафта всегда лежит естественный».<sup>30</sup> Попытки некоторых авторов доказать, будто ландшафты, измененные человеком, развиваются по общественным законам, приходится признать методологически несостоятельными (см. Исаченко, 1971б). Даже самое интенсивное преобразование ландшафта означает лишь появление его особой модификации, или производной формы, а вовсе не создание «нового ландшафта» (за некоторыми возможными исключениями, о которых будет сказано в дальнейшем).<sup>31</sup> Каждому типу естественных ландшафтов соответствует свой ряд, или серия, производных ландшафтов (слабо или сильно измененных, нарушенных разными способами, культурных), обязанных вмешательству человека.

Культурные ландшафты тундры и пустыни, гор и равнин, зандровых низин и лёссовых возвышенностей всегда будут отличаться друг от друга; снивелировать различия между ними невозможно. Поэтому не существует какого-либо единого эталона «идеального» или «оптимального» культурного ландшафта. Конкретные меры по оптимизации ландшафтов должны, следовательно, быть дифференцированы в строгом соответствии со спецификой самих ландшафтов, т. е. базироваться на их естественной классификации (рис. 5).

В связи со сказанным следует указать на антинаучный характер призывов отказаться от изучения «коренных», т. е. первичных естественных, ландшафтов и заниматься только «современными», т. е. измененными хозяйственной деятельностью ландшафтами. С точки зрения А. М. Рябчикова (1972), например, бесполезно говорить сейчас о ландшафтах ковыльных степей, поскольку они распаханы, а антропогенные оазисы нельзя относить к ландшафтам пустынь, поскольку в них растут финиковые пальмы. Такой подход нанес бы большой вред ландшафтоведению, так как мы никогда не разберемся в закономерностях и никогда не сможем отделить, что в современном ландшафте «принадлежит» природе, а чем он обязан человеку, если не положим в основу исследования природный инвариант геосистем (Сочава, 1973).

Нельзя научиться управлять ландшафтом, не зная его естественные законы, а чтобы познать эти законы, их надо наблюдать по возможности «в чистом виде», не осложненном техногенными наслоениями, подобно тому, как физические и химические процессы познаются в условиях лабораторного эксперимента. «Начинать с культурных ландшафтов, с преобразования, — пишет Д. Л. Арманд — это все равно, что браться за

<sup>30</sup> Неуструев С. С. Естественные районы Оренбургской губернии. — В кн.: Оренбургские степи в трудах П. И. Рычкова, Э. А. Эверсмана и С. С. Неуструева, М., Географгиз, 1949, с. 270.

<sup>31</sup> Поэтому следует избегать употребления термина «антропогенный ландшафт», буквально означающего «ландшафт, созданный человеком».

высшую математику, не изучив алгебры». <sup>32</sup> «Сперва надо разобраться в механизме ландшафта как он есть, а затем выяснить в нем роль человека». <sup>33</sup>

Основной принцип трансформации «природного» ландшафта в культурный состоит в том, чтобы по возможности не разрушить сложившиеся естественные связи и действовать при преобразовании «естественными рычагами», используя, как говорят Л. Бауэр и Х. Вайничке (1971), потенциальные силы, заложенные в природе самого ландшафта, с тщательным учетом допустимых хозяйственных и техногенных нагрузок.

Истинно ландшафтно-географический подход к «лечению» ландшафта должен быть направлен на причины 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 успокаивающими таблетками. Настоящий путь состоит в том, чтобы восстановить естественное природное равновесие в истоках. Аналогичный пример — борьба с оврагообразованием, которую надо вести на водосборных площадях путем их рационального использования и мелиорации.

С ландшафтно-географической точки зрения формирование культурного ландшафта следует осуществлять одновременно по двум направлениям:

1) путем целесообразного использования и регулирования естественных «функций» ландшафта — его энергетического баланса, влагооборота, геохимического режима, биологического круговорота, гравитационных процессов;

2) путем рациональной организации территории, т. е. научно обоснованного соотношения участков с различным целевым назначением (сельскохозяйственным, рекреационным и т. д.) и режимом использования, при максимально возможном сохранении площадей с условиями, близкими к естественным.

Такой подход должен опираться на изучение структуры естественного ландшафта.

Всякому ландшафту присуща более или менее устойчивая структура, т. е. сложившаяся динамическая система связей — внутренних и внешних. Ландшафт, как известно, представляет собой систему открытого типа, в него непрерывно поступают потоки энергии и вещества извне. Изолировать ландшафт от внешних воздействий невозможно, и практически они пока еще не поддаются искусственному регулированию. Что касается внутриландшафтных связей, то среди них следует различать связи «вертикальные», или межкомпонентные, соединяющие компоненты (блоки) системы, т. е. твердый фундамент, почву, биоту и т. д.,

<sup>32</sup> Арманд Д. Л. Нам и внукам, с. 179.

<sup>33</sup> Там же, с. 194.

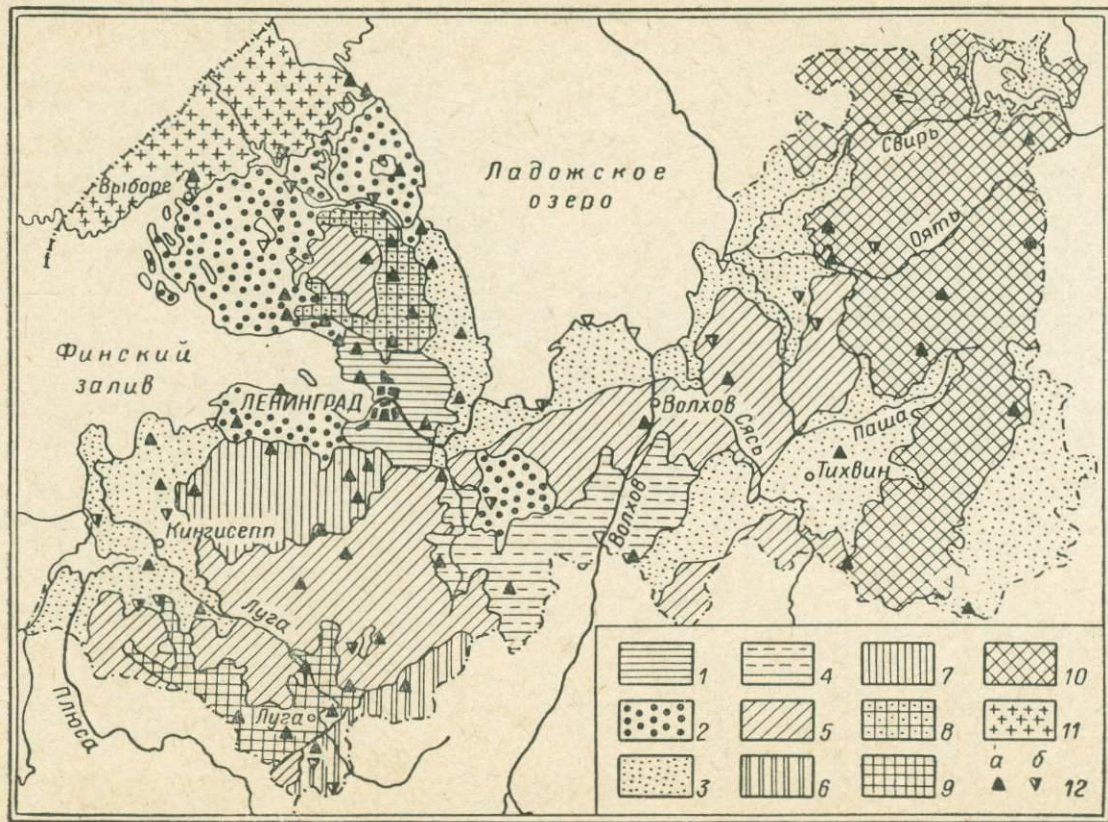


Рис. 5. Основные направления перспективного использования земель, охраны природы и мелиорации по группам ландшафтов Ленинградской области.

1 — озерно-ледниковая Приневская низина с приморскими террасами — резервные земли для развития Ленинграда и его защитного зеленого пояса: создание лесопарков для кратковременного отдыха, местами улучшение дренажа, развитие пригородного сельского хозяйства за счет интенсификации; 2 — озерно-ледниковые боровые равнины, с приморскими и приозерными террасами, многочисленными озерами — рекреационные зоны для кратковременного и длительного отдыха населения Ленинграда (частично в составе лесопаркового пояса), сельскохозяйственное освоение (преимущественно луго-пастбищное) выборочное — в ложбинах и на приозерных террасах, нуждающихся в искусственном дренаже; 3 — озерно-ледниковые и древнеозерные болотно-боровые низины — резервные лесопромысловые и потенциальные рекреационные (для длительного отдыха и туризма) угодья. Необходимы лесокультурные и лесовосстановительные работы, местами осушение, для сельского хозяйства мало перспективны; 4 — озерно-ледниковые заболоченные низины на ленточных глинах — резервные лесопромысловые и частично сельскохозяйственные угодья после осушения, трансформации и местами раскорчевки вторичных мелколиственных лесов; 5 — моренные заболоченные равнины — водоохраный, резервный лесопромысловый и сельскохозяйственный земельный фонд. Требуются трансформация, частичное осушение и раскорчевка мелколиственных лесов и кустарников, камнеуборка; 6 — моренные слабодренированные равнины на карбонатных валунных суглинках — земли преимущественно сельскохозяйственного назначения. Необходимы дренаж, трансформация мелколесий и кустарников; 7 — известняковое Ижорское плато — основной сельскохозяйственный район, дальнейшее развитие за счет интенсификации. Необходимо сохранение и улучшение лесов; 8 — камовая Лемболовская возвышенность — рекреационная зона для кратковременного и длительного отдыха (частично в составе лесопаркового пояса Ленинграда), с ограниченными сельскохозяйственным использованием; 9 — камовая Лужская возвышенность — рекреационная зона для организации длительного отдыха населения Ленинграда, с ограниченными возможностями для дальнейшего сельскохозяйственного освоения; 10 — холмисто-моренные возвышенности — лесной фонд, преимущественно водоохраный, почвозащитный и рекреационный (туризм, местами длительный стационарный отдых). Допустимы ограниченная лесозексплуатация и выборочное сельскохозяйственное освоение (на небольших ровных участках), необходимы лесовосстановительные работы; 11 — грядово-ложбинные ландшафты Балтийского кристаллического щита — леса водоохранного и почвозащитного назначения, частично рекреационное использование. Лесозексплуатация исключается, сельскохозяйственное использование выборочное — в ложбинах (при искусственном дренаже); 12 — участки, особо нуждающиеся в охране: а — рекомендуемые заповедники, ландшафтные резерваты и заказники, б — фаунистические заказники.

и «горизонтальные», связывающие морфологические части ландшафта, т. е. его подсистемы разных порядков (урочища, фации).

Существо внутриландшафтных связей состоит в передаче вещества и энергии, а также информации между отдельными блоками и подсистемами. Эта передача осуществляется по разным «каналам», т. е. в форме многообразных частных процессов — трансформации энергии, гравитационного перемещения материала, влагооборота, миграции химических элементов, продуцирования и разложения биомассы и др., которые в совокупности можно рассматривать как функционирование ландшафта.

Межкомпонентные и межсистемные связи различаются также по длительности и устойчивости, некоторые из них имеют колебательный характер, изменяя свою направленность и интенсивность во времени (в частности по сезонам). Колебательные изменения состояний геосистемы в рамках одного инварианта (т. е. неизменной структуры) составляют ее динамику. Динамика геосистемы охватывает, таким образом, все ее переменные состояния (сезонные, суточные, автоколебательные, связанные с техногенными нарушениями, и др.) внутри одного инварианта, в отличие от развития, которое предполагает качественную трансформацию структур, т. е. смену геосистем (Согава, 1967).

Антропогенные изменения структуры ландшафта выражаются в нарушении как «вертикальных», так и «горизонтальных» связей. Поскольку каждая отдельная фация или отдельное урочище сопряжены со смежными геосистемами посредством «горизонтальных» связей, нарушение структуры отдельных морфологических единиц сказывается на сопряженных с ними геосистемах и на структуре ландшафта как целого. Некоторые межсистемные связи, например гравитационные, по самой своей природе имеют односторонне направленный характер. Поэтому вышележащие по склону фации способны существенно влиять на нижележащие (осыпи, лавины, оползни, жидкий и твердый сток, стекание холодного воздуха). Человеческое воздействие обычно усиливает связи по этому «каналу». Так, распашка склонов, вызывающая смыв пахотного горизонта, сопровождается переотложением материала у подножий, с образованием своеобразных террас напаша высотой до 2 м. Та же причина вызывает усиление поступления минеральных веществ в болота и их евтрофикацию. Можно напомнить также об евтрофикации озер, которую надо рассматривать «не как частный вопрос лимнологии, но как один из аспектов большой географической проблемы превращения вещества и энергии в ландшафте».<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Россоломо Л. Л. Пути развития озер в культурных ландшафтах. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1968, № 1, с. 54.

Ряд примеров «горизонтальных» биотических взаимосвязей приводят М. Н. Руткевич и С. С. Шварц (1971). Так, у многих видов насекомых личиночные фазы развития проходят в воде. По окончании метаморфозы эти насекомые выносятся из водоемов огромные количества живой протоплазмы (в масштабах ландшафтных зон оно измеряется миллионами тонн). Изменения условий на суше существенно влияют на структуру водных ценозов, но в естественных условиях популяционные механизмы регулируют «вход» и «выход» биомассы из водоема. Если же внешние воздействия (в том числе антропогенные) переходят за исторически сложившиеся допустимые пределы изменчивости условий среды, происходит неизбежное нарушение равновесия.

Очевидно, без учета принципиальной структурно-функциональной модели ландшафта и ее многообразных конкретных форм разговоры о преобразовании ландшафта теряют всякое реальное значение. Перестроить ландшафт — значит создать новую устойчивую систему связей.

Здесь мы подходим, пожалуй, к центральному вопросу теории культурного ландшафта — к вопросу о его устойчивости. Культурные модификации геосистем обычно неустойчивы, они требуют постоянного «ухода». Естественный ландшафт воспринимает человеческое вмешательство как нечто внешнее, стремится «отторгнуть» чуждые ему элементы и имеет тенденцию вернуться к своему первоначальному состоянию. Так, сады и посевы существуют в пустыне, пока их искусственно орошают; домашние животные, предоставленные самим себе, гибнут или дичают; заброшенные здания выветриваются и зарастают лесом. Этого не могут отрицать Ф. Н. Мильков (1973) и А. М. Рябчиков (1972). Правда, ландшафт, испытавший на себе воздействие человека, может оказаться не вполне обратимым. Ю. Г. Саушкин (1946) склонен даже отрицать обратимость культурного ландшафта. Точнее будет сказать, что степень обратимости или необратимости различных измененных ландшафтов может колебаться в очень широких пределах. В некоторых случаях необратимость «антропогенного» ландшафта лишь кажущаяся. Это относится, в частности, к примерам саванн и ландшафтов Средиземья, которые приводит Ф. Н. Мильков (1973): в действительности современные ландшафты этих территорий представляют длительнопроизводные стадии обратимых ренатурализационных (т. е. восстановительных) смен в условиях, когда ренатурализации препятствует постоянное вмешательство человека.

Проблема устойчивости геосистем — новая для ландшафтоведения и практически неразработанная. Говоря об устойчивости естественного ландшафта к человеческому воздействию, нужно рассматривать ее как частный случай устойчивости по отношению к внешним факторам вообще.

Важно подчеркнуть, что «устойчивость» системы не есть состояние абсолютного покоя или равновесия. Устойчивость не исключает изменчивости, более того — изменчивость есть важнейшая предпосылка устойчивости. В данном случае подразумевается изменчивость в пределах одного инварианта, т. е. динамические изменения геосистем, или стабилизирующая динамика (Сочава, 1974). Способность геосистем к саморегуляции определяет их устойчивость по отношению к внешним воздействиям, разумеется, в определенных пределах. При этом особое значение имеют отрицательные обратные связи в системе, когда следствия процесса (например, увеличения количества осадков, оврагообразования) оказывают на него как бы тормозящее влияние и способствуют восстановлению равновесия (например, ослаблению заболачивания или эрозионного расчленения водоразделов).

Известно, что сложные, многокомпонентные системы более устойчивы, чем малокомпонентные. Это положение хорошо иллюстрируется на примере биоценозов. Саморегуляция основана на множественности звеньев круговорота вещества и энергии. В сложных биоценозах полнее используются энергия и первичная биологическая продукция, существует множество как бы параллельных пищевых цепей, в силу чего имеется возможность их взаимозаменяемости. В простых же 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, резкими понижениями температуры и т. п.

По-видимому, та же закономерность присуща и геосистемам. Во всяком случае нельзя отрицать определенной связи между устойчивостью геосистемы и свойствами ее биоты. В. Б. Сочава (1974) считает, что биота является главным стабилизирующим началом в геосистеме. Действительно, можно привести ряд примеров, когда в геосистемах с крайне неустойчивыми связями в звеньях сток — грунты — рельеф или климат — мерзлота равновесие поддерживается растительным покровом, предотвращающим эрозию, заболачивание, деградацию мерзлоты. Именно потому сведение растительного покрова в подобных случаях ведет к резким, необратимым нарушениям механизма саморегуляции, а вместе с ним — структуры геосистем.

Устойчивость естественных геосистем стоит в прямой связи с их рангом, что в сущности следует рассматривать как другую сторону сложности структуры. Как заметил С. В. Калесник, «переделать фаццию или урочище легче, чем ландшафт, а последний легче, чем географическую зону».<sup>35</sup> Воздействие че-

<sup>35</sup> Калесник С. В. Общие географические закономерности Земли. М., «Мысль», 1970, с. 218.

ловека в силу этого наиболее непосредственно сказывается на морфологических частях ландшафта, что приводит к возникновению их разнообразных модификаций и усилению внутренней пестроты ландшафта. Однако в любом измененном ландшафте остаются практически неизменными геологический фундамент, тип рельефа и общий климат, чем и определяются потенциальные возможности восстановления (не всегда полного) первичной его структуры.

Вопрос об устойчивости естественного ландшафта к человеческому воздействию не следует смешивать с проблемой устойчивости (обратимости, долговечности) культурных модификаций ландшафта. Нередко эти два свойства находятся между собой в обратном соотношении. Некоторые общие закономерности остаются в силе в обоих случаях, например сложность структуры как критерий устойчивости. Поэтому Л. Бауэр и Х. Вайничке 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».<sup>36</sup>

По-видимому, одинаково неустойчивы исходный инвариант и его культурная модификация в условиях экстремального гидротермического режима — недостатка тепла или влаги (в полярных зонах, на вечной мерзлоте, в пустынях), высокого гравитационного потенциала (горные ландшафты, некоторые возвышенные ландшафты на равнинах).

В. Б. Сочава отмечает, что «саморегуляция наиболее действенна в оптимальных условиях тепла и влаги».<sup>37</sup> Действительно, здесь ландшафт функционирует наиболее интенсивно, выражением чего является максимальная биопродукция. (Поэтому биота и может играть стабилизирующую роль.) Но при таких условиях надо ожидать, что культурные модификации ландшафта будут быстро «перерабатываться» и не могут быть устойчивыми.

В целом, как уже отмечалось, культурный ландшафт менее устойчив, чем первичный природный ландшафт, ибо естественный механизм саморегуляции в нем нарушен в большей или меньшей степени. Поэтому некоторые экстремальные отклонения параметров внешней среды, которые «гасятся» в естественном ландшафте, для культурного оказываются катастрофическими: единичный ливень смывает верхний слой почвы, однодневный заморозок губит культурную растительность, пыльная буря

<sup>36</sup> Бауэр Л., Вайничке Х. Забота о ландшафте и охрана природы, с. 118.

<sup>37</sup> Сочава В. Б. Геотопология как раздел учения о геосистемах. — В кн.: Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск, «Наука», 1974, с. 46.

в течение нескольких дней уносит сотни миллионов тонн почвы и т. п. (Дзердзеевский, 1968).

Чтобы получить по возможности наиболее устойчивую модификацию первичного ландшафта, далеко не безразлично, на какие из его компонентов следует воздействовать. В этом отношении они далеко не равнозначны. Изменение животного мира вряд ли повлечет за собой «коренную» перестройку климата, водного баланса или фундамента ландшафта, но достаточно изменить любой из трех последних компонентов, чтобы животный мир отреагировал на это соответствующим образом.

Имеются все основания ожидать, что наиболее прочные изменения в структуре геосистем получились бы в случае преобразования твердого фундамента и воздушных масс — первичных компонентов, через которые в геосистему поступают энергия и вещество извне. Однако возможности преобразования твердого фундамента и в еще меньшей степени воздушных масс ограничены уровнем геосистем топологического порядка, т. е. морфологических частей ландшафта. Террасирование склонов, создание курганов, карьеров, терриконов — примеры самых устойчивых преобразований, это именно те случаи, когда понятие «антропогенный природный комплекс» может применяться с наименьшими натяжками.

Перспективы же создания нового фундамента, а тем более климата собственно ландшафта представляются более проблематичными. Осушение морского дна можно отнести к этому случаю лишь условно. Реальная задача — расширение площади суши путем искусственного намывания грунта. По-видимому, этот пример можно рассматривать как наибольшее приближение к созданию новых ландшафтов, хотя и в этом случае не может быть речи об абсолютной «антропогенной» системе: под насыпанным грунтом остается «старый» фундамент, береговые процессы будут стремиться отторгнуть новый участок суши, солнечные лучи и атмосферные осадки будут поступать так же, как и ранее.

Человеческому воздействию наиболее доступны «вторичные» компоненты: биота, почвы, воды, скульптурные элементы рельефа. Преобразование этих компонентов, как правило, вызывает лишь частичное изменение структуры ландшафта, поскольку «первичные» компоненты слабо реагируют на перестройку «вторичных». Необратимые изменения наблюдаются при двух условиях.

1. Направленность человеческого воздействия совпадает с естественными тенденциями развития ландшафта. Такая ситуация может сложиться, когда в процессе саморазвития или экзодинамических смен в ландшафте происходит «борьба» между новыми (прогрессивными) и старыми (консервативными и реликтивными) элементами или же сложилось не-

соответствие современной структуры ландшафта изменившейся среде. Сюда относятся, в частности, пример с образованием аласов в якутской тайге, приводимый Ю. Г. Саушкиным (1946). Сюда же (как частный случай) можно отнести положение ландшафта в «пограничных» условиях (например, на границе ландшафтных зон). Во всех этих ситуациях равновесие в природном ландшафте отличается неустойчивостью и бывает достаточно небольшого толчка, чтобы его необратимо нарушить. Человеческое воздействие (например, вырубка леса) играет роль такого толчка, устраняя стабилизирующее начало и «помогая» развитию «прогрессивных» явлений, каковыми могут быть эрозия, заболачивание, деградация вечной мерзлоты, смена растительных сообществ и др. Вторичный ландшафт получается более устойчивым, чем первичный.

2. Экологически эквивалентная замена одних элементов другими. Этот случай относится к перестройке биоценозов и основывается на стихийном (случайном) или целенаправленном использовании экологического потенциала ландшафта. Новые элементы легко «вписываются» в ландшафт, если находят для себя благоприятную среду и ранее отсутствовали лишь в силу исторических причин (молодости ландшафта) или изоляции территории. Человек здесь часто играет лишь пассивную или случайную роль (непреднамеренное занесение экзотических видов, описанное в первой части). Замена биоценозов может в той или иной степени сказаться на некоторых процессах — почвообразовании, геохимическом круговороте, влагообороте, но это не приводит к существенному преобразованию структуры ландшафта, и между этими процессами и биоценозами относительно быстро устанавливается равновесие.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛАНДШАФТЕ

Использование естественных тенденций развития ландшафта, очевидно, не может рассматриваться как универсальный способ его оптимизации. К тому же эти тенденции (заболачивание, эрозионное развитие и т. п.) часто находятся в противоречии с интересами общества. Поэтому в большинстве случаев придется действовать вопреки естественному ходу процессов, заведомо рассчитывая на необходимость искусственного поддержания новых, очень неустойчивых культурных модификаций ландшафта.

Непрерывное поддержание и регулирование природных процессов в желательном направлении и на должном уровне составляет отличительную черту культурного ландшафта в сравнении с стихийно нарушенным, которому человек предоставляет возможность либо деградировать дальше, либо (в случае его обратимости) вступить в полосу длительных ренатурализационных смен.

В связи с этим приобретает большое значение вопрос о возможности управления природными процессами в геосистемах. По мнению ряда авторов, принцип управления природой состоит в том, чтобы малыми средствами (т. е. ценой небольших затрат энергии и вещества) вызвать в ней «цепные реакции» (Долгушин, 1964; Федоров, 1971). И. Ю. Долгушин говорит, что в основе этого подхода лежит принцип индукции, т. е. использования импульса, усиливающего процесс. Д. Л. Арманд (1968) заметил, что здесь мы имеем дело с использованием положительных обратных связей в системах. Если отрицательные обратные связи способствуют затуханию процессов (т. е. играют решающую роль в механизме саморегулирования), то положительные связи обуславливают их лавинообразное усиление. Таким образом, при управлении положительные обратные связи играют как бы роль реле. В этом и состоит сущность использования каналов управления, или связей типа управления, о которых говорит Е. К. Федоров (1971).

Все авторы, рассматривавшие эту проблему (см. также Дзердзеевский, 1968), подчеркивают одно очень существенное условие для осуществления подобных «цепных реакций» — наличие неустойчивого равновесия в системе, которой мы собираемся «управлять». Таким образом, здесь перед нами в сущности тот самый случай, который выше был описан в связи с обсуждением вопроса о возможности получения необратимых изменений в геосистемах. Стихийно, не отдавая себе в этом отчета, люди часто «включали реле» и вызывали цепные реакции (далеко не всегда желательные) в геосистемах (например, когда выжигание леса в тайге приводило к таянию мерзлоты, просадкам, образованию озер и т. д.).

Целенаправленное применение «принцип индукции» нашел пока главным образом в области воздействия на погоду. Достаточно лишь небольшого охлаждения (например, путем рассеивания 100—200 г твердого  $\text{CO}_2$ ) или введения небольшого числа ядер конденсации (несколько граммов йодистого серебра), чтобы нарушить неустойчивое равновесие в переохлажденном облаке и вызвать выпадение осадков; при этом высвобождающаяся за счет конденсации энергия стимулирует восходящие токи и дальнейшее развитие облачности. Аналогичный метод применяется для рассеивания низких облаков и туманов (над аэродромами), для предотвращения града (Дессенс, 1969; Федоров, 1971, 1972).

Приходится, опять же, заметить, что изложенный здесь принцип «управления» природными процессами — лишь частный случай, который можно использовать только при наличии неустойчивого природного равновесия и при условии, что нарушение этого равновесия вызовет такую «цепную реакцию», ход которой до конца будет отвечать нашим интересам. Для этого надо уметь предвидеть все ее побочные следствия и конечные

результаты. Е. К. Федоров (1971) указывает, что при воздействии на облачность увеличение осадков над одним участком сопровождается их уменьшением над другим, т. е. никакого дополнительного выделения осадков не происходит.

И. Ю. Долгушин (1964) говорит, что по окончании «цепной реакции» обычно устанавливается некоторое новое равновесие между элементами системы. Это верно, но важно знать, какое это будет равновесие и когда оно установится. Далеко не всегда можно полагаться на стихийное саморегулирование процесса, на то, что отрицательные обратные связи включатся на «нужном» этапе. По-видимому, подобный путь пригоден лишь для чисто локальных и эпизодических воздействий. Расширение масштабов «цепных реакций» чревато опасностью потери контроля над ними или же потребует таких усилий для регулирования, которые во много раз превысят затраты энергии на первичный «толчок», или «включение реле».

Г. Ф. Хильми (1964) подошел к проблеме преобразования природных систем (биосферы) с несколько иной точки зрения. Справедливо признавая, что нельзя изменить универсальные, или инвариантные, законы (физические, химические и др.), действующие одинаково в любой материальной системе, он считает, что путь преобразования состоит в изменении «организационных» («конструктивных») связей, специфических для данной системы. Так, при осушении или посадке лесов состояние физико-географической среды существенно меняется, хотя все физические, химические и биологические законы остаются прежними. Мысль бесспорно верная, хотя изложена несколько туманно. А. П. Гальцов определил организационные связи как «условия или факторы, определяющие направление и интенсивность динамических связей».<sup>38</sup>

А. Д. Урсул (1968) дал, на наш взгляд, более простую и четкую формулировку: организационные связи есть не что иное, как условия проявления инвариантных законов, и, следовательно, преобразовательная деятельность заключается в изменении условий проявления физических, химических, биологических законов.

Это положение имеет универсальное значение для регулирования природных процессов в ландшафте. Здесь открываются широкие возможности именно в силу огромного разнообразия физико-географических условий проявления основных (универсальных, или инвариантных) процессов — в отличие от «управления» в рассмотренном выше смысле, перспективы которого довольно ограничены.

<sup>38</sup> Гальцов А. П. О теоретических основах проблемы преобразования природы. — В кн.: Развитие и преобразование географической среды. М., «Наука», 1964, с. 114.

При формировании культурного ландшафта важно получить не эпизодические локальные преобразования, а долговременные изменения процессов на обширных площадях. Этого можно достичь известной перестройкой организационных связей с использованием «встроенных» в геосистему технических устройств. Это не значит, что всякая преобразовательная деятельность в ландшафте может осуществляться только с помощью последних. Как уже указывалось, надо в первую очередь рассчитывать на природный потенциал ландшафта, используя в качестве «рычагов» воздействия те или иные звенья естественного механизма его функционирования. Эти «рычаги» должны отвечать двум основным условиям: 1) иметь достаточно «активный» характер, тесную сопряженность с другими звеньями, что позволяло бы эффективно использовать их для косвенного воздействия на эти звенья, и 2) относительно легко поддаваться непосредственному регулированию. Такие «рычаги» были указаны еще А. И. Воейковым, на них же практически опирался В. В. Докучаев в своих планах оптимизации степных ландшафтов, это — биотическое звено (растительность, а в перспективе, по-видимому, также микроорганизмы) и влагооборот, точнее сток.

Другие звенья механизма функционирования ландшафта в этом отношении менее перспективны. Так, непосредственное воздействие на гравитационные процессы и целенаправленное формирование рельефа возможны лишь в ограниченных масштабах. То же надо сказать о физических процессах в атмосфере с целью регулирования климата — по причине отсутствия прочной научной основы или из-за технических трудностей (примеры «управления», о которых речь шла выше, относятся только к погоде, но не к климату). Е. К. Федоров (1971) признает, что наиболее реальный 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, усиления испарения и транспирации и др.). Аналогичным же образом, как мы увидим далее, возможно активно влиять на миграцию химических элементов.

Биота заслуживает особого внимания как естественный регулятор географических процессов в руках человека (рис. 6). Важнейшее ее свойство состоит в том, что она сама себя воспроизводит, и ее поддержание требует относительно небольших усилий со стороны человека (во всяком случае, если говорить о естественных ценозах). Функции растительного покрова в геосистеме хорошо известны. В отличие от временных «индукторов» это постоянно действующий стабилизирующий и регулирующий фактор. Особенно важна его роль как важнейшего регулятора вертикальных связей. С ним тесно связано функционирование других звеньев геосистемы. Интенсивность

влагооборота и почвообразования стоит в прямой связи с интенсивностью биотических процессов, а интенсивность гравигенных процессов — в обратной. С этим в свою очередь связаны геохимические функции растительного покрова.

Известно, что техногенное воздействие часто ведет к разрыву естественных циклов миграции химических элементов, заводит их в «тупики» (в составе различных изделий и неразло-

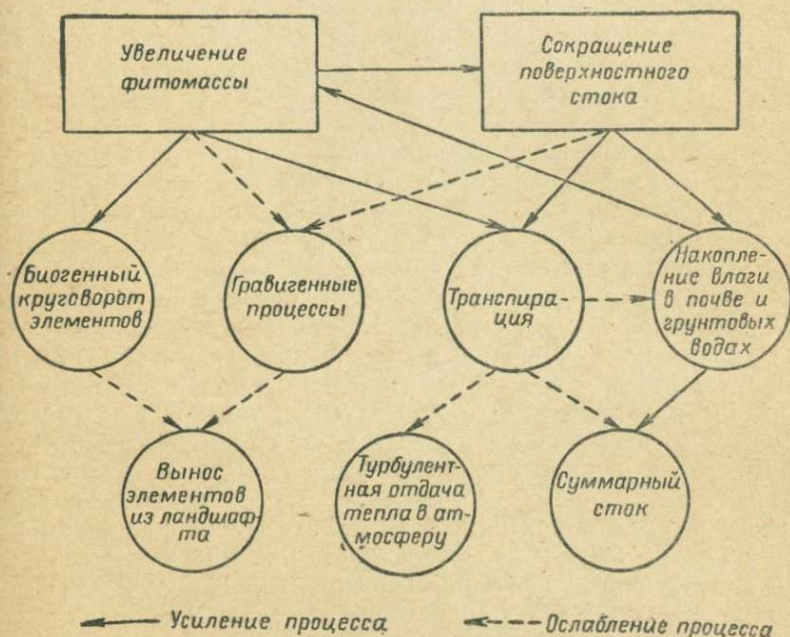


Рис. 6. Схема регулирования процессов в ландшафте при помощи биоты и стока.

жимых отходов) или усиливает их утечку из ландшафта. Практически биота — единственный фактор, препятствующий как техногенной, так и естественной утечке элементов и способствующий усилению их внутриландшафтного круговорота. Надо отметить негэнтропийное значение растительного покрова, определяемое его способностью трансформировать лучистую энергию Солнца в потенциальную химическую энергию.

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

Значение влагооборота — этой кровеносной системы ландшафта и важнейшего канала горизонтальных связей — также не нуждается в подробных пояснениях. Посредством водных мелиораций, т. е. регулирования стока, осуществляется воздействие

на процессы гравитационного перемещения материала, испарение, водную миграцию химических элементов, почвообразование, функционирование биоты.

Использование этого «рычага» должно основываться на учете тончайших особенностей структуры и динамики конкретных ландшафтов. Так, опыт осушительных мелиораций свидетельствует о том, что увлечение ими приводит подчас к нежелательным нарушениям в геосистемах. При осушении болот происходит понижение уровня грунтовых вод в сопряженных суходольных урочищах; на песках это может привести к дефляции. С экономической точки зрения осушение болот (особенно верховых) малоэффективно: нередко после осушки возникают пожары, лес растет плохо и не оправдывает затрат на осушение. В случаях, когда осушительная мелиорация проводится без учета естественных тенденций изменения ландшафтов, она может усугубить процесс иссушения (что и произошло в Полесье, где за последние десятилетия наметилось уменьшение естественного увлажнения). Следует также иметь в виду, что и в зоне избыточного увлажнения в летние месяцы может наблюдаться дефицит влаги, так что сельскохозяйственные земли нуждаются в это время не в осушении, а в орошении. Таким образом, мелиорацию нельзя рассматривать как односторонний процесс осушения или орошения; сущность ее составляет регулирование водного режима геосистем. Это относится, разумеется, и к аридным ландшафтам, где осуществляется ирригация. Оптимальные результаты могут быть получены при строгом режиме и нормировании полива. Если, например, при норме полива 2000 м<sup>3</sup>/га можно получить максимальный урожай хлопчатника, то при превышении этой нормы повышается уровень грунтовых вод и происходит засоление почв.

Регулирование биоты и стока осуществляется с использованием технических средств, но в первом случае не требуется возведения инженерных сооружений. Правильная оценка роли инженерных сооружений в ландшафте должна основываться на естественнонаучном (ландшафтно-географическом) подходе. Это значит, что они должны рассматриваться в системе природных связей как аналоги природных элементов ландшафта. Нас интересует, например, не технология сооружения плотин или экономическая сторона дела, а функционирование плотин в ландшафте. Техногенные элементы полностью подчинены природным законам. Стены зданий подвергаются выветриванию, подобно любым горным породам, споры папоротников обесцвечивают краску, лишайники разрушают крыши, заброшенные каналы меандрируют. А водохранилища или культурные фитоценозы — это уже полные аналоги природных водоемов и естественных сообществ соответственно.

С другой стороны, инженерные сооружения выполняют те же функции в ландшафте, что и их природные аналоги, высту-

пая в качестве механических, геофизических или геохимических агентов. Не случайно, например, города и промышленные центры часто сравнивают с вулканами. Нет нужды доказывать, что функции техногенных объектов далеко не всегда имеют положительный характер. Не говоря уже об источниках техногенных выбросов, можно упомянуть о таких «невинных» сооружениях, как жилые здания, дорожные насыпи, дамбы и т. п.: они нередко задерживают сток, способствуя заболачиванию, служат препятствиями на путях перемещения животных.

Инженерные сооружения могут выполнять положительные функции лишь при условии, что они «вписываются» в ландшафт, т. е. их действие строго сбалансировано с природными процессами, причем их роль в сущности надо рассматривать как вспомогательную. От этого же условия, т. е. от того, насколько их конструкция, качество строительного материала, размещение соответствуют структуре ландшафта, зависит и их устойчивость. Так, функция плотины может потерять всякий смысл, если состояние ландшафта (облесенность, интенсивность поверхностного стока и эрозии) таково, что через 20—30 лет оно приведет к полному заполнению водохранилища наносами.

Инженерные решения часто оказываются лишь временной мерой. Так, восстановление лесов на водосборе может служить более радикальным методом борьбы с паводками, чем сооружение плотин. Разумеется, это относится не ко всем ситуациям. Во многих случаях, когда речь идет о борьбе с так называемыми стихийными бедствиями, инженерные решения пока остаются практически единственно возможными. Под стихийными и природными процессами надо понимать такие явления, которые трудно предвидеть и, тем более, предотвратить (вулканические извержения, землетрясения, цунами, ураганы, катастрофические наводнения и др.). Здесь пока еще не может быть речи об управлении и даже о регулировании процессов. Борьба сводится к защитным и приспособительным, преимущественно инженерным мероприятиям, а также к совершенствованию методов прогноза — с целью ослабить действие стихии.

Иное дело такие «стихийные» процессы, которые полностью или в значительной мере обязаны человеку — вторичная эрозия, пыльные бури, движение разбитых песков, катастрофическое зарастание водоемов и т. п. Их можно предупредить путем рационального использования земель и ландшафтно-мелиоративной профилактики, основанной главным образом на регулировании стока и интенсификации биотических процессов. В сущности эти же «рычаги» используются для «лечения» тех ландшафтов, где указанные процессы получили развитие в силу предшествующего нерационального использования.

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ И ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ ЛАНДШАФТА

Культурный ландшафт находит свое наиболее зримое воплощение в рациональном размещении площадей с различным хозяйственным и другим назначением и режимом использования, т. е. в том, что можно назвать организацией территории. Цель ландшафтной организации территории состоит в том, чтобы найти наилучшее применение каждой морфологической части ландшафта или, с другой стороны, найти для каждого применения наиболее оптимальные фации и урочища. Последние при вовлечении в хозяйственное или иное (например, рекреационное) использование рассматриваются как уголья соответствующего типа (сельскохозяйственные, лесные, охотничьи и т. п.).

Ландшафтный принцип организации территории не сводится к использованию природного потенциала каждого отдельного участка как такового, но основывается на сопряженности этих участков, на их горизонтальных связях, т. е. на учете морфологического строения ландшафта как целого. Организация территории ландшафта предполагает решение следующих вопросов: 1) оптимальный набор угодий по их назначению (т. е. типов использования земель); 2) их правильное количественное (площадное) соотношение, оптимальные размеры, форма и взаимное расположение, обеспечивающие нормальное функционирование всей системы, максимальный экономический и экологический эффекты; 3) режим использования и необходимые мелиорации с целью повышения природного потенциала и охраны.

Разработке проекта организации территории должна предшествовать всесторонняя комплексная оценка морфологических частей ландшафта и их сопряженных систем. Это — одна из главных проблем методики прикладных ландшафтных исследований, которой будет посвящена специальная глава во второй части этой работы. Здесь мы остановимся лишь на наиболее общих принципах организации территории ландшафта. Сложность задачи в большой мере определяется противоречивостью интересов охраны природы и экономики, а также отдельных отраслей народного хозяйства.

Сначала, очевидно, надо рассмотреть проблему с ландшафтоведческой точки зрения, отвлекаясь от конкретного социального заказа. С этих позиций можно сформулировать некоторые основные положения.

1. Культурный ландшафт не должен быть однообразным (Бауэр и Вайничке, 1971). Внутреннее разнообразие ландшафта отвечает и важнейшему условию его устойчивости, и экологическим, и эстетическим требованиям, хотя не всегда соответствует ближайшим экономическим интересам. Небольшие по площади сельскохозяйственные уголья, чередующиеся с лесами, рощами, водоемами и даже болотами, экологически наиболее

целесообразны, но затрудняют применение механизации. В ряде ландшафтов (например, в холмисто-моренных) характер морфологического строения сам по себе определяет дробность угодий, но в этом случае разумнее приспособлять сельскохозяйственную технику к характеру угодий, а не укрупнять угодья с целью приспособить их к технике.

2. В культурном ландшафте не должно быть разного рода антропогенных пустошей, свалок, заброшенных карьеров и других «неудобных» земель. Все они должны подвергнуться рекультивации.

3. Из всех видов использования земель приоритет должен быть отдан зеленому покрову, что диктуется его рассмотренными выше особыми функциями в ландшафте. Все лучшие угодья должны использоваться для сельскохозяйственных культур, но при этом необходимо стремиться к максимальному увеличению площади под древесными насаждениями (где это позволяют общие физико-географические условия), используя для них, в частности, рекультивируемые земли и часть малопродуктивных сельскохозяйственных угодий.

4. При размещении угодий необходимо учитывать сопряженность фаций, особенно их связи по гравитационному «каналу». Так, имея в виду водоохранное и почвозащитное значение лесов, важно обеспечить необходимую долю площади под лесом не только вдоль водотоков, оврагов и т. д., а главным образом на водоразделах и склонах, независимо от ценности этих земель для других видов использования.

Естественная тенденция к выносу химических элементов из плакорных (элювиальных, автономных) фаций значительно усиливается при распахке и в особенности при внесении удобрений в почву. Растительность способна перехватывать и интенсивно аккумулировать элементы, важные для минерального питания, в подчиненных фациях подножий, депрессий, долин и т. д., препятствуя их выносу из ландшафта. Она играет, таким образом, роль важнейшего биогеохимического барьера. Такие барьеры из высокопродуктивной растительности необходимо размещать на путях движения химических элементов (Глазовская, 1969). Водоёмы при умелой организации рыбоводства могли бы использоваться, по выражению М. А. Глазовской, как геохимические ловушки, улавливающие часть «прорвавшихся» биологически важных элементов.

5. Рациональное распределение угодий должно сопровождаться повышением их потенциала путем разного рода мелиораций. К мелиоративным воздействиям следует в сущности отнести и правильную агротехнику, которая преследует те же цели регулирования природных процессов и пользуется теми же «рычагами», о которых шла речь в предыдущей главе. С этой точки зрения в системе агротехнических мероприятий можно различать три основных звена:

а) механические способы регулирования поверхностного стока (зяблевая вспашка, снегозадержание, вспашка поперек склона, контурная вспашка, обвалование, террасирование склонов) с целью предотвращения гравигенных процессов и «утечки» элементов минерального питания, усиления транспирации и увеличения биологической продуктивности;

б) биологические методы (лесные полосы, многоотраслевое хозяйство с интенсивным животноводством, рациональные севообороты, чередование пропашных с бобовыми и плотнокустовыми злаками, покровные культуры, «зеленые» удобрения) как эффективные средства «перехвата» поверхностного стока и усиления биогенного круговорота химических элементов, а также регулирования биологических процессов (например, лесные полосы служат местобитаниями для птиц, уничтожающих вредных насекомых);

в) химические методы — прямое воздействие на геохимический круговорот и через него на биологическую продуктивность — с помощью удобрений, а также на биологические процессы — с помощью пестицидов и гербицидов.

Соответствующий комплекс мелиоративных и культуртехнических мероприятий должен применяться на угодьях других типов — лесных, пастбищных и т. д.

Химические способы воздействия требуют особой осторожности; недоучет естественных условий миграции элементов в связи с другими звеньями функционирования ландшафта приводит к нарушению геохимического равновесия, разрыву циклов круговорота и опасным последствиям, о чем уже шла речь в первом разделе этой книги.

6. Во многих ландшафтах в интересах сохранения природного равновесия целесообразно экстенсивное, «приспособительное» использование земель. Известно, например, что естественные ценозы полнее используют солнечную энергию и воду для продуцирования биомассы, чем культурные. Наиболее эффективны в этом отношении лесные сообщества, в меньшей степени это же относится и к степным (см., например, Герасимов, 1967). Некоторые зарубежные авторы идеализируют примитивные методы использования земель, основываясь на том, что, в частности, кочевое скотоводство наиболее «экологично» в смысле налаженности пищевых цепей (с человеком на вершине) и эффективно с точки зрения охраны природы.<sup>39</sup> При определенных условиях «выгодна» переложная система земледелия, хотя в других условиях (крутые склоны, известняковый субстрат и др.) она чрезвычайно вредна, так как катастрофически нарушает водный баланс и вызывает интенсивную эрозию.<sup>40</sup>

<sup>39</sup> Использование и охрана природных ресурсов. М., «Прогресс», 1972, с. 53.

<sup>40</sup> См. там же, с. 50—51.

Естественно, что в современную эпоху сохранение столь архаичных методов использования земель нереально, и подобные земли частично следует рассматривать как потенциальный фонд для интенсивного сельскохозяйственного использования.<sup>41</sup> Тем не менее в некоторых конкретных ландшафтно-географических условиях «приспособительное» использование земель экономически целесообразно. В акациевых саваннах Восточной Африки, где концентрация домашних животных не может сравниться 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 (Использование и охрана... 1972). К. М. Малин (1967) считает, что в СССР при увеличении поголовья диких животных до «нормы» ряда других стран и правильном охотничьем хозяйстве можно ежегодно получать не менее 200 тыс. т товарного мяса.

Существенный дополнительный источник биологической продукции — использование дикорастущих плодов, ягод, грибов. Болота могут дать до 500 кг/га клюквы, а также определенное количество дичи, что в сочетании с водоохраным и другим значением болот (в частности как местообитаний редких видов и сообществ) во многих случаях определяет целесообразность их сохранения вместо осушения.

7. В планах организации территории ландшафта необходимо предусматривать полное или частичное изъятие некоторых земель из хозяйственного использования — в интересах природоохранительных, оздоровительных, культурно-воспитательных, научных, а также и экономических.

Высшая категория охраняемых территорий — заповедники. Они служат как бы эталонами геосистем и представляют ценность не только как своего рода природные музеи, но и служат природными лабораториями для комплексного изучения геосистем, идеальными местами для размещения ландшафтных стационаров. Заповедники необходимы для сохранения генофонда растений и животных, многих редких видов, а также в качестве убежищ и центров расселения флоры и фауны, откуда может происходить пополнение охотничьих угодий. Кроме того, они выполняют водорегулирующие и охранные функции для прилегающих территорий. Полные заповедники должны быть закрыты не только для хозяйственной деятельности, но и для всякого массового посещения, и использоваться только для научных ис-

<sup>41</sup> Многие рациональные формы хозяйства, выработанные в процессе многовекового приспособления к природным условиям, основывались на поддержании природного равновесия. Так, в Древнем Египте существовала система сезонного орошения, хорошо приспособленная к естественному режиму Нила. Она была эффективной в условиях натурального хозяйства, но введение товарной культуры — хлопчатника — потребовало круглогодичного орошения, которое привело к нарушению баланса твердых наносов и солей (Саушкин, 1970, с. 275—276).

следований. К сожалению, многие современные заповедники не соответствуют своему назначению и используются для туризма, охоты, заготовки дикорастущих растений и т. д., тогда как научные исследования в них организованы недостаточно хорошо. На это уже не раз указывала наша печать.<sup>42</sup>

Для эффективного выполнения своих функций заповедник должен занимать достаточно большую и репрезентативную территорию, охватывающую весь типичный ряд сопряженных геосистем. Небольшие заповедники, окруженные со всех сторон освоенными землями, подвергаются разнообразному «давлению» со стороны последних, начиная от чрезмерного скопления животных и вторжения сорняков и кончая влиянием техногенных загрязнений. Каждый заповедник должен быть окружен буферной зоной с ограничительным режимом использования.

От собственно заповедников следует отличать другие категории так называемых охраняемых территорий, которые не имеют пока единого статуса, классификации и номенклатуры. К ним относятся национальные парки, заказники и др. Национальные парки, занимающие иногда десятки тысяч квадратных километров, предназначаются главным образом для массового туризма и открыты для широкого посещения (в США их ежегодно посещает более 100 млн человек; число посетителей Татранского парка составляет 4 млн). К ним приближаются «ландшафтные заказники» (в ГДР, ЭССР), небольшие по площади территории, где хозяйственная деятельность не прекращается, но сохраняются внешние черты ландшафта. «Заказники» предназначены главным образом для охраны диких животных, в том числе перелетных птиц. Они закрыты для охоты на разные сроки, иногда практически на неограниченное время, и в последнем случае приближаются к заповедникам (например, в ряде африканских стран, см. рис. 7). В некоторых странах (ГДР) имеются «природные резерваты» — обычно небольшие охраняемые участки, где охраняется фауна и ведутся научные исследования. Наконец, к обширной группе «памятников природы» относятся отдельные охраняемые природные объекты: пещеры, крупные валуны, геологические обнажения, виды животных и растений, отдельные деревья и т. п.

8. Существенное значение имеет «уход за ландшафтом», т. е. его внешнее благоустройство, поддержание и формирование высоких эстетических качеств. В значительной степени это достигается уже путем рационального размещения различных угодий, рекультивации земель, озеленения и т. д., о чем говорилось выше. Дополнительные мероприятия связаны главным образом с проблемой «вписывания» в ландшафт различных сооружений, что входит в сферу так называемой ландшафтной архитектуры.

<sup>42</sup> См., например, о положении в Бадхызском заповеднике: «Известия», 1974, 3 дек., № 282 (17820).

Казалось бы мелкая, но немаловажная деталь — упорядочение придорожных зон: желательно сохранить или создать вдоль них зеленые полосы, убрать линии связи и электропередач в кабели. Прав Р. Парсон (1969) в том, что рекламные щиты вдоль дорог опошляют ландшафт, опасны для водителей и вызывают желание бойкотировать рекламируемые товары.

Конкретные пути организации территории, разумеется,

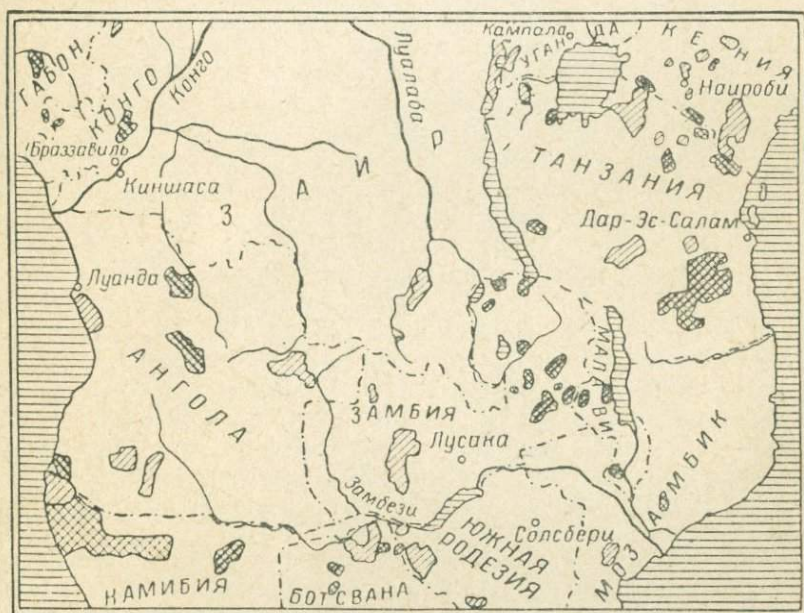


Рис. 7. Схема размещения охраняемых территорий в странах Центральной Африки.

1 — заповедники и долговременные заказники; 2 — национальные парки.

весьма многообразны и зависят, во-первых, от природной структуры самого ландшафта, во-вторых, — от социального заказа и, в-третьих, — от «наследия», оставленного хозяйничаньем предшествующих поколений.

Способы организации территории должны быть дифференцированы по типам и видам ландшафтов, т. е. с учетом их зональной и провинциальной принадлежности, морфологического строения и других типологических и индивидуальных свойств (см. рис. 5). Хозяйственные нагрузки на ландшафт необходимо регулировать в соответствии с его естественной структурой, в которой могут быть заложены те или иные лимитирующие факторы. Это относится в особенности к ландшафтам с неустойчивым природным равновесием. Например, следует полностью исклю-

чить вырубку лесов в высоко- и среднегорьях с их высоким гравитационным потенциалом. В низкогорьях допустимы лишь выборочные, тщательно регламентированные вырубки и замена лесных угодий, как правило, пастбищами, но не пашнями.

Социальный заказ формулируется главным образом перспективными и текущими планами развития народного хозяйства, определяющими потребности в ресурсах и площадях, как правило, для многоотраслевых целей. При этом между различными отраслями нередко возникают противоречия в отношении использования земельных, водных и других ресурсов. Так, земли, наиболее удобные для промышленного и коммунального строительства или предназначенные для открытых горных работ, обычно бывают ценными в сельскохозяйственном или рекреационном отношении. Интересы разных «потребителей» остро сталкиваются при дефиците воды. В интересах сельского и лесного хозяйства часто бывает важным задержать часть поверхностного стока, тогда как для промышленного и бытового водоснабжения, транспорта, энергетики это не выгодно. Один из наиболее показательных примеров — создание водохранилищ, когда возникает конфликтная ситуация между интересами гидроэнергетики, сельского хозяйства, рыболовства, водного транспорта и т. д. (Саушкин, 1970). Выбор решения должен определяться не только экономическими расчетами, но и всесторонней оценкой возможных будущих физико-географических последствий образования обширного искусственного водоема. В связи с этим возникает проблема ландшафтно-географического прогноза (Арманд, 1968).<sup>43</sup>

Рекомендации ландшафтоведа должны иметь альтернативный характер и содержать несколько вариантов организации территории с учетом возможных путей трансформации угодий, мелиорации и прогнозных разработок, так чтобы предоставлялась возможность выбора экономически наиболее оптимального варианта. Однако в некоторых случаях нужно выбирать вариант, экономически как будто менее выгодный, но рациональный с точки зрения сохранения природного равновесия и «отдачи» в будущем.

Формирование культурного ландшафта может проводиться как на основе ландшафтов, практически почти не измененных человеческой деятельностью (например, при промышленном освоении новых территорий на севере Западной Сибири, в Северном Забайкалье, Центральной Якутии и т. п.), так и путем реконструкции ландшафтов, глубоко нарушенных (старые урбанизированные, горнопромышленные и другие районы), где планировочная структура складывалась стихийно.

<sup>43</sup> С. Л. Вендров (1970) склоняется к тому, что на равнинах создание крупных водохранилищ следует по возможности ограничивать. По-видимому, здесь не может быть однозначного решения. В аридных областях водохранилища дают больше преимуществ, чем в гумидных.

В обоих случаях имеются своя специфика и свои трудности. В ландшафтах первого рода особенно актуально предварительное проведение комплексной оценки условий жизни населения с учетом медико-географической ситуации и других природных факторов, а также оценки пригодности геосистем для сельскохозяйственного и инженерного освоения. Не менее важно дать прогноз возможных нарушений структуры ландшафтов в результате осуществления хозяйственных проектов, например мощных гидроузлов типа Нижне-Обского или Печоро-Вычегодского.

Рациональная организация давно освоенных и в той или иной степени нарушенных ландшафтов сталкивается с недостатком резервных земель, необходимостью коренной трансформации угодий, преодолением противоречивых запросов. В пригородных зонах крупных городов необходимо предусмотреть резервы для дальнейшего развития города и его спутников, создание защитного зеленого пояса и рекреационных угодий для кратковременного и длительного отдыха населения, обеспечение земельного фонда для пригородного сельского хозяйства, коммуникаций и т. д. Как отмечает Е. Н. Перцик (1973), старая планировочная система обладает большой инерцией, ее перестройка требует больших усилий и капиталовложений. Поэтому проекты организации таких территорий нет смысла разрабатывать на короткие сроки, и нужно смотреть на 50—100 лет вперед. Это обстоятельство, опять же, настоятельно диктует необходимость физико-географического прогноза изменений, которые за этот период могут произойти в ландшафтах как в силу естественных причин, так и в результате человеческого воздействия.

Организация ландшафта в изложенном здесь понимании непосредственно соприкасается с районной планировкой. Надо сказать, что единого и точного определения районной планировки нет, но кратко цель ее можно определить как размещение объектов народного хозяйства (промышленных предприятий, коммуникаций и др.) и мест расселения в пределах административных областей, республик, отдельных промышленных узлов, пригородных зон крупных городов и т. д. (Богорад, 1965; Перцик, 1973). Таким образом, объекты районной планировки — административно-экономические районы того или иного ранга или производственные территориальные комплексы. Хотя в руководствах по районной планировке предусматриваются мероприятия по «охране и обогащению природы», практически до сих пор им не уделялось должного внимания. Д. И. Богорад признает, что эта проблема в широкой ее постановке «по своему содержанию и значению выходит далеко за рамки того круга вопросов, которые решаются в проектах районной планировки». <sup>44</sup>

<sup>44</sup> Богорад Д. И. Конструктивная география района. М., «Мысль», 1965, с. 323.

В тех же руководствах «географические аспекты» районной планировки сводятся к экономико-географическим. К настоящему времени имеется лишь небольшой опыт участия физико-географов в районных планировках. Обычно же они проводятся с поверхностным и отнюдь не комплексным учетом некоторых физико-географических условий. Полное непонимание сущности охраны природы и ландшафтно-географического подхода к организации территории проявляют даже авторы учебников по районной планировке (см. Савченко, Липявкин, 1970).

В дальнейшем роль ландшафтоведа в разработке схем и проектов районной планировки будет рассмотрена специально. Пока нужно лишь заметить, что при современных темпах индустриализации и урбанизации, роста их «давления» на природную среду, осуществлять районную планировку без опоры на ландшафтно-географические разработки недопустимо. Ландшафтные исследования по логике вещей должны опережать разработку планов и проектов социально-экономического развития территории.

---

Сейчас еще рано утверждать, что ландшафтоведы имеют «готовую» теорию культурного ландшафта и разработанную методiku его проектирования. К этому они должны прийти постепенно по мере накопления практического опыта и дальнейшего развития фундаментальных исследований по общей теории ландшафта.

Первостепенное теоретическое значение имеет изучение структуры геосистем разных уровней, их функционирования, динамики и развития. С этим циклом исследований тесно связан последующий — познание «механизма» человеческого воздействия на природу геосистем. То и другое должно создать предпосылки для прогноза, т. е. для предвидения возможных изменений в природных комплексах, обусловленных как естественными причинами, так и различного рода человеческими воздействиями.

Что касается опыта прикладных исследований, то здесь имеются в виду работы ландшафтоведов по обслуживанию отдельных отраслей хозяйства, мелиоративных и архитектурных проектов и т. д. Эти частные прикладные направления, о которых будет идти речь в дальнейшем, надо полагать, не потеряют своего значения и в будущем. Однако следует стремиться к их максимальному комплексированию. Обобщение опыта подобных работ на основе единой научной концепции послужит существенным вкладом в разработку принципов организации культурного ландшафта.

Существенным препятствием для развития как теоретического, так и прикладного ландшафтоведения служат недостаточная изученность ландшафтов страны, разрозненность и отрывочность фактов, относящихся к их структуре, функционированию и развитию. Отсюда встает задача полной и комплексной инвентаризации ландшафтов Советского Союза как необходимой предпосылки для их оптимизации.

Следующая задача, точнее комплекс задач, относящихся уже непосредственно к развитию прикладного ландшафтоведения, — разработка методов прикладных ландшафтных исследований и прежде всего методов прикладной оценки геосистем и ландшафтно-географического прогнозирования. Эти вопросы будут рассмотрены во второй части настоящей работы.

## УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

- Авакян А. Б., Овчинникова С. П. Некоторые данные о водохранилищах мира. — «Гидротехнич. строительство», 1971, № 8, с. 48—51.
- Алпатьев А. М. Влагообороты в природе и их преобразование. Л., Гидрометеониздат, 1969. 323 с.
- Антонников А. Ф. Гидростроительство и рыбное хозяйство. — «Природа», 1970, № 9, с. 2—7.
- Арманд Д. Л. Нам и внукам. 2-е изд. М., «Мысль», 1966. 252 с.
- Арманд Д. Л. Физическая география в наши дни. М., «Знание», 1968. 48 с.
- Бааде Ф. Мировое энергетическое хозяйство. М., ИЛ, 1960. 248 с.
- Баранский Н. Н. Экономическая география. Экономическая картография. М., Географиз, 1956. 366 с.
- Баттан Л. Д. Загрязненное небо. М., «Мир», 1967. 124 с.
- Бауэр Л., Вайничке Х. Забота о ландшафте и охрана природы. М., «Прогресс», 1971. 264 с.
- Беличенко Ю. П. Воде быть чистой. — «Известия», 1974, 9 окт., № 238(17776).
- Богорад Д. И. Конструктивная география района. М., «Мысль», 1965. 407 с.
- Борисов П. М. Роль крупных гидротехнических сооружений в преобразовании природы СССР. — В кн.: Природа и общество. М., «Наука», 1968, с. 265—277.
- Борисов П. М. Может ли человек изменить климат? М., «Наука», 1970. 192 с.
- Будыко М. И. Изменения климата. Л., Гидрометеониздат, 1969. 38 с.
- Будыко М. И. Влияние человека на климат. Л., Гидрометеониздат, 1972. 47 с.
- Будыко М. И., Гандин Л. С., Дроздов О. А. и др. Перспективы воздействия на глобальный климат. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1974, № 2, с. 11—23.
- Введение в геогигиену. М.—Л., «Наука», 1966. 324 с.

Вендров С. Л. Проблемы преобразования речных систем. Л., Гидрометеоздат, 1970. 236 с.

Вендров С. Л., Авакян А. Б., Дьяконов К. Н., Ретеюм А. Ю. Роль водохранилищ в изменении природных условий. М., «Знание», 1968. 46 с.

Воейков А. И. Воздействие человека на природу. М., Изд-во АН СССР, 1963. 252 с.

Вольф М. Б. Географический аспект мирового производства минеральных удобрений. — Изв. ВГО, 1974, т. 106, вып. 4, с. 315—322.

Гальцов А. П. О теоретических основах проблемы преобразования природы. — В кн.: Развитие и преобразование географической среды. М., «Наука», 1964, с. 111—128.

Гангардт Г. Г. Водные ресурсы СССР. М., «Знание», 1968. 16 с.

Герасимов И. П. Преобразование природы и развитие географической науки в СССР. М., «Знание», 1967. 96 с.

Герасимов И. П. Международная конференция по научным основам рационального использования и сохранения ресурсов биосферы. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1969а, № 1, с. 146—153.

Герасимов И. П. Нужен генеральный план преобразования природы. — «Коммунист», 1969б, № 2, с. 68—79.

Глазовская М. А. Техногенез и проблемы ландшафтно-географического прогнозирования. — Вестн. Моск. ун-та, сер. геогр., 1968, с. 30—36.

Глазовская М. А. Изучение геохимии ландшафтов в интересах увеличения их биологической продуктивности. — Вестн. Моск. ун-та, сер. геогр., 1969, № 1, с. 10—19.

Глухов В. Н. Индустрия и природа. — «Природа», 1971, № 9, с. 29—35.

Грин М. Ф. Проблемы преобразования природы и задачи географии. — В кн.: Природа и общество. М., «Наука», 1968, с. 118—130.

Давитая Ф. Ф. Загрязнение земной атмосферы и изменение ее газового состава. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1971, № 4, с. 5—17.

Давитая Ф. Ф. Изменение газового состава атмосферы и проблемы биосферы. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1972, № 3, с. 22—25.

Дессенс А. Можем ли мы изменить климат? Л., Гидрометеоздат, 1969. 119 с.

Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой. М., «Прогресс», 1973. 379 с.

Дзерждзевский 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.

Дорст Ж. До того как умрет природа. М., «Прогресс», 1968. 415 с.

Доскач А. Г. К вопросу о роли географической науки в разработке проблемы взаимодействия природы и общества. — В кн.: Природа и общество. М., «Наука», 1968, с. 58—68.

Доскач А. Г., Трусков Ю. П., Фадеев Е. Т. Проблема взаимодействия природы и общества и современная география. — «Вопросы философии», 1965, № 4, с. 104—115.

- Дюбос Р. Человек и его экосистемы. — В кн.: Биосфера и ее ресурсы. М., «Наука», 1971, с. 72—89.
- Дювиньо П. и Танг М. Биосфера и место в ней человека. М., «Прогресс», 1968. 253 с.
- Ефремов Ю. К. Природа на службе общества. М., «Знание», 1968. 48 с.
- Забелин И. М. Теория физической географии. М., Географгиз, 1959. 303 с.
- Забелин И. М. Физическая география и наука будущего. М., Географгиз, 1963. 112 с.
- Заугольников С. Д., Качанов М. М. Охрана биосферы от вредных химических веществ. — «Природа», 1970, № 8, с. 24—27.
- Защита природной среды. — «Проблемы мира и социализма», 1972, № 6, с. 10—29.
- Игнатъев Г. М. Проблемы использования природных ресурсов и влияние хозяйственной деятельности на природные условия в США. — Вестн. Моск. ун-та, сер. геогр., 1971, № 2, с. 41—46.
- 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. О единстве географии. — Изв. ВГО, 1971б, т. 103, вып. 3, с. 289—310.
- Исаченко А. Г. Детерминизм и индетерминизм в зарубежной географии. — Вестн. Ленингр. ун-та, 1971в, № 24, с. 85—96; 1972, № 6, с. 82—95.
- Исаченко А. Г. О так называемых антропогенных ландшафтах. — Изв. ВГО, 1974а, т. 106, вып. 1, с. 70—77.
- Исаченко А. Г. Ландшафтно-географические основы рационального использования, преобразования и охраны природной среды. — В кн.: Человек и среда обитания. Л., (Геогр. общ. СССР), 1974б, с. 33—43.
- Исаченко А. Г. Ландшафт как предмет человеческого воздействия. — Изв. ВГО, 1974в, т. 106, вып. 5, с. 361—371.
- Использование и охрана природных ресурсов. М., «Прогресс», 1972. 295 с.
- Калесник С. В. Проблема географической среды. — Вестн. Ленингр. ун-та, 1968, № 12, с. 91—96.
- Калесник С. В. Общие географические закономерности Земли. М., «Мысль», 1970. 283 с.
- Калинин Г. П. Проблемы глобальной гидрологии. Л., Гидрометеондат, 1968. 377 с.
- Камшилов М. М. Человек и живая природа. — «Природа», 1969, № 3, с. 28—37.
- Кириллин В. А. О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов. — «Известия», 1972, 20 сент., № 221 (17149).
- Ковда В. А. Биосфера и человечество. — В кн.: Биосфера и ее ресурсы. М., «Наука», 1971, с. 7—52.

Колотиевский А. М. Вопросы теории и методики экономического районирования. Рига, «Зинатне», 1967. 246 с.

Комар И. В. Обмен веществ «природа — общество» и некоторые вопросы его оптимизации. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1969, № 5, с. 43—57.

Комар И. В. Ресурсные циклы, их планетарная и региональная структура. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1972, № 3, с. 43—49.

Коммонэр Б. Замыкающийся круг. Л., Гидрометеониздат, 1974. 279 с.

Константинов Ф. В., Аксененок Г. А. Человек и природа в эпоху научно-технической революции. — «Природа», 1971, № 10, с. 2—7.

Котельников В. Л., Саушкин Ю. Г. Население и природа. — В кн.: Науч. проб. географии населения. М., 1967, с. 206—216.

Кратцер П. А. Климат города. М., ИЛ, 1958. 239 с.

Кутырин И. М., Беличенко Ю. П. Охрана водных ресурсов — проблема современности. Л., Гидрометеониздат, 1971. 56 с.

Лавренко Е. М. Основные проблемы биогеоценологии и задачи биогеоценологических исследований в СССР. — «Журн. общ. биологии», 1971, т. 32, № 4, с. 395—408.

Ламарк Ж. Избранные произведения, т. 2. М., 1959. 895 с.

Ландсберг Г. Г., Фишман Л. Л., Фишер Ф. Л. Ресурсы США в будущем. М., «Прогресс», 1965, т. 1. 564 с.; т. 2. 523 с.

Лебедев А. Д., Преображенский В. С., Райх Е. Л. Антропоэкологический аспект проблемы «человек—среда». — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1972, № 4, с. 36—45.

Ленькова А. Оскальпированная Земля. М., «Прогресс», 1971. 287 с.

Лукашев К. И. Технический прогресс и проблема ресурсов. Минск, «Наука и техника», 1968. 237 с.

Львович М. И. Водные ресурсы будущего. М., «Просвещение», 1969. 172 с.

Львович М. И., Коронкевич Н. И. Ориентировочный прогноз использования и охраны водных ресурсов СССР на уровне 2000 г. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1971, № 2, с. 35—47.

Малин К. М. Жизненные ресурсы человечества. М., «Наука», 1967. 187 с.

Марш Дж. П. Человек и природа, или о влиянии человека на изменение физико-географических условий природы. Спб., 1866. 592 с.

Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. М., «Мысль», 1973. 224 с.

Миц А. А. Естественные ресурсы, содержание понятия и вопросы классификации. — В кн.: Природа и общество. М., «Наука», 1968, с. 165—180.

Михайлов С. В. Мировой океан и человечество. М., «Мысль», 1969. 399 с.

Монин А. С. Прогноз погоды как задача физики. М., «Наука», 1969. 184 с.

Нельсон-Смит А. Загрязнение моря нефтью. Л., Гидрометеониздат, 1973. 124 с.

Неуструев С. С. Естественные районы Оренбургской губернии. — В кн.: Оренбургские степи в трудах П. И. Рычкова, Э. А. Эверсмана и С. С. Неуструева. М., Географиз, 1949, с. 266—410.

Ничипорович А. А. Международная биологическая программа и процессы формирования первичной биологической продукции на Земле. — В кн.: Междунар. биол. программа. М., 1968. 40 с.

Новик И. Б. Методологические вопросы оптимизации биосферы. — «Природа», 1972, № 9, с. 5—9.

Парсон Р. Природа предъявляет счет. М., «Прогресс», 1969. 567 с.

Перцик Е. Н. Районная планировка. М., «Мысль», 1973. 271 с.

Плетников Ю. К. Предмет географии и наука о взаимодействии общества с природой. — В кн.: Природа и общество. М., «Наука», 1968, с. 131—140.

Преображенский В. С. Беседы о современной физической географии. М., «Наука», 1972. 167 с.

Природа и общество. М., «Наука», 1968. 346 с.

Ресурсы биосферы на территории СССР. М., «Наука», 1971. 295 с.

Россолимо Л. Л. Пути развития озер в культурных ландшафтах. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1968, № 1, с. 46—55.

Россолимо Л. Л. Проблема антропогенного евтрофирования озер и пути ее решения. — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1971, № 1, с. 35—45.

Руткевич М. Н., Шварц С. С. Философские проблемы управления биосферой. — «Вопросы философии», 1971, № 10, с. 52—63.

Рябчиков А. М. Структура и динамика геосферы. М., «Мысль», 1972. 223 с.

Савченко И. П., Липявкин А. Ф. Основы районной планировки. М., «Высшая школа», 1970. 278 с.

Саушкин Ю. Г. Культурный ландшафт. — «Вопросы географии», 1946, № 1, с. 97—106.

Саушкин Ю. Г. К изучению ландшафтов СССР, измененных в процессе производства. — «Вопросы географии», 1951, № 24, с. 276—299.

Саушкин Ю. Г. Введение в экономическую географию. Изд. 2-е. М., Изд-во Моск. ун-та, 1970. 339 с.

Сидоренко А. В. Человек, техника, Земля. М., «Недра», 1967. 67 с.

Современное состояние природной среды (биосферы) на территории Европы и пути ее сохранения и улучшения. Вильнюс, 1972. 263 с.

Состояние природной среды в зарубежных странах. М., Изд-во Моск. ун-та, 1974. 194 с.

Сочава В. Б. Структурно-динамическое ландшафтоведение и географические проблемы будущего. — Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальн. Востока, 1967, № 16, с. 18—31.

Сочава В. Б. География и экология. — Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальн. Востока, 1971, № 29, с. 43—54.

Сочава В. Б. Системная парадигма в географии. — Изв. ВГО, 1973, т. 105, вып. 5, с. 393—400.

Сочава В. Б. Геотопология как раздел учения о геосистемах. — В кн.: Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск, «Наука», 1974, с. 3—86.

Страбон. География в 17 книгах. М., «Наука», 1964. 942 с.

Татищев В. Н. Избранные труды по географии России. М., Географгиз, 1950. 248 с.

Теория и методика географических исследований экологии человека. М., 1974. 181 с.

Тимофеев-Ресовский Н. В. Биосфера и человек. — «Природа», 1970, № 8, с. 2—9.

Трусов Ю. П. Понятие о ноосфере. — В кн.: Природа и общество. М., «Наука», 1968, с. 28—47.

Урсул А. Д. Информационный аспект взаимодействия общества и природы. — В кн.: Природа и общество. М., «Наука», 1968, с. 290—297.

Федоров Е. К. Некоторые проблемы наук о Земле. — В кн.: Взаимодействие наук при изучении Земли. М., «Наука», 1964, с. 25—54.

Федоров Е. К. Преобразование погоды и климата. — «Природа», 1971, № 9, с. 36—44.

Федоров Е. К. Взаимодействие общества и природы. Л., Гидрометеопиздат, 1972. 88 с.

Ферсман А. Е. Геохимия, т. II. М. — Л., ОНТИ, 1934. 324 с.

Фюрон Р. Проблемы воды на земном шаре. Л., Гидрометеопиздат, 1966. 256 с.

Хильми Г. Ф. Философские вопросы проблемы преобразования природы. — В кн.: Взаимодействие наук при изучении Земли. М., «Наука», 1964, с. 55—64.

Человек, общество и окружающая среда. М., «Мысль», 1973. 436 с.

Шипунов Ф. Я. Опасная болезнь ландшафтной сферы. — «Природа», 1968, № 10, с. 3—13.

Шкловский И. С. Вселенная. Жизнь. Разум. М., Изд-во АН СССР, 1962. 239 с.

Эренфелд Д. Природа и люди. М., «Мир», 1973. 254 с.

Vaade F. Der Weltlauf zum Jahre 2000. G. Stalling Verl., 1960; 2te Aufl. Berlin, 1968. 404S.

Bryson R. A., Kutzbach J. E. Air pollution. — Ass. Amer. Geogr., Resource papers, N 2. Madison, 1968. 67 p.

Environmental quality. The first annual report of the Council on environmental quality together with the President's message to Congress. Wash., 1970. 326 p.

Forrester J. World dynamics. Cambridge (Mass.), Wright Allen Press, 1971. 142 p.

Man's impact on the global environment. Cambridge (Mass.) a. London, Mass. Inst. Techn.-Press, 1970. 319 p.

Man's role in changing the face of the earth. Chicago, Univ. Chicago Press, 1956. 1193 p.

Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. The limits to growth. N. Y., Universal books, 1972. 205 p.

Perspective on environment. — Ass. Amer. Geogr., publ. N 13. Wash., 1974. 395 p.

Wolman A. The metabolism of cities. — «Scientific American», 1965, vol. 213, N 3, p. 179—190.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
<b>Взаимодействие природы и общества, пути его оптимизации и задачи прикладного ландшафтоведения</b>	
География и вопросы взаимодействия природы и общества . . . . .	5
О роли природной среды в жизни общества . . . . .	17
Научно-техническая революция и воздействие человека на природу . . . . .	21
Воздействие человека на физико-механические и биотические процессы в геосистемах . . . . .	27
Техногенные изменения круговорота веществ и теплового баланса, их физико-географическое, экономическое и экологическое значение . . . . .	39
Проблема природных ресурсов . . . . .	66
Перспективы оптимизации техногенного воздействия на природную среду . . . . .	79
<b>Культурный ландшафт</b>	
Цели оптимизации природной среды и сущность ландшафтно-географического подхода . . . . .	101
Понятие о культурном ландшафте и основные задачи его формирования . . . . .	111
Некоторые теоретические предпосылки для преобразования ландшафта . . . . .	116
Регулирование природных процессов в ландшафте . . . . .	127
Рациональное использование земель и организация территории ландшафта . . . . .	134
Указатель литературы . . . . .	144

*Исаченко Анатолий Григорьевич*

ПРИКЛАДНОЕ  
ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ  
Часть I

Редактор *Т. И. Петровская*  
Техн. редакторы *В. Ф. Яни, Л. И. Киселева*  
Корректоры *Э. А. Горелик, Е. К. Терентьева*

М-40677. Сдано в набор 28.XI.75 г.  
Подписано к печати 10 V 1976 г.  
Бумага типографская № 3. Формат бумаги 60×90<sup>1/16</sup>.  
Печ. л. 9,5. Уч.-изд. л. 10,21. Бум. л. 4,75.  
Тираж 2685 экз. Заказ 3749. Цена 1 р. 02 к.

Издательство ЛГУ им. А. А. Жданова  
199164. Ленинград, Университетская наб., 7/9.

Типография № 2 Ленуприздата.  
192104. Ленинград, Литейный пр., 55.

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

В 1976 г.

ВЫХОДЯТ В СВЕТ СЛЕДУЮЩИЕ КНИГИ:

Фукс В. Р. **Планетарные волны в океане.** Под ред. А. И. Дуванина. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1976 (IV кв.), 10 л., 1000 экз., 1 р. 20806.

Монография посвящена проблеме возникновения и трансформации планетарных волн в океане, обусловленных сферичностью и вращением Земли. Развивается гидродинамическая и стохастическая теория крупномасштабных колебаний в океане. На ее основе производится идентификация волновых движений, выделенных в Тихом океане. Рассматривается возможность возбуждения крупномасштабных волн в океане под действием атмосферного давления, тангенциального напряжения ветра и приливообразующих сил.

Книга представляет интерес для широкого круга научных сотрудников, инженеров, аспирантов и студентов гидрометеорологических специальностей.

Малясова Е. С. **Палинология донных осадков Белого моря.** Под ред. А. Р. Серебрянного. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1976 (II кв.), 10 л., 1000 экз., 1 р. 20801.

В работе рассматриваются особенности формирования пыльцевых спектров в Белом море, дается оценка степени детальности фитоценологических реконструкций по результатам палинологического анализа морских осадков. Разработано палинологическое обоснование детального стратиграфического расчленения донных осадков. Установлено значение палинологического метода для решения некоторых вопросов истории бассейна в голоцене.

Книга рассчитана на специалистов-палинологов, а также широкий круг географов и геологов, интересующихся методами изучения геологической истории морей.

ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯТЬ ПО АДРЕСУ:

197110, Ленинград, Петрозаводская ул., д. 7

Магазин „Книга-почтой“ Северо-Западной конторы „Академкнига“

1 р. 02 к.

2029

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА · 1976