

А.Г.Исаченко



**Экологическая
география
России**

УДК 911.581.5

ББК 26.8

И85

Рецензент — доктор географических наук, профессор Ю. Д. Дмитриевский

Исаченко А. Г.

И85 Экологическая география России. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. — 328 с.

ISBN 5-288-02517-7

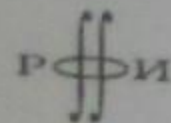
В книге впервые дается комплексная экологическая характеристика среды обитания населения РФ на основе ландшафтно-экологического районирования. Первая часть посвящена анализу естественного экологического потенциала ландшафтов, биоклиматических и биогеохимических условий, водобеспеченности, экологической роли растительного и животного мира (в том числе предпосылок природно-очаговых заболеваний) и др. Во второй части речь идет об антропогенных воздействиях на географическую среду и дана сравнительная оценка современного экологического состояния природной среды всей страны по ландшафтными зонам и секторам. Составляющие завершённую серию 65 оригинальных тематических карт могут рассматриваться как основа эколого-географического атласа России.

Для широкого читателя. Может служить учебным и справочным пособием для студентов и специалистов географов и экологов.

Без объявл.

ББК 26.8

Издается при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 98-05-78172)



© А. Г. Исаченко, 2001

© Издательство
С.-Петербургского
университета, 2001

ISBN 5-288-02517-7

ВВЕДЕНИЕ

В решении современных экологических проблем человечества особая роль принадлежит географической науке. Среди всех наук география обладает наиболее богатым опытом изучения самых разнообразных аспектов взаимодействия между человеком и природой, ей присущ широкий и комплексный взгляд на это взаимодействие, а что касается среды обитания человечества — географической среды, то в ее исследовании географы с древнейших времен являются монополистами. Современный научный потенциал географии позволяет ей претендовать на разработку теоретических основ для решения гуманитарно-экологических проблем. Такие фундаментальные понятия, как среда обитания, экологический фактор, экологическое состояние территории, экологическая ситуация и т. п., имеют по существу географическое содержание.

Само понятие «экологическая проблема» сейчас наиболее глубоко и всесторонне трактуется с позиций географической науки. Не только в сознании обывателя, но и в умах специалистов, называющих себя экологами, сложилось одностороннее представление об экологических проблемах и экологии вообще. Эти понятия, как правило, связываются исключительно с ухудшением качества среды обитания, обусловленным человеческой деятельностью (загрязнение воздуха и воды производственными отходами, исчезновение лесов и т. п.). Всеобщее беспокойство, вызываемое такими явлениями, безусловно оправдано, однако нельзя забывать о том, что экологические ситуации и экологические проблемы во многих случаях создает сама природа, без какого-либо участия человека. Притом природные экологические факторы имеют более универсальный характер, они присутствуют везде, более устойчивы, часто оказываются «сильнее» антропогенных и с ними бывает труднее бороться. Достаточно напомнить о непреодолимо экстремальных экологических условиях полярных областей, тропических пустынь или нивально-гляциальных высокогорий, о катастрофических землетрясениях, наводнениях, природных геохимических аномалиях и т. д. Географический подход к изучению среды обитания людей требует учета как тех, так и других экологических факторов. Более того, природные факторы приходится расценивать как приоритетные — не только в силу их универсальности, но и потому, что от них в большей степени зависит экологический эффект антропогенных воздействий, формы, интенсивность и длительность их проявления. Иначе говоря, природная среда создает тот необходимый экологический фон, вне которого невозможно рассматривать экологический эффект антропогенных воздействий.

Со связанным связаны также существенные географические аспекты экологических проблем, как их территориальность и пространственная разномасштабность. Любая экологическая проблема имеет свое «пространственное выражение», характеризуется своими пространственными параметрами. Без конкретной территориальной привязки, с обязательной фиксацией на карте, всякие разговоры об экологических ситуациях и проблемах лишены практического смысла. Одна из слабых сторон традиционной экологии состоит в пространственной «безразмерности» ее основных категорий (и прежде всего экосистем), т. е. в неопределенности их территориальных границ. У экологии нет разработанной территориальной экосистемной иерархии, в ней не находит должного применения картографический метод исследования.

Для географии же исследование закономерностей территориальной дифференциации и интеграции земного пространства, упорядочение системы территориальных подразделений земной поверхности (а тем самым — природной среды человечества), разработка иерархии географических единиц и создание соответствующих карт — все это всегда составляло одну из главных научных задач. Географы установили, что географическая среда — это не случайный набор различных экологических факторов и условий, а сложно организованная совокупность геосистем различных уровней. И без учета структуры, функционирования, динамики этих геосистем и их взаимоотношений бесперспективно пытаться решать современные экологические проблемы.

Нередко при изучении экологических ситуаций используются искусственные или произвольные территориальные подразделения. Проще всего принять для этой цели сетку политико-административного деления, благо по ней строится вся государственная статистика. Но субъекты Российской Федерации или административно-территориальные единицы более низкого уровня имеют границы, случайные по отношению к природным процессам, они не могут препятствовать распространению ни природных, ни антропогенных экологических воздействий. Кроме того, они, как правило, внутренне разнородны по природным признакам и несопоставимы по размерам. Нельзя признать научным и такой подход, при котором на карте очерчиваются неопределенные «ареалы экологических ситуаций», не обнаруживающие каких-либо связей с ландшафтными, административными или другими рубежами. Довольно популярен «бассейновый подход», при котором территориальными объектами экологического анализа служат бассейны рек или озер. Этот подход оправдывает себя лишь в частных случаях, при решении некоторых специализированных проблем (например, эвтрофикации озер), но неприемлем в большинстве других ситуаций.

Имеющийся опыт дает основания утверждать, что универсальное значение для изучения экологических ситуаций и разработки территориальных экологических проблем имеет геосистемный, или ландшафтно-географический, подход, обеспечивающий их привязку к конкретным, объективно существующим территориальным подразделениям среды обитания человечества.

Как известно, существуют экологические проблемы разных уровней, или масштабов, и важно подчеркнуть, что эти уровни определяются пространственным критерием. Можно считать общепринятым деление экологических проблем на глобальные, региональные и локальные. Примечательно, что эта иерархия точно совпадает с иерархией геосистем.

Глобальные экологические проблемы (например, возможный перегрев атмосферы вследствие «парникового эффекта») затрагивают всю географическую оболочку как единую среду обитания всего человечества, его глобальную экосистему. Региональные проблемы чрезвычайно многочисленны, многообразны и в свою очередь разномасштабны. Пространственные ареалы проблем этого уровня (например, антропогенное опустынивание, загрязнение подземных вод, потеря почвенного плодородия и т. п.) и их иного уровня — от ландшафтных зон и субконтинентов до отдельных ландшафтов. Профессиональные интересы географов чаще всего связаны именно с региональными экологическими проблемами, и здесь приложение их сил наиболее перспективно. Заметим, что глобальные проблемы создаются в результате кумулятивного эффекта всей совокупности региональных антропогенных воздействий, и решать их надо на региональном уровне, т. е. путем оптимизации экологической ситуации в конкретных регионах. Не существует способа «сразу» исправить экологическую ситуацию на всей планете. К локальным следует отнести экологические проблемы, проявления которых не выходят за границы отдельного ландшафта и затрагивают его морфологические подразделения, т. е. геосистемы локального уровня. Решение этих проблем часто требует административного вмешательства (ликвидация свалок, запрет на вырубку водоохраных лесов и т. п.), но в ряде случаев рекомендации географа несомненно могут принести пользу (например, по наиболее рациональному использованию земель или трансформации угодий).

Обращая особое внимание на пространственную геосистемную организацию географической среды, в эколого-географических исследованиях нельзя упускать из вида временную составляющую. Современное состояние геосистем следует рассматривать как определенные стадии в непрерывных динамических рядах разного происхождения (природного и антропогенного) и разного порядка. Особенно актуальны кратко- и длительно-временные смены антропогенных модификаций геосистем в динамических рядах антропогенизации и ренатурализации. Ландшафтно-динамический анализ создает основу для построения сценариев дальнейшего изменения экологического потенциала и состояния геосистем и, следовательно, для экологического прогнозирования.

К настоящему времени в географических исследованиях определилось особое, эколого-географическое, направление, предметом которого служит изучение географической среды с экологической (точнее, гуманитарно-экологической) точки зрения и в целях решения экологических проблем. В задачи эколого-географических исследований входят оценка природного экологического потенциала геосистем, изучение антропогенных воздействий и их экологических последствий, анализ современного экологического состояния геосистем, их устойчивости к антропогенным нагрузкам, прогноз возможных дальнейших изменений. Результаты таких исследований должны дать научную базу для определения экологической емкости геосистем, обоснования допустимых антропогенных нагрузок, различных экологических нормативов.

Концептуальной основой экологической географии служит учение о природных геосистемах, рассматриваемых под экологическим углом зрения, т. е. в качестве конкретных региональных и локальных сред обитания людей, в совокупности образующих географическую среду человечества. Для развития изложенного подхода к изучению

геосистем фундаментальное значение приобретает понятие об экологическом потенциале ландшафта. Под экологическим потенциалом ландшафта подразумевается его способность обеспечивать потребности населения во всех необходимых первичных (т. е. собственно экологических, не связанных с производством) средствах существования — тепле, воздухе, воде, источниках пищевых продуктов, а также в природных условиях трудовой деятельности, отдыха, лечения, духовного развития. Различные ландшафты далеко не равноценны по своему экологическому потенциалу, и это обстоятельство отчетливо проявляется в условиях жизни людей, в плотности населения, его культуре, состоянии здоровья и многих других особенностях.

Экологический потенциал ландшафта не следует смешивать с его производственно-ресурсным потенциалом, т. е. способностью обеспечивать общественное производство всеми необходимыми (энергетическими, сырьевыми) ресурсами. Природно-ресурсный потенциал, таким образом, создает основу для производственной деятельности людей и служит предметом особого направления географических исследований, не имеющего прямого отношения к экологической географии, хотя и близкого к ней.

Природный экологический потенциал современных ландшафтов в большей или меньшей мере подвергается антропогенному воздействию, в результате чего создаются антропогенные экологические аномалии, как правило, ухудшающие качества среды обитания. Отсюда первейшей задачей эколого-географического исследования необходимо считать изучение современного экологического состояния ландшафтов как результата исторически сложившихся антропогенных «наслоений» на природный экологический фон.

Для решения своих научных задач экологическая география использует весь арсенал методов современного ландшафтоведения — полевых и камеральных, традиционных и новейших, специфических и общенаучных. Но особо следует выделить картографический метод, имеющий универсальное значение как способ упорядочения, анализа и обобщения разнообразной эколого-географической информации, дающий в то же время наилучшие возможности для изложения полученных научных результатов и практических рекомендаций. Карта сопровождает эколого-географическое исследование на всех его этапах и служит главным итоговым документом. Практически все показатели, интересующие географа-эколога, могут быть отражены на карте, и в процессе исследования можно создать большую серию аналитических и синтетических карт разнообразной тематики, но логически взаимосвязанных и в совокупности представляющих эколого-картографическую модель территории. Единство серии обеспечивается тем, что большинство карт строятся на общей ландшафтной основе, т. е. по сетке геосистем того или иного ранга.

Эколого-географическими исследованиями могут быть охвачены любые территории, очерченные как политическими или административными, так и природными (ландшафтными) границами или, например, границами речных бассейнов. Однако такие исследования должны осуществляться по естественным территориальным единицам, или геосистемам. Отсюда следует, что исходной предпосылкой для эколого-географического изучения всякой территории служит знание ее ландшафтной структуры, т. е. объективного разнообразия слагающих ее геосистем. Для этого нужно провести ландшафтное районирование, а при необходимости исследовать и морфологическое строение ландшафтов, и в случае отсутствия кондиционной ландшафтной карты составить таковую.

Изложенные принципы были апробированы при эколого-географическом анализе территории Севера ЕТР, или Северо-Запада России (А. Исаченко, 1995). Для всей территории Российской Федерации всесторонней эколого-географической характеристики пока еще не существует, хотя актуальность ее очевидна. В настоящее время вряд ли можно подготовить исчерпывающую эколого-географическую сводку по всей стране, и в данном случае такая цель не ставилась. Основную свою задачу автор видел в том, чтобы осветить важнейшие региональные эколого-географические закономерности на территории страны и дать краткую сравнительную характеристику ландшафтных регионов по их экологическому потенциалу и современному экологическому состоянию. Для этого было необходимо найти приемлемую степень обобщения материала и соответствующий таксономический уровень регионального ландшафтного деления страны (с этого вопроса и начинается первая часть книги).

Как и в упомянутой работе по Северо-Западу России, в этой книге широко использован картографический метод. Карта рассматривается не как простое приложение к тексту, а как самостоятельный и нередко более эффективный, точный и экономный способ передачи информации и научных выводов. (Используя эти возможности карты, естественно приходится считаться с ограничениями, которые определяются мелким масштабом и черно-белым оформлением.) Содержание карт разработано автором, оформление выполнено сотрудниками Лаборатории НИИ географии С.-Петербургского университета Е. Н. Досовой, Ж. Н. Королевой, В. Д. Пшенной-Северин и Е. Ф. Царевой.

1. ПРИРОДНЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЛАНДШАФТОВ РОССИИ

1.1. Ландшафтная структура территории России. Ландшафтно-экологические макро- и мезорегионы

Региональное эколого-географическое исследование предполагает наличие обоснованной системы территориальных подразделений, которые служат носителями информации и непосредственными объектами изучения. Общеизвестно, что трудности такого изучения в большой степени обусловлены несовпадением политико- и административно-территориального деления с природным. Поскольку основная хозяйственная, демографическая, медико-географическая информация «привязана» к политико-административному делению территории, многие исследователи предпочитают самый простой путь и оперируют с субъектами Российской Федерации (РФ) или административными районами как с целостными эколого-географическими единствами.

Подобный путь едва ли можно признать перспективным, ибо политико-административные подразделения территории могут быть крайне разнородными и внутренне контрастными по характеру природной среды. А кроме того, в силу разнообразия по размерам занимаемой площади «одноранговые» политико-административные единицы несопоставимы между собой с эколого-географической точки зрения. Так, площади территории субъектов РФ, даже без учета Москвы и С.-Петербурга, лежат в диапазоне от $n \cdot 10^3$ до $n \cdot 10^6$ км², т. е. различаются на три порядка! Крупнейшие субъекты РФ, такие как Красноярский край, располагаются на территории 5–6 ландшафтных зон. Даже относительно небольшие области — Нижегородская, Омская, Новосибирская и некоторые другие — относятся к четырем ландшафтным зонам. В границы одной зоны полностью «укладываются» лишь 13 субъектов РФ; несколько более половины их расположены в двух зонах, 17 — в трех.

Если же рассматривать ландшафтную структуру субъектов РФ на более низком таксономическом уровне — по ландшафтным мезорегионам (провинциям и подпровинциям), не говоря уже об уровне собственно ландшафта, — то их разнородность и несопоставимость выявятся еще резче. Так, лишь одна область — Калининградская — лежит полностью в границах одной ландшафтной провинции; территории областей центра Европейской России заходят обычно в пределы 2–4 провинций, но ландшафтная структура большинства республик, краев и областей значительно сложнее. Например, число ландшафтных мезорегионов в границах Нижегородской, Самарской, Ростовской областей достигает 8, в Кировской, Саратовской областях, Республике Татарстан — 9,

Республике Коми — 10, Республике Башкортостан — 12, Волгоградской и Свердловской областях — 13 и т. д., а в Красноярском крае приближается к 30.

Очевидно, мало смысла в том, чтобы оперировать, в целях научного эколого-географического анализа, средними показателями урбанизованности, сельскохозяйственной освоенности или техногенной загрязненности атмосферы и другими статистическими показателями по субъектам РФ. Эколого-географическое исследование должно осуществляться в соответствии с ландшафтной структурой территории, иначе говоря, по естественным территориальным единицам — природным территориальным комплексам, или геосистемам того или иного уровня.

Когда речь идет о территории всей России, актуальными представляются два уровня регионального эколого-географического исследования. Первичный анализ, с выявлением региональных эколого-географических различий первого порядка, должен опираться на систему высших ландшафтно-территориальных единиц, или ландшафтных макрорегионов и прежде всего — широтно-зональных подразделений. Природная зональность определяет естественный экологический потенциал территории, условия ее заселения и хозяйственного освоения, а тем самым — интенсивность антропогенных нагрузок на ландшафты, степень их нарушенности и устойчивость к различным воздействиям. Предлагаемая ниже система ландшафтного макрорайонирования включает 47 зонально-секторных подразделений, которые можно рассматривать как базовые территориальные ячейки для первичного внутригосударственного эколого-географического анализа и одновременно как каркас для системы мезорегионов — объектов более детального регионального анализа уже на уровне отдельных субъектов РФ, а также межобластных и межреспубликанских региональных объединений, соответствующих, например, исторически сложившимся крупным экономическим районам (Северо-Запад, Урал, Западная Сибирь и т. п.).

Разработка ландшафтного макрорайонирования всей страны имеет более чем 80-летнюю историю (начиная с классических работ Л. С. Берга), и к настоящему времени накопилось немало вариантов такого районирования, принадлежащих разным авторам, в основном уже устаревших и крайне схематичных, но все же позволяющих говорить о некоторой общей концептуальной основе, прежде всего — зональной.

Что же касается ландшафтного районирования второго уровня, т. е. системы мезорегионов, то первая схема для территории СССР была разработана коллективом географов Московского университета и опубликована в 1967 г. в масштабе 1 : 10 000 000. Позднее эта схема была несколько видоизменена и издана в масштабе 1 : 8 000 000 (Карта физико-географического районирования СССР..., 1983). К сожалению, обеим схемам присущи существенные недостатки (о них см.: Исаченко, 1996) и прежде всего — недооценка зонального критерия, что особенно ощутимо снижает качество районирования с эколого-географической точки зрения.

Автор этой книги предпринял попытку разработать новый вариант ландшафтного районирования всей страны, стремясь, по возможности, отразить эколого-географическую направленность. Теоретической основой районирования послужил так называемый двухрядный принцип, который подробно излагался ранее (Исаченко, 1991а). Существо его состоит в сочетании двух независимых рядов ландшафтно-региональной дифференциации суши — зонального и азонального. Учитывая специализированное назначение

данного районирования, нет необходимости автоматически переносить в него всю таксономическую систему двухрядного районирования и достаточно сделать из нее определенную выборку.

В качестве каркаса регионального деления России на высшем уровне приняты, с одной стороны, глобальная система широтных ландшафтных зон (с подзонами), а с другой — система «азональных» секторов Евразийского континента, в которой отражена степень влияния океанов на ландшафты суши в связи с орографическим и структурно-тектоническим строением континента. Каждому сектору присущ особый вариант зонального ряда. На территории России прослеживается до 18 широтно-зональных полос — подзон (например, северо-, средне- и южнотасежные) и «простых» зон, преимущественно переходных, не делящихся на подзоны (например, лесотундровая, подтаежная и др.). В данном случае те и другие можно рассматривать как таксономически равноценные (одноранговые) образования. На территории России представлено 7 ландшафтных (физико-географических) секторов: Восточно-Европейский, Кавказский (с Предкавказьем), Западно-Сибирский, Среднесибирский, Восточно-Сибирский, Южно-Сибирский (по существу, это северная периферия Центрально-Азиатского сектора) и Дальневосточный.

Сочетание обеих систем (т. е. наложение зональных полос на сетку секторов) дает 47 реализаций, а именно зонально-секторных территориальных единиц (например, Восточно-Европейская средняя тайга, Дальневосточная подтайга, Западно-Сибирская лесостепь и т. п.), которые можно рассматривать как ландшафтно-экологические регионы первого порядка (макрорегионы).

Система макрорегионов представлена на рис. 1, а в табл. 1 содержатся данные по их площади и населению (по переписи 1989 г.).

Следует подчеркнуть, что в отличие от многих прежних работ по физико-географическому районированию (в том числе и упоминавшихся карт МГУ) в предлагаемой схеме широтно-зональное деление распространено не только на равнинные, но и на горные территории. Главным основанием для этого послужило то обстоятельство, что каждой ландшафтной зоне присущ свой тип (спектр) высотной поясности. Типично зональные черты природы в горных условиях можно проследить у подножий гор или в самом нижнем поясе. По мере увеличения высот эти черты претерпевают все более существенную трансформацию, но в каждой зоне такая трансформация имеет свои особенности. Поэтому нет никакого противоречия, например, в том, что среднегорные ландшафты Алтая и Саян, где господствуют лиственные леса, отнесены к степной зоне, ибо ничего иного в данной зоне (и в данном секторе) в среднегорном поясе и не могло быть.

Второй, мезорегиональный, уровень ландшафтной дифференциации представлен ландшафтными провинциями и подпровинциями. Эти таксоны отражают важнейшие внутризональные различия. Ландшафтная провинция — крупная (т. е. первого порядка) часть зоны, обособляемая под воздействием аazonальных факторов, рассматриваемых в связи с историей ландшафтов, их генезисом и возрастом. Смене геолого-геоморфологических условий, как правило, сопутствуют и существенные (преимущественно долготные) климатические различия. Важным критерием обособления ландшафтных провинций служит видовой набор слагающих их ландшафтов. Например, для Северо-Западной провинции Восточно-Европейской подтайги характерен довольно дробный «узор» из

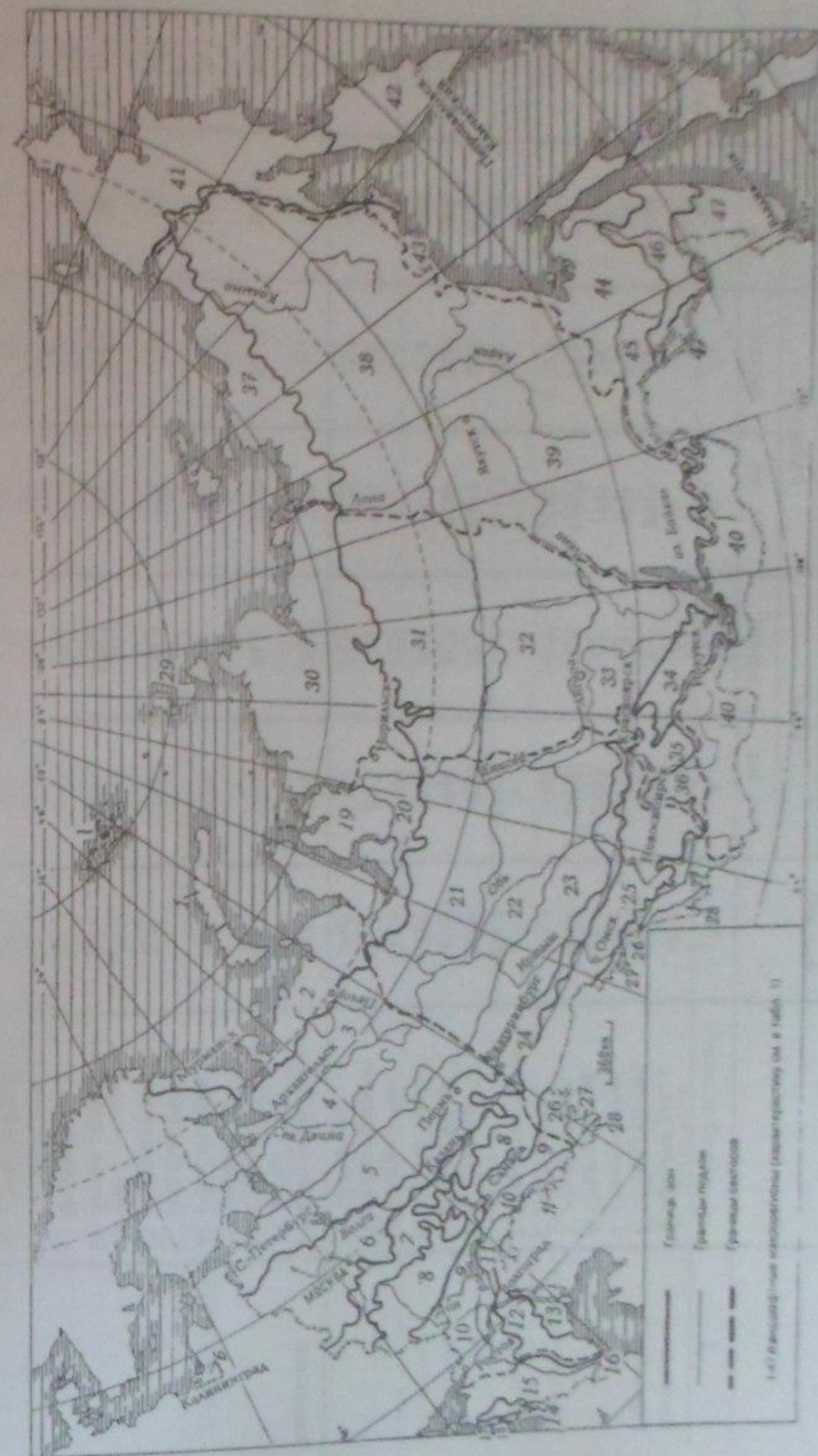


Рис. 1. Ландшафтно-экологические макрорегионы России.

Таблица 1. Ландшафтно-экологические макрорегионы России

Сектор	Хват (возраст)	Площадь, тыс. км ²	Численность и плотность населения						
			всего		городского		сельского		
			тыс. чел.	чел./км ²	тыс. чел.	чел./км ²	тыс. чел.	чел./км ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Восточно-Европейский	1. Арктическая	60,0	-	-	-	-	-	-	-
	2. Субарктическая	310,3	946,1	3,0	879,5	2,8	65,0	0,2	
	3. Северотаяжная	526,1	2075,6	3,9	1773	3,4	303	0,6	
	4. Среднетаяжная	610,4	2637	4,3	1737	2,8	900	1,5	
	5. Южнотаяжная	494,6	14100	28,5	11573	23,4	2527	5,1	
	6. Подтаяжная	503,3	31800	63,2	26554	52,8	5246	10,4	
	7. Широколиственно-лесная	274,3	14138	51,5	10137	37,0	4001	14,6	
	8. Лесостепная	352,8	13643	38,6	8447	23,9	5202	14,7	
	9. Северостепная	165,8	7849	47,5	5789	34,9	2060	12,4	
	10. Среднестепная	140,9	2829	20,1	1739	12,4	1090	7,7	
	11. Южнестепная	114,3	1700	14,9	993	8,7	707	6,2	
	12. Полупустынная	133,8	1771	13,2	1211	9,0	560	4,2	
	13. Пустынная	64,6	1414	21,9	1023	15,8	391	6,1	
Кавказский	14. Широколиственно-лесная	24,8	655	26,4	377	15,2	278	11,2	
	15. Степная предсубтропическая	115,0	7454	64,8	3900	33,9	3554	30,9	
	16. Сухостепная и полупустынная	63,6	3010	47,3	1448	22,8	1562	24,5	
	17. Субсредиземноморская	2,4	370	154,3	278	115,8	92	38,5	
	18. Лесная предсубтропическая	3,7	449	121,3	402	108,6	46	12,5	

Западно-Сибирский	19. Тулдровая	342,1	16	0,05	-	-	-	-	0,05
	20. Лесотулдровая	219,1	522	2,4	474	2,2	16	48	0,2
	21. Северотаяжная	596,0	455	0,76	368	0,62	7	87	0,14
	22. Среднетаяжная	548,5	370	2,5	1213	2,2	157	157	0,29
	23. Южнотаяжная	546,8	1370	2,5	846	1,5	524	524	0,96
	24. Подтаяжная	197,4	4964	25,2	3903	19,8	1061	1061	5,4
	25. Лесостепная	469,2	13092	27,9	10187	21,7	2905	2905	6,2
	26. Северостепная	127,2	2336	18,4	1489	11,7	847	847	6,7
Среднесибирский	27. Среднестепная	61,6	625	10,1	266	4,3	359	359	5,8
	28. Южнестепная	41,2	775	18,8	606	14,7	169	169	4,1
	29. Арктическая	37,6	-	-	-	-	-	-	-
	30. Субарктическая	1007,3	20	0,02	4	0,004	16	16	0,016
	31. Северотаяжная	857,3	46	0,05	39	0,045	7	7	0,008
	32. Среднетаяжная	692,4	149	0,22	107	0,15	42	42	0,06
	33. Южнотаяжная	466,4	1147	2,46	802	1,7	345	345	0,73
	34. Подтаяжная	153,3	1815	11,8	1507	9,8	308	308	2,0
Восточно-Сибирский	35. Лесостепная	90,4	614	6,8	337	3,7	277	277	3,1
	36. Степная	50,4	616	12,2	426	8,4	190	190	3,8
	37. Субарктическая	461,8	48	0,10	37	0,08	11	11	0,024
	38. Северотаяжная	1509,7	295	0,20	200	0,13	95	95	0,063
	39. Среднетаяжная	1754,0	1199	0,68	764	0,44	435	435	0,24
	40. Степная	654,6	2500	3,8	1504	2,3	996	996	1,5
	41. Субарктическая	761,9	188	0,25	130	0,17	58	58	0,08
	42. Лугово-лесная	250,5	445	1,8	374	1,5	71	71	0,3
Южно-Сибирский	43. Северотаяжная	50,1	225	4,5	205	4,1	20	20	0,4
	44. Среднетаяжная	468,3	453	0,97	301	0,64	152	152	0,32
	45. Южнотаяжная	109,2	206	1,9	140	1,3	66	66	0,6
	46. Подтаяжная	208,1	1931	9,3	1639	7,9	292	292	1,4
	47. Широколиственно-лесная	219,8	3145	14,3	2327	10,6	818	818	3,7

относительно молодых холмисто-озерных ландшафтов на валдайской морене, плоских заболоченных моренных и озерно-ледниковых равнин и т. д.; Мещерская провинция той же зоны выделяется господством более древних песчаных задровых, аллювиально-задровых, аллювиальных равнин, для Прикамской провинции, не подвергавшейся воздействию четвертичного оледенения, особенно типичны возвышенные сильно эродированные ландшафты на фундаменте из пермских пестроцветов и терригенно-карбонатных пород.

В тех случаях, когда зона делится на подзоны, части одной ландшафтной провинции, расположенные в пределах разных подзон, рассматриваются как подпровинции (например, северо- и среднетаская подпровинции Печорской таскающей провинции; северо-, средне- и южнотаская подпровинции Среднерусской степной провинции).

Следует отметить существенное отличие предлагаемого районирования от прежних схем в методике выделения и разграничения регионов. Если в прошлом ландшафтное районирование обширных территорий, в том числе СССР и России, осуществлялось методом «сверху», т. е. путем последовательного деления высших таксонов на низшие по тем или иным частным признакам, то в нашем исследовании районирование проводилось на основе типологической ландшафтной карты всей страны значительно более крупного (1 : 4 000 000) масштаба (Ландшафтная карта СССР..., 1988), чем итоговая региональная схема. Это позволило применить метод группировки регионов «снизу», путем последовательного объединения контуров видов ландшафтов. Тем самым обеспечивалось более надежное и точное проведение границ провинций, подпровинций, зон и подзон.

Остается сказать о том, каким образом в районировании отражена его специализированная экологическая направленность. Во-первых, сильно упрощен таксономический ряд. Если не считать ландшафтных секторов, имеющих как бы вспомогательное организующее значение (это своего рода макрорегиональные ряды ландшафтных зон), то остается двухступенчатая система единиц: 1) зонально-секторные макрорегионы («простые», одночленные зоны и подзоны в границах секторов) и 2) провинциальные мезорегионы (провинции в «простых» зонах и подпровинции в подзонах, которые можно рассматривать как одноранговые единицы). Далее, учитывая резкую контрастность в населенности, хозяйственной освоенности и степени антропогенной нарушенности между разными макро- и мезорегионами, вытекающую отсюда неодинаковую остроту экологических ситуаций и необходимую на современном этапе детальность эколого-географического анализа, несколько нарушена строгая таксономическая соразмерность выделенных регионов.

В системе макрорегионов допущена меньшая дробность деления для Арктики и Субарктики по сравнению с остальной частью страны, а именно исключено деление тундровой зоны на подзоны арктической, типичной и южной тундры; тундра и лесоселенных территорий севера и востока Сибири сознательно укрупнена, так что некоторые единицы фактически представляют собой группу провинций (например, Верхояно-Колымская, Чукотско-Корякская). В то же время хорошо известно, что именно на обширных, почти безлюдных пространствах Севера отдельные промышленные очаги служат причиной особо ощутимых антропогенных нарушений ландшафтов, накладыва-

ющихся на природную экстремальность условий жизни людей. Поэтому представлялось целесообразным выделить некоторые дополнительные территориальные единицы в рамках северных ландшафтных провинций, названные округами (на Кольском полуострове, в районах Воркуты, Норильска, на северо-востоке Сибири).

Общее число выделенных основных подразделений — мезорегионов — составило 191, т. е. примерно в два раза больше числа субъектов РФ. Средняя площадь мезорегиона — 89,4 тыс. км². Планиметрированием измерена площадь всех провинций и подпровинций с распределением ее по субъектам федерации. Таким образом удалось количественно охарактеризовать ландшафтную структуру всех субъектов РФ на мезорегиональном уровне.

Ниже приводится полный перечень выделенных регионов, одновременно служащий легендой к картам (рис. 2 и 3).

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ РОССИИ

ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКИЙ СЕКТОР

Арктическая зона. Провинции: 1 — Земля Франца-Иосифа, 2 — Новоземельская.

Субарктическая зона. Провинции: 3 — Южная Новоземельская, 4 — Кольская (4¹ — Мурманский округ), 5 — Канинско-Тиманская, 6 — Нижнепечорская (6¹ — Воркутинский округ), 7 — Полярно-Уральская. Подпровинции: а — тундровые, б — лесотундровые.

Таскающая зона. Провинции: 8 — Кольская таскающая (8¹ — Западно-Кольский округ), 9 — Карельская, 10 — Тихвинско-Беломорская, 11 — Двинско-Мезенская, 12 — Тиманская, 13 — Печорская, 14 — Балтийско-Волховская, 15 — Верхневолжская таскающая, 16 — Северные Увалы, 17 — Камско-Ветлужская, 18 — Вятско-Камская, 19 — Северо-Уральская. Подпровинции: а — северотаскающие, б — среднетаскающие, в — южнотаскающие.

Подтаскающая зона. Провинции: 20 — Прибалтийская, 21 — Северо-Западная, 22 — Верхневолжская подтаскающая, 23 — Волго-Окская, 24 — Полеская, 25 — Мещерская, 26 — Волго-Ветлужская, 27 — Прикамская, 28 — Среднеуральская.

Широколиственно-лесная зона. Провинции: 29 — Придеснянская, 30 — Приокская, 31 — Среднерусская лесная, 32 — Окско-Донская лесная, 33 — Приволжская лесная, 34 — Заволжско-Уфимская.

Лесостепная зона. Провинции: 35 — Среднерусская лесостепная, 36 — Окско-Донская лесостепная, 37 — Приволжская лесостепная, 38 — Черемшанская, 39 — Бугульминско-Белебеевская, 40 — Предуральская, 41 — Южно-Уральская лесостепная.

Степная зона. Провинции: 42 — Среднерусская степная, 43 — Окско-Донская степная, 44 — Приволжская степная, 45 — Заволжская Низкосыртовая, 46 — Заволжская Высокосыртовая, 47 — Донецкая, 48 — Приазовско-Маньчжурская, 49 — Ергенинская степная, 50 — Южно-Уральская степная. Подпровинции: а — северостепные, б — среднестепные, в — южно(сухо)-степные.

Полупустынная зона. Провинции: 51 — Прикаспийская полупустынная, 52 — Ергенинская полупустынная.

Пустынная зона. Провинция 53 — Прикаспийская пустынная (53¹ — Волго-Ахтубинский округ полупустыни и пустыни).

КАВКАЗСКИЙ СЕКТОР

Широколиственно-лесная (барьерная) зона. Провинции: 54 — Предгорная Кубанская, 55 — Западно-Кавказская.

Степная зона. Провинции: 56 — Азово-Кубанская, 57 — Ставропольская, 58 — Предгорно-Кавказская, 59 — Центрально-Кавказская, 60 — Дагестанская. Подпровинции: а — степные предсубтропические, б — сухостепные.

Полупустынная зона. Провинция 61 — Прикаспийская.

Субсредиземноморская зона. Провинция 62 — Причерноморская (Новороссийская).

Лесная предсубтропическая зона. Провинция 63 — Причерноморская (Западно-Закавказская).

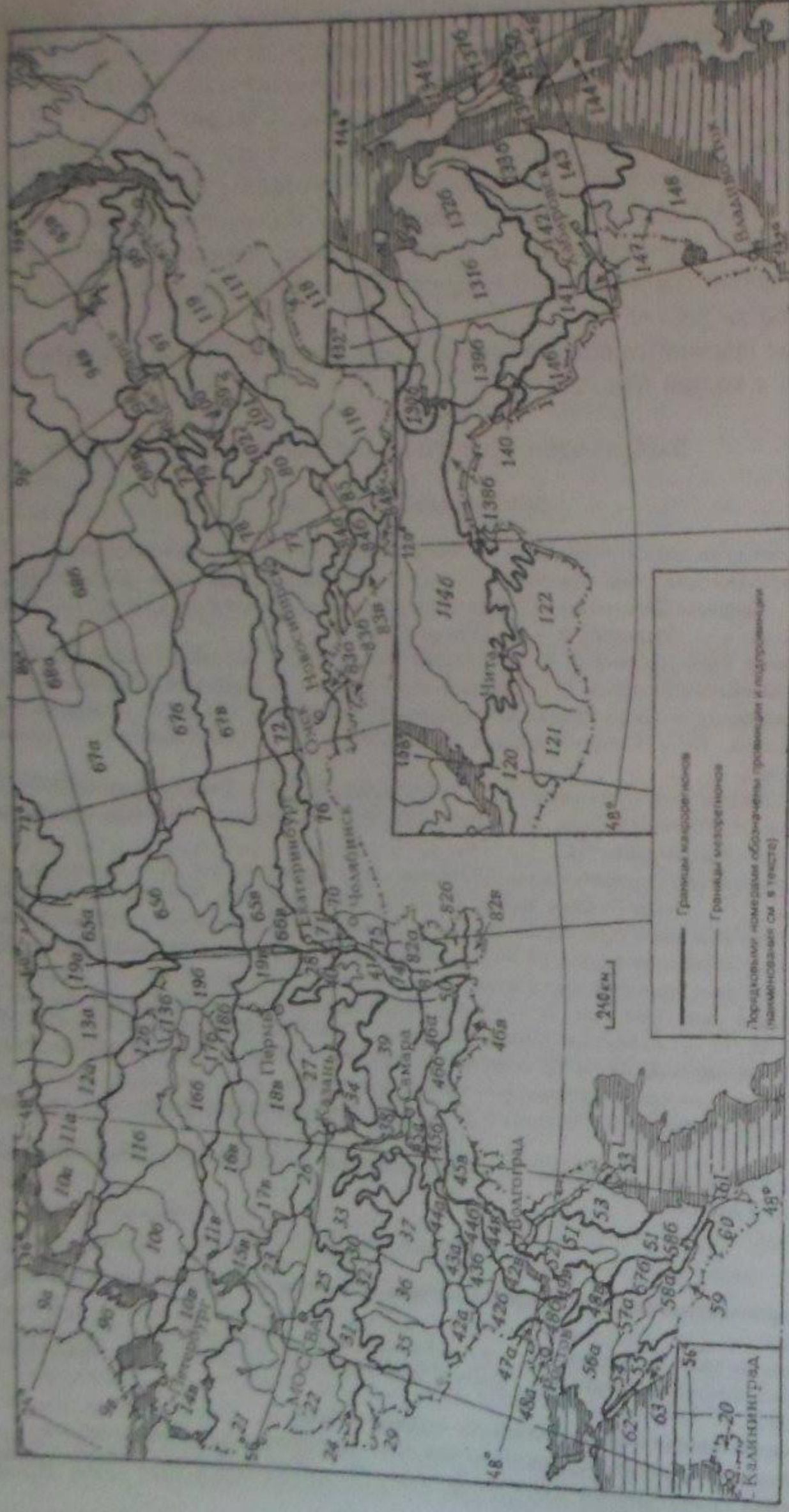


Рис. 2. Ландшафтно-экологические мезорегионы России (запад и юг).

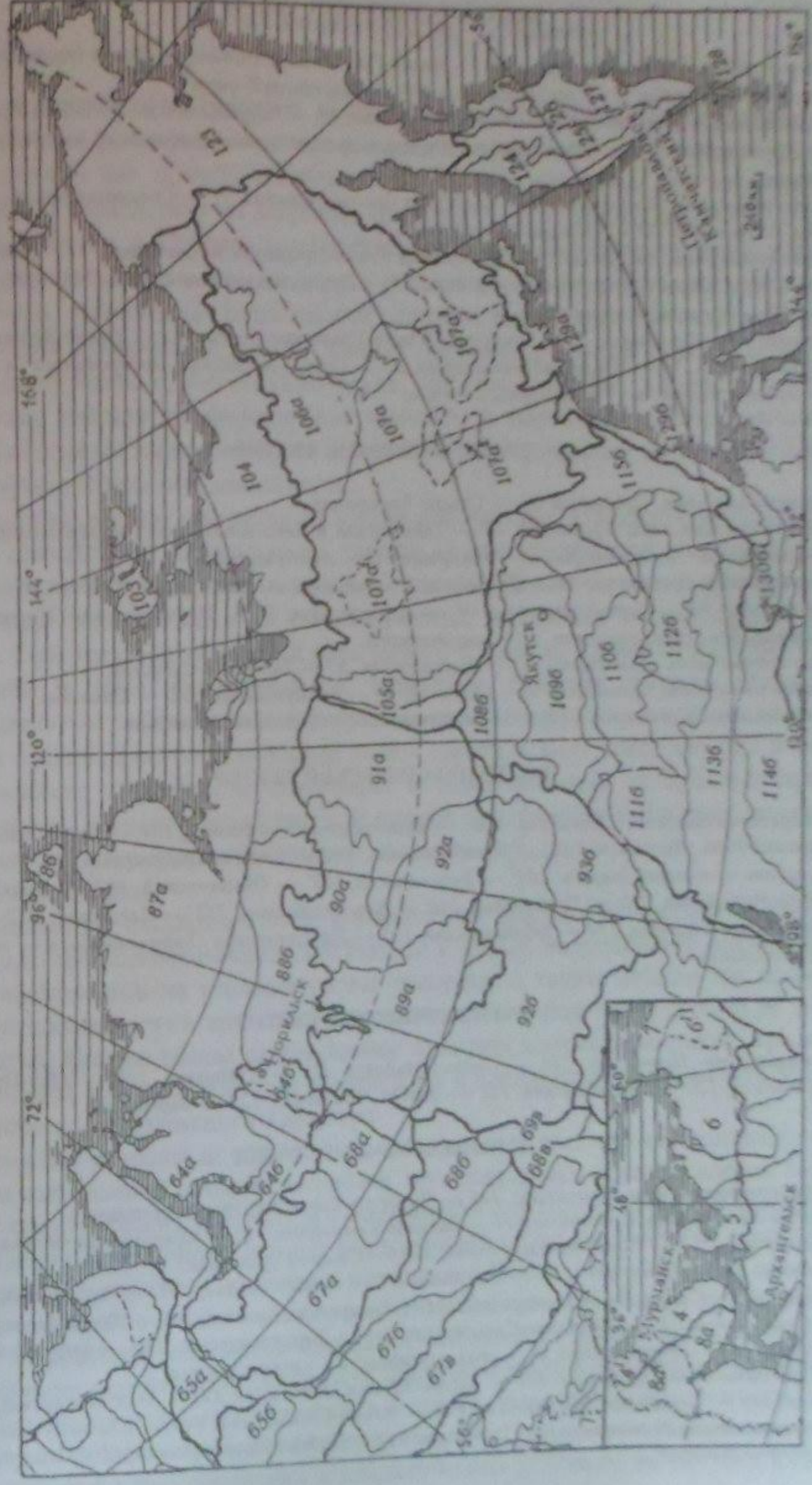


Рис. 3. Ландшафтно-экологические мезорегионы России (север и восток).
Условные обозначения см. на рис. 2.

ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ СЕКТОР

Субарктическая зона. Провинции: 64 — Ямало-Гыддинская и Нижнесибирская (нерасчлененные). Подпровинции: а — тундровые, б — лесотундровые (64¹ — Норильский округ).

Тяжелая зона. Провинции: 65 — Обско-Зуральская, 66 — Зуральская, 67 — Обско-Иртышская таяж-ная, 68 — Приволжская, 69 — Западная. Подпровинции: а — северотаяжные, б — среднетаяжные, в — южнотаяжные.

Подтаяжная зона. Провинции: 70 — Восточная Среднезурральская, 71 — Среднезурральская, 72 — Обско-Иртышская подтаяжная, 73 — Чулымско-Енисейская.

Лесостепная зона. Провинции: 74 — Восточная Южно-Уральская лесостепная, 75 — Южно-Зуральская лесостепная, 76 — Обско-Иртышская лесостепная, 77 — Предальтайская лесостепная, 78 — Кузнецкая, 79 — Алтеевская, 80 — Кузнецко-Саянская.

Степная зона. Провинции: 81 — Восточная Южно-Уральская степная, 82 — Южно-Зуральская степная, 83 — Приволжская, 84 — Предальтайская степная, 85 — Северо-Алтайская. Подпровинции: а — северостепная, б — среднестепная, в — южно(сухо-)степная.

СРЕДНЕСИБИРСКИЙ СЕКТОР

Арктическая зона. Провинция: 86 — Северо-Земельская.

Субарктическая зона. Провинции: 87 — Таймырская и Лено-Анабарская (нерасчлененные), 88 — Путоранско-Анабарская. Подпровинции: а — тундровые, б — лесотундровые.

Тяжелая зона. Провинции: 89 — Путоранская таяжная, 90 — Анабарско-Котуйская, 91 — Оленекская, 92 — Тунгусская, 93 — Лено-Тунгусская, 94 — Приангарская, 95 — Верхнеленская. Подпровинции: а — северотаяжные, б — среднетаяжные, в — южнотаяжные.

Подтаяжная зона. Провинции: 96 — Предсаянская, 97 — Восточно-Саянская.

Лесостепная зона. Провинции: 98 — Канская, 99 — Минусинская, 100 — Саянская.

Степная зона. Провинции: 101 — Абаканская, 102 — Кузнецко-Алтайская.

ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ СЕКТОР

Субарктическая зона. Провинции: 103 — Новосибирская островная, 104 — Лено-Кольмская.

Тяжелая зона. Провинции: 105 — Нижнеленская, 106 — Кольмо-Индиговская, 107 — Верхояно-Колымская группа провинций (округа: 107¹ — Верхоянский, 107² — Оймяконский, 107³ — Верхнеколымский), 108 — Лено-Васильевская, 109 — Приленская, 110 — Лено-Алданская, 111 — Патомская, 112 — Алданская, 113 — Байкальско-Становая, 114 — Забайкальская, 115 — Джугдурская. Подпровинции: а — северотаяжные, б — среднетаяжные.

ЮЖНО-СИБИРСКИЙ СЕКТОР

Степная зона. Провинции: 116 — Горно-Алтайская, 117 — Тувинская, 118 — Убсу-Нурская, 119 — Саяно-Тувинская, 120 — Селенгинская, 121 — Ингодо-Чикойская, 122 — Баянская.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ СЕКТОР

Субарктическая зона. Провинции: 123 — Чукотско-Корякская группа провинций.

Лугово-лесная зона. Провинции: 124 — Западно-Камчатская, 125 — Среднекамчатская, 126 — Центральнокамчатская, 127 — Восточно-Камчатская, 128 — Северо-Курильская.

Тяжелая зона. Провинции: 129 — Охотская, 130 — Зейско-Удская, 131 — Бурейская, 132 — Нижнеамурская, 133 — Северо-Сихотэ-алинская, 134 — Северо-Сахалинская, 135 — Тымь-Поронайская, 136 — Западно-Сахалинская, 137 — Восточно-Сахалинская, 138 — Верхнеамурская, 139 — Амуро-Зейская таяжная. Подпровинции: а — северотаяжные, б — среднетаяжные, в — южнотаяжные.

Подтаяжная зона. Провинции: 140 — Амуро-Зейская подтаяжная, 141 — Малохинганская, 142 — Среднеамурская, 143 — Среднесихотэ-алинская, 144 — Южно-Сахалинская, 145 — Южно-Курильская.

Широколиственно-лесная зона. Провинции: 146 — Зейско-Приамурская, 147 — Уссурийская, 148 — Южно-Сихотэ-алинская.

1.2. Климатические условия

Климат в отличие от некоторых других физико-географических компонентов (например, почвы или рельефа), имеющих в основном косвенное экологическое значение, влияет на человека как прямой экологический фактор, определяя его теплоощущение, непосредственно воздействуя на здоровье, создавая условия труда, отдыха и лечения на открытом воздухе и т. д. Степень комфортности или дискомфорта природной среды в основном зависит от климата, он играет роль важнейшего лимитирующего экологического фактора, ограничивая возможности освоения территории и создавая экстремальные условия для проживания людей. Климат определяет многие другие свойства геосистем (гидрологические, биогеохимические, биотические) как элементы жизненной среды. Поэтому именно дифференциация климатов в пространстве обуславливает важнейшие региональные закономерности изменения экологического потенциала ландшафтов и в первую очередь его зональность.

Как известно, климат складывается из множества частных элементов, воздействующих на человека совместно и одновременно, так что эффект воздействия какого-либо одного из них зависит от многих других (например, теплоощущение человека зависит не только от температуры воздуха, но и от скорости ветра, влажности и ряда других свойств атмосферы). При этом экологическая роль одного и того же элемента часто оказывается неоднозначной и даже противоречивой. Например, большая скорость ветра сильно снижает медико-географическую или рекреационную оценку климата, но должна высоко оцениваться с санитарно-гигиенической точки зрения в силу того, что она в большей степени повышает способность атмосферы к самоочищению от вредных примесей. Множественность аспектов экологической оценки практически исключает возможность построить некую универсальную оценку климата (как, впрочем, и любого другого компонента ландшафта).

В медицинской климатологии и курортологии широко используются различные искусственные «биоклиматические» показатели с целью интегральной оценки влияния разных метеозлементов на теплоощущение человека, а также методы так называемой комплексной климатологии как способа выражения климата через структуру и повторяемость погод. Однако обоим направлениям присущи многие недостатки, приводящие к субъективности, несопоставимости, а нередко и к парадоксальности оценок при внешней видимости их комплексного характера.

Объективные показатели климата, основанные на обобщении непосредственных многолетних наблюдений сети метеостанций, представляются более надежной базой для суждения о климатических условиях и в особенности для сравнительной характеристики и оценки различных регионов. Поэтому последующий обзор опирается на использование именно таких показателей (Справочник по климату СССР, 1965–1969).

Табл. 2 позволяет составить общее сравнительное представление о дифференциации важнейших показателей климата по ландшафтным макрорегионам. Прилагаемые карты дают возможность перейти от дискретности табличных цифр к сплошному изображению, что избавляет нас от надобности помещать в тексте подробную поэлементную количественную характеристику климата. Ограничимся лишь самыми необходимыми замечаниями о территориальных различиях в климатических условиях жизни населения.

Таблица 2. Основные климатические характеристики типов ландшафтных макрорайонов России

Класс (подтип)	Сектор	Пункт наблюдения	<i>H</i>	<i>t₁</i>	<i>t₂</i>	<i>t_{max}</i>	<i>T</i>	<i>Лж</i>	<i>O_т</i>	<i>O_с</i>	<i>O_д</i>	<i>Сн</i>	<i>В</i>	<i>O_В</i>	<i>O_В</i>	
Арктическая Субарктическая	ВЕ	Мурманск	22	-10,1	12,4	-38	721	0	281	365	150	300	7,2	85 II	91 VIII	
	ВЕ	Воркута	181	-20,4	11,7	-52	493	0	226	299	-	192	5,7	69 VI	85 XI-I	
	ЭС	Новый Порт	12	-24,8	11,0	-56	402	0	156	302	387	177	239	5,6	74 VIII	88 X
	СС	Хатанга	23	-33,8	12,3	-61	528	0	165	365	355	167	254	6,2	81 VIII	89 X
	ВС	Чокорадак	22	-35,5	9,7	-57	0	0	188	318	296	164	251	4,8	69 VII	87 IX
	ДВ	Алаварь	64	-21,9	10,4	-47	393	0	142	304	254	121	221	4,7	76 VII	87 X
	ДВ	Петропавловск-Камчатский	32	-8,5	13,5	-34	1062	0	258	1614	1614	139	194	7,8	64 II	82 VII-VIII
Северотеплая	ВЕ	Ленинское	65	-14,7	14,8	-51	1060	14	15	262	671	-	189	3,9	68 VI	91 X
	ЭС	Березово	20	-22,0	15,8	-53	1170	33	114	265	514	169	207	3,7	69 VI	84 X-XI
	СС	Оленек	127	-41,3	14,4	-65	846	0	172	287	337	159	236	1,9	59 VI	80 X
	ВС	Верховник	136	-48,6	15,2	-68	1084	23	177	272	184	106	223	1,3	58 V	80 X
	ДВ	Магадан	44	-21,0	12,6	-50	783	0	114	278	535	-	204	3,2	68 II-III	82 VIII
Среднетеплая	ВЕ	Яренск	70	-15,1	16,5	-53	1351	45	34	247	705	210	183	2,8	66 V-VI	88 X-XI
	ЭС	Ханты-Мансийск	44	-19,8	17,5	-50	1568	58	96	248	569	179	192	5,1	65 V	84 XI
	СС	Муторай	334	-29,4	16,5	-63	1179	43	137	267	429	-	207	2,3	58 V	80 XI
	ВС	Якутск	99	-43,2	18,7	-64	1565	64	156	254	247	126	203	2,4	53 V	77 X-XI
	ДВ	Николаевск-на-Амуре	46	-23,9	16,5	-47	1541	59	101	246	657	132	190	3,9	74 III	82 VII-VIII
Южнотеплая	ВЕ	С.-Петербург	2	-7,9	17,8	-36	1886	67	0	228	673	194	133	3,0	66 V	88 XII
	ВЕ	Вологда	131	-11,6	17,2	-48	1705	58	0	220	760	-	160	4,7	67 V	88 XI
	ЭС	Тобольск	96	-18,5	18,0	-46	1793	68	80	229	567	168	178	3,9	60 V	84 XI-XII
	СС	Богучаны	133	-24,3	19,0	-58	1682	64	111	246	458	168	185	2,9	58 V	78 XII
	ДВ	Мадагачи	369	-25,8	19,2	-49	1797	70	112	234	485	102	164	3,5	56 III	79 VII
Подтепная	ВЕ	Москва	167	-10,3	18,1	-42	2055	77	0	213	716	182	144	2,7	64 V	87 XII
	ЭС	Тюмень	102	-17,8	17,2	-50	1804	79	57	220	524	142	161	5,3	59 V	83 XII
	СС	Иркутск	468	-20,9	17,6	-50	1618	59	96	243	489	137	160	2,3	56 V	86 XII
	ДВ	Комсомольск-на-Амуре	20	-25,6	19,9	-50	2103	63	98	221	577	121	157	3,9	66 V	82 VIII
Широколиственная	ВЕ	Тула	165	-10,1	18,4	-40	2185	86	0	207	678	169	129	4,0	65 V-VI	86 XII
	ПК	Майкоп	212	-1,7	22,1	-34	3456	75	0	154	775	136	57	2,9	67 VII-VIII	82 XII
	ДВ	Благовещенск	130	-24,3	21,4	-45	2332	46	97	212	575	105	144	2,6	57 III-IV	77 VII
	ДВ	Владивосток	111	-14,4	20,0	-31	2239	63	0	201	813	115	72	6,5	62 XI	92 VII
	Лесостепная	ВЕ	Тамбов	140	-10,8	20,2	-39	2539	76	0	202	624	161	135	3,8	60 V-VI
Северостепная	ЭС	Омск	125	-19,4	19,4	-49	2000	82	91	220	430	134	159	4,6	54 V	82 XI-XII
Южностепная	СС	Канск	203	-20,2	19,2	-51	1818	68	104	238	436	138	158	3,5	57 V	77 XII-II
Степная	ВЕ	Балашов	178	-11,0	20,9	-40	2642	71	0	203	559	144	130	4,7	58 V-VI	87 XII
Южнотепная	ЭС	Алейск	175	-18,1	20,0	-47	2230	74	76	216	503	149	159	3,9	58 V	81 XII
Полупустынная	ВЕ	Ершов	104	-13,2	22,5	-41	2847	51	0	198	441	111	130	4,7	52 VI-VII	86 XII-I
	ЭС	Рубцовск	218	-17,8	20,3	-44	2340	71	75	213	454	131	152	5,0	57 V	81 XII
	ПК	Краснодар	29	-1,8	23,2	-36	3483	63	0	152	711	132	42	3,9	63 VII	85 I
Пустынная	СС	Абакан	245	-20,8	19,7	-49	2037	77	95	222	347	-	117	2,9	56 V	78 XII-II
	ЮС	Борзя	675	-28,0	20,0	-55	1946	64	117	230	323	77	137	3,2	48 V	79 XII
	ВЕ	Эльтон	5	-10,7	24,8	-36	3378	55	0	184	328	106	98	3,9	50 VI-VII	85 XII
Субсредиземноморская	ВЕ	Астрахань	-22	-6,8	25,3	-34	3615	45	0	175	249	77	50	5,0	53 VI	85 XII
	ПК	Новороссийск	37	2,6	23,6	-24	3512	64	0	134	805	120	14	4,6	63 VII	77 XII-I
Прелубтропическая	ПК	Сочи	57	4,9	22,8	-15	3994	73	0	90	1664	149	9	2,8	73 XII	79 V-VI

Примечания. Секторы: ВЕ — Восточно-Европейский, ПК — Предкавказский, ЭС — Западно-Сибирский, СС — Среднесибирский, ВС — Восточно-Сибирский, ЮС — Южно-Сибирский, ДВ — Дальневосточный.

Показатели: *H* — высота пункта над уровнем моря, м; *t₁* — средняя температура воздуха самого холодного месяца, °С; *t₂* — средняя температура самого теплого месяца, °С; *t_{max}* — абсолютный минимум температуры, °С; *T* — сумма температур за период со средними температурами выше 10°С; *Лж* — продолжительность летнего комфортного периода со средними суточными температурами от 15 до 20°С; За — продолжительность зимнего дискомфортного периода со средними суточными температурами ниже -15°С; *O_т* — продолжительность отопительного периода, сут; *O_с* — среднее годовое количество осадков, мм; *O_д* — среднее годовое число дней с осадками; *Сн* — среднее годовое число дней со снежным покровом; *В* — средняя годовая скорость ветра, м/с; *O_В* — средняя относительная влажность воздуха наиболее сухих месяцев; *O_В* — средняя относительная влажность воздуха наиболее влажных месяцев.

Лесостепная	ВЕ	Тамбов	140	-10,8	20,2	-39	2539	76	0	202	624	161	135	3,8	60 V-VI	86 XII
Северостепная	ЭС	Омск	125	-19,4	19,4	-49	2000	82	91	220	430	134	159	4,6	54 V	82 XI-XII
	СС	Канск	203	-20,2	19,2	-51	1818	68	104	238	436	138	158	3,5	57 V	77 XII-II
Южностепная	ВЕ	Балашов	178	-11,0	20,9	-40	2642	71	0	203	559	144	130	4,7	58 V-VI	87 XII
	ЭС	Алейск	175	-18,1	20,0	-47	2230	74	76	216	503	149	159	3,9	58 V	81 XII
Степная	ВЕ	Ершов	104	-13,2	22,5	-41	2847	51	0	198	441	111	130	4,7	52 VI-VII	86 XII-I
	ЭС	Рубцовск	218	-17,8	20,3	-44	2340	71	75	213	454	131	152	5,0	57 V	81 XII
	ПК	Краснодар	29	-1,8	23,2	-36	3483	63	0	152	711	132	42	3,9	63 VII	85 I
Полупустынная	СС	Абакан	245	-20,8	19,7	-49	2037	77	95	222	347	-	117	2,9	56 V	78 XII-II
	ЮС	Борзя	675	-28,0	20,0	-55	1946	64	117	230	323	77	137	3,2	48 V	79 XII
Пустынная	ВЕ	Эльтон	5	-10,7	24,8	-36	3378	55	0	184	328	106	98	3,9	50 VI-VII	85 XII
	ВЕ	Астрахань	-22	-6,8	25,3	-34	3615	45	0	175	249	77	50	5,0	53 VI	85 XII
Субсредиземноморская	ПК	Новороссийск	37	2,6	23,6	-24	3512	64	0	134	805	120	14	4,6	63 VII	77 XII-I
	ПК	Сочи	57	4,9	22,8	-15	3994	73	0	90	1664	149	9	2,8	73 XII	79 V-VI

Термические условия среды обитания определяются главным образом поступлением лучистой энергии Солнца. Годовой приток суммарной солнечной радиации изменяется в пределах территории России от 63 до 120 ккал/см² (2600–5000 мДж/м²), равномерно возрастая с севера на юг (на востоке страны вследствие большей прозрачности воздуха величины суммарной радиации выше, чем на соответствующих широтах в западных районах) (рис. 4). Энергетически эффективную часть приходящей радиации составляет радиационный баланс, годовые величины которого также обнаруживают четкую (и более резкую) широтно-зональную изменчивость — от 6 до 55 ккал/см² (250–2300 мДж/м²) (рис. 4).*

Однако на формирование реального температурного режима существенное влияние оказывает адвекция тепла и холода с воздушными массами, которая заметно проявляется в сезонном режиме температуры воздуха и обуславливает его секторные закономерности.

Исключительная временная изменчивость температуры воздуха объясняет невозможность характеризовать этот элемент климата каким-либо одним интегральным показателем. Для оценки общей теплообеспеченности широко используется сумма активных температур, т. е. сумма градусо-дней за период со средними суточными температурами воздуха выше 10°C. Этот показатель преимущественно агроклиматический, но может быть применен и для общей первичной сравнительной характеристики теплообеспеченности. Отметим его ярко выраженную зональность (нарушаемую лишь горным рельефом) и хорошую корреляцию с радиационным балансом (рис. 5).

С экологической точки зрения особое значение имеет сезонная изменчивость температуры воздуха. Почти вся территория России, за исключением ее арктической окраины, расположена в поясе «классической» четырехсезонной структуры годового цикла, обусловленного цикличностью радиационного режима. Соотношение холодной и теплой частей года и степень контрастности температурных сезонов в общем подчинены закону зональности, но континентально-океанический перенос воздушных масс вносит существенные изменения в простую зональную схему. Зональность в более «чистом виде» выражена в теплую половину года, когда температурные условия в основном определяются поступлением солнечной радиации. В холодную часть года, когда радиационный баланс имеет отрицательный знак, на формирование температурного режима решающее влияние оказывает перенос морских воздушных масс, в особенности вторжения относительно теплого воздуха с Атлантики. Поэтому в температурных условиях зимнего периода на передний план выдвигаются долготные (секторные) изменения. Они выражаются в усилении степени континентальности климата, что наглядно отражается в рисунке изолиний годовых амплитуд средних месячных температур (рис. 6). Ее наибольшие значения наблюдаются в северотаежных внутригорных котловинах Северо-Восточной Сибири (более 60°C), откуда уменьшаются с различным градиентом в сторону ос-лабления суровости зимы, но отчасти и в силу понижения летних температур (особенно вдоль берегов Северного Ледовитого океана). Самые низкие амплитуды средних месячных температур (16–18°C) наблюдаются на побережье Баренцева моря.

* Из-за отсутствия достаточной информации для горных территорий приводимые в тексте и на рис. 4 данные относятся лишь к равнинным ландшафтам.

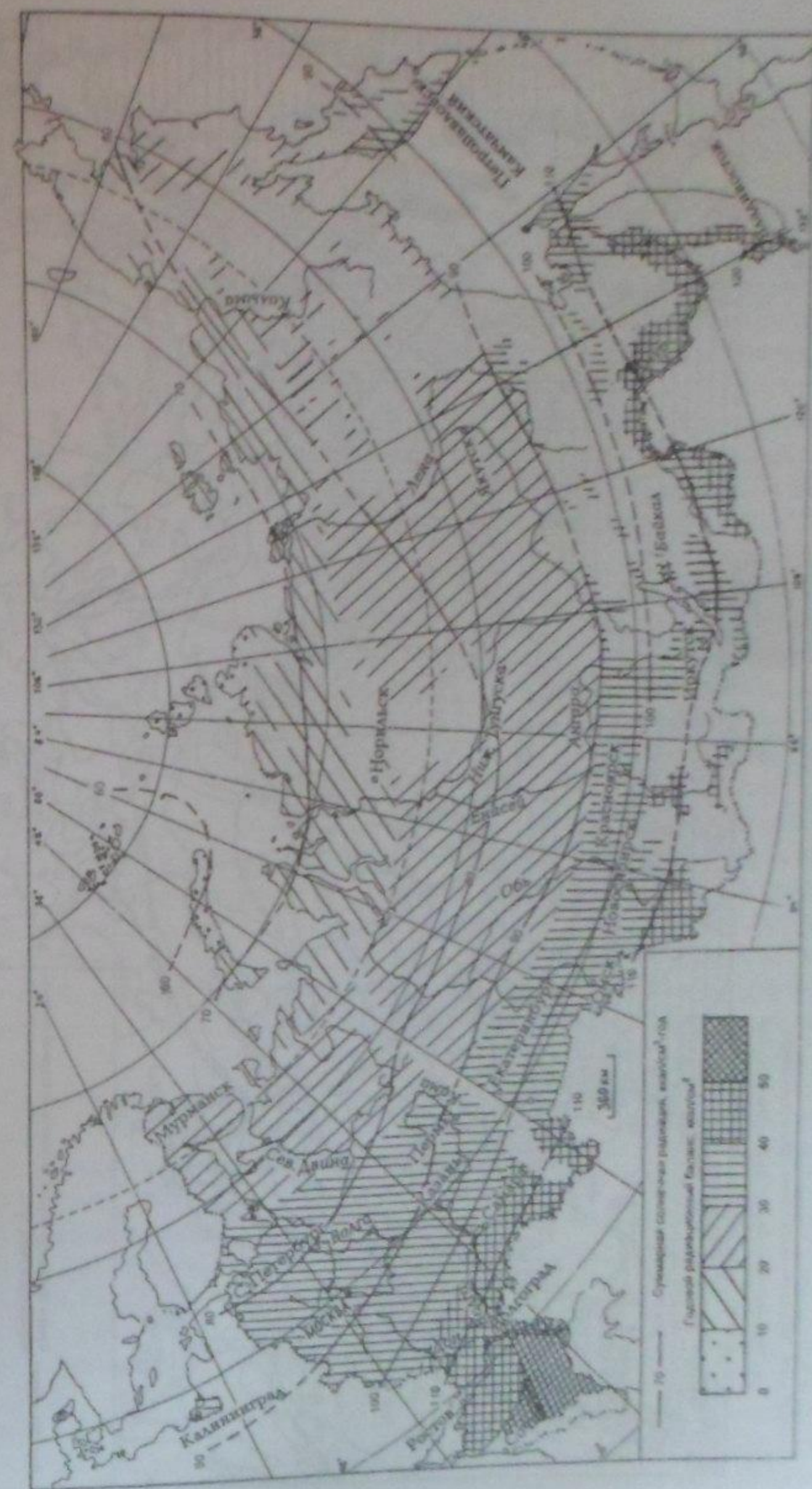


Рис. 4. Солнечная радиация и радиационный баланс.



Рис. 5. Суммы активных температур.

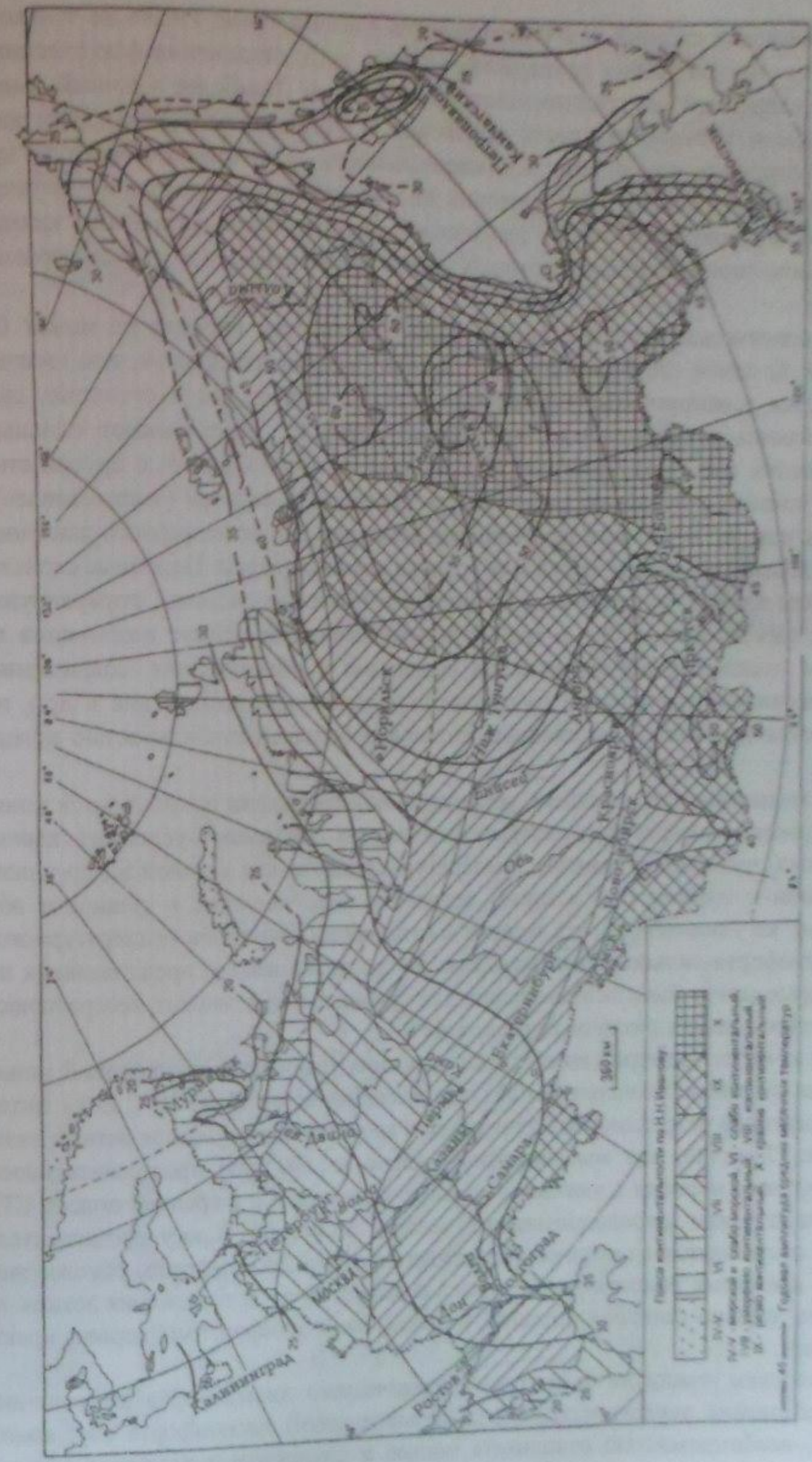


Рис. 6. Поля континентальности и амплитуда месячных температур.

Для оценки степени континентальности климата важно учесть не только сезонные, но и суточные колебания температур, а кроме того, отклонения фактических значений обоих показателей от средних широтных величин. Наиболее удачный эмпирический коэффициент континентальности предложен Н. Н. Ивановым (1959). Этот автор различает 10 ступеней, или поясов, континентальности — от океанического до крайне континентального климата. На территории России выражено 7 поясов — от четвертого до десятого, но явно доминируют различные варианты континентального климата, территориальное распространение которых имеет отчетливый долготно-секторный характер (рис. 6).

Экологическая оценка степени континентальности климата не может быть однозначной. С одной стороны, чем ниже степень континентальности, тем «мягче» климат: снижаются температурные контрасты — как сезонные, так и суточные, существенно сглаживаются температурные экстремумы (табл. 2). Реже бывают сильные морозы, сокращается продолжительность холодной части года. Однако, с другой стороны, для такого климата характерны растянутость переходных сезонов («межсезонье»), неустойчивость погоды, с частыми изменениями температуры, атмосферного давления и других метеозлементов, высокая влажность воздуха, сильные ветры. Подобные свойства климата негативно влияют на сердечно-сосудистую и иммунную системы, стимулируют респираторные заболевания. Резко и крайне континентальный климат несомненно имеет свои минусы (опасность переохлаждения организма и обморожения, сокращение периода, когда возможно пребывание на открытом воздухе, климатолечение и др.), но выгодно отличается краткостью переходных сезонов и большей стабильностью погодных условий.

В медицине, курортологии, рекреационной географии используются понятия о температурном комфорте и дискомфорте. Понятия эти имеют условный характер уже в силу того, что оценка влияния температуры воздуха как таковой на организм человека вне связи с влажностью воздуха, ветром и т. д. является в сущности абстракцией. Поэтому не удивительно, что мнения в отношении критериев температурного комфорта и дискомфорта сильно расходятся. Все же среди множества предложенных показателей некоторые могут быть использованы для сравнительной эколого-географической характеристики климата различных регионов.

В качестве критерия комфортности летних температурных условий можно принять средние суточные температуры воздуха в интервале от 15 до 20°C (этот интервал часто принимается в рекреационной географии в качестве оптимума для летних видов отдыха). На рис. 7 видно, что максимальная (почти до 100 сут) продолжительность летнего комфортного периода в указанном смысле наблюдается в средней полосе ЕТР, соответствующей зонам широколиственных лесов и лесостепи. К югу продолжительность периода сокращается из-за усиления температурного дискомфорта, обусловленного чрезвычайно высокими температурами лета, а к северу — из-за понижения летних температур, так что уже на северной окраине таежной зоны комфортный период практически не выражен.

Аспекты, градации и критерии термического дискомфорта безграничны. Определенная степень экологического (и экономического!) дискомфорта обусловлена, в частности, необходимостью отапливать жилые и служебные помещения в течение значи-

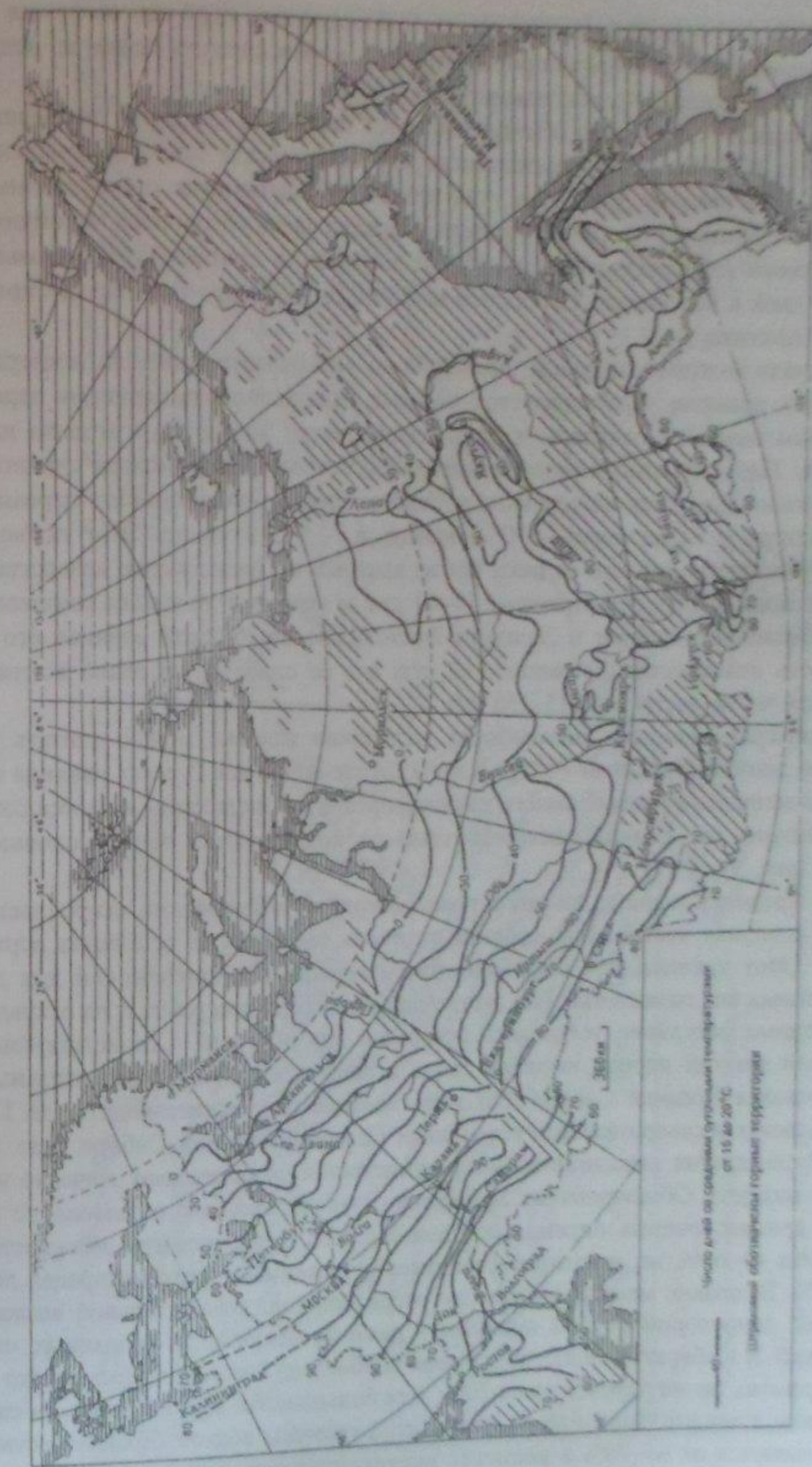


Рис. 7. Продолжительность летнего комфортного периода

теплой части года. Продолжительность отопительного периода, имеющая достаточно ярко выраженную зональную природу (рис. 8), может служить одним из репрезентативных метеоро-географических показателей.

Холодной частью года обычно считается период со средними температурами воздуха ниже 0°C . Его продолжительность определяется как широтно-зональными, так и долготно-секторными факторами, так что она увеличивается одновременно с юга на север и с запада на восток. В причерноморских предсубтропиках устойчивый период со средними температурами ниже 0°C не выражен, в степном Предкавказье он длится 50–100 дней и постепенно удлиняется до 250–270 на Северо-Востоке Сибири и 300–320 дней в Арктике.

Начало холодного периода, примерно до устойчивого перехода температуры через -5°C , как правило, характеризуется частыми переходами температуры через 0° , неустойчивым снежным покровом и мало благоприятно для труда и отдыха на открытом воздухе. Поэтому относительно комфортной частью зимы можно считать период с умеренными морозами, за условные рубежи которого можно принять переходы средней температуры воздуха через -5°C в начале и -15°C в конце. Этот период наиболее благоприятен для зимнего отдыха. Он не выражен в Предкавказье вследствие слишком теплой зимы и непродолжителен (50–40 сут и менее) в условиях слишком холодной зимы Восточной Сибири и Дальнего Востока, но на Русской равнине его продолжительность повсеместно превышает 80 сут, а в ее слабо и умеренно континентальной северной части достигает 125–150 сут.

Критерием зимнего дискомфорта достаточно условно можно считать устойчивые средние температуры ниже -15°C . В этом случае почти вся Русская равнина оказывается расположенной вне зоны зимнего дискомфорта, а ее «полюсом» является север Восточной Сибири, где зимний дискомфортный период занимает почти половину годового цикла (рис. 9).

В пределах периода зимнего температурного дискомфорта особо выделяется его самая холодная часть, когда средняя суточная температура устойчиво держится ниже -30°C . Этот уровень есть основания рассматривать как критический для длительного пребывания вне помещений, или экстремальный, когда при работах на открытом воздухе необходимо регулярно устраивать перерывы для обогрева. Соответствующий экстремальный зимний период выражен лишь в крайне и резко континентальных секторах Восточной и Средней Сибири; его максимальная продолжительность (до 133–137 сут) наблюдается в северотасианских котловинах Северо-Восточной Сибири (рис. 9).

Среди других элементов климата определенное экологическое значение имеет влажность воздуха. Общепринятых критериев ее экологического оптимума не существует. Чаще принято считать оптимальной для человека относительную влажность воздуха в пределах 40–60%, но некоторые специалисты поднимают верхний предел до 70 и даже до 80%. В зимние месяцы средняя суточная величина относительной влажности почти на всей территории страны превышает даже предельные из названных оптимальных значений. В Субарктике и в относительно наиболее сухие летние месяцы этот показатель, как правило, не опускается ниже 70%. Для большинства других регионов самые низкие значения относительной влажности воздуха типичны весной (преимущественно в мае) и изменяются от 65–70% в наименее континентальных лесных ландшафтах до 55–60%

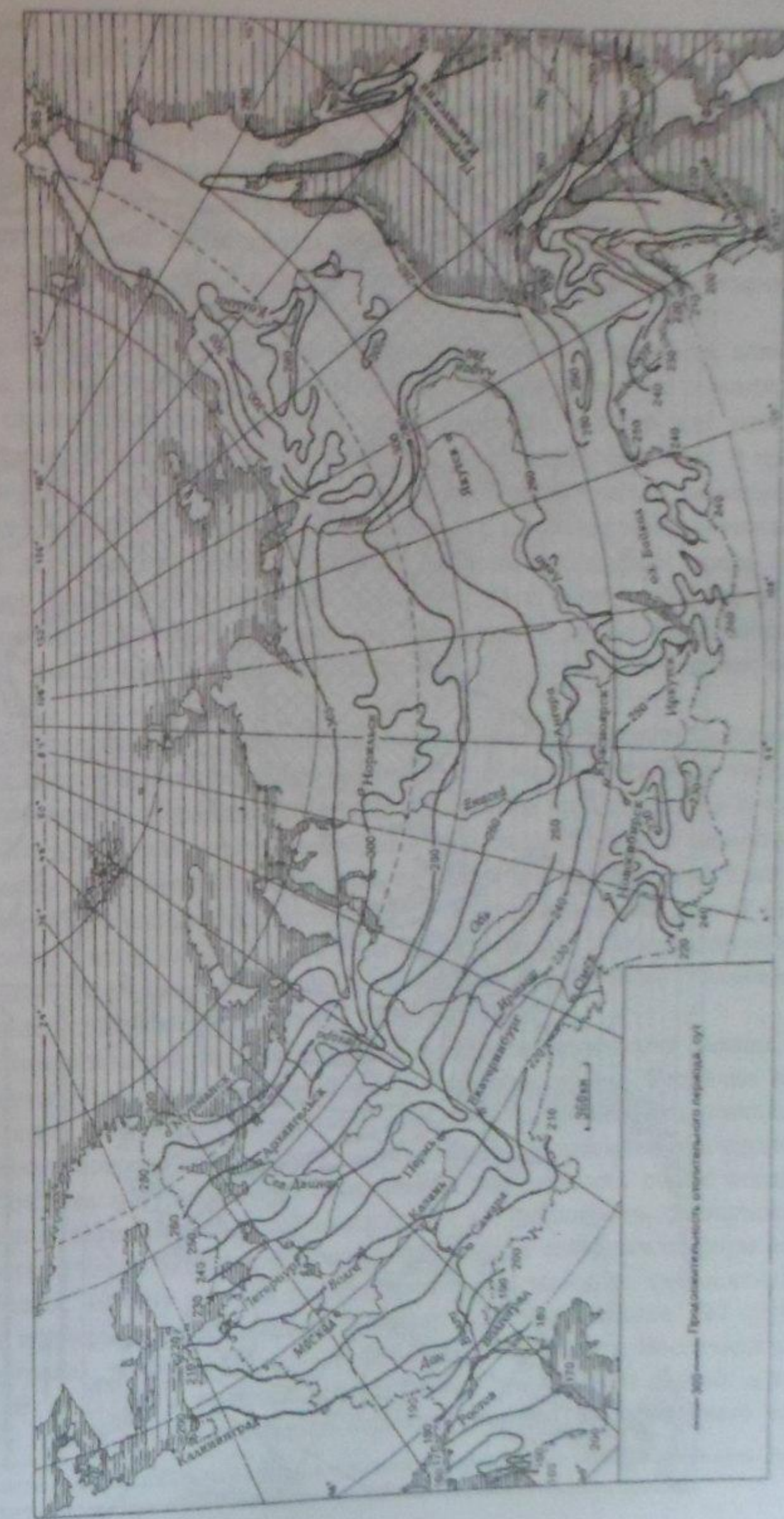


Рис. 8. Продолжительность отопительного периода.

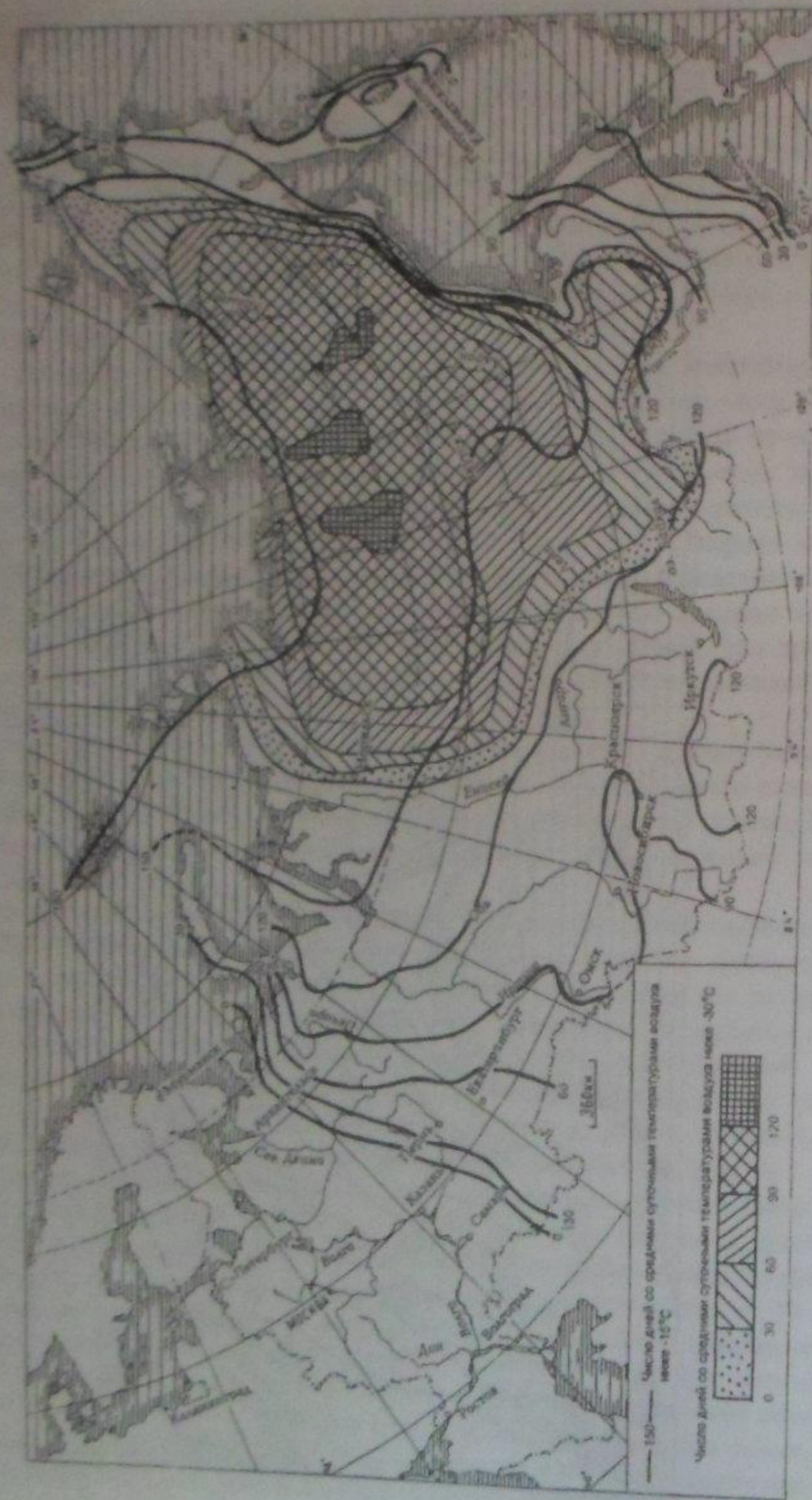


Рис. 9. Продолжительность зимнего дискомфортного и экстремально дискомфортного периодов.

в резко и крайне континентальных тасжных и в степных и несколько ниже — в сухостепных, полупустынных и пустынных (табл. 2).

Прямое и косвенное экологическое значение атмосферных осадков общеизвестно. Их пространственное распределение обусловлено сложным сочетанием зональных, долготно-секторных и орографических факторов. Зональный «гребень» осадков приурочен к южной тайге и подтайге, долготный максимум — к приокеаническим районам, наименьшие годовые суммы наблюдаются в зоне пустынь и крайне континентальном секторе тайги и Субарктики. Но эта схема усложняется барьерным и высотно-поясным эффектами рельефа (рис. 10).

Для экологической оценки атмосферных осадков важно не только их количество, но также форма, интенсивность и частота выпадения. Частое выпадение осадков создает определенные ограничения для рекреации, климатотерапии и труда вне помещений. Наиболее обобщенным показателем может служить число дней с осадками. В пространственной изменчивости этого показателя в общем повторяются те же закономерности, что и в количестве осадков. На наветренных склонах гор и в подверженных интенсивной циклонической деятельности тасжных и субарктических ландшафтах севера Русской равнины годовое число дней с осадками достигает 200 и более, тогда как в крайне континентальной восточносибирской тайге оно сокращается до 160–140, местами приближаясь к 100, а в крайне континентальных степях и в пустыне составляет менее 80 (рис. 11, табл. 2).

В качестве интегрального количественного показателя атмосферного увлажнения в географических исследованиях всеобщее признание получил коэффициент увлажнения Высоцкого—Иванова (K), выражающий отношение годовой суммы осадков к величине испаряемости. Хотя этот показатель производный и не содержит в себе характеристики какого-либо прямого экологического фактора, он важен для комплексной оценки экологического потенциала ландшафтов. Изолиния $K = 1$, совпадающая с южной границей ландшафтов лесных типов, служит своего рода «экологической осью», указывающей на оптимальные условия увлажнения и отделяющей зону избыточного увлажнения на севере от зоны недостаточного увлажнения на юге (рис. 12).*

Снежный покров можно рассматривать как особый экологический фактор, играющий существенную роль в жизни большей части населения страны. Среди его положительных экологических функций следует выделить рекреационную. Продолжительность залегания снежного покрова и его высота — важнейшие предпосылки для организации зимних видов отдыха и туризма. Пространственная изменчивость обоих показателей зимних видов отдыха и туризма. Пространственная изменчивость обоих показателей — зональности, секторности, выподчинена общим географическим закономерностям — зональности, секторности, высотной поясности, а также влиянию локальных факторов, в особенности форм рельефа. Наименьшая (менее 10 сут) средняя продолжительность залегания снежного покрова наблюдается в причерноморских предсубтропиках, наибольшая (более 300 сут) — на арктических островах, а на материке — в Субарктике Средней и Восточной Сибири (250–280 сут). В обжитых и наиболее перспективных для зимнего отдыха и туризма районах ЕТР, с самым продолжительным периодом зимнего температурного комфорта

* Исключение составляют специфические крайне континентальные мерзлотно-тасжные ландшафты Восточной Сибири, существующие в условиях недостаточного атмосферного увлажнения.

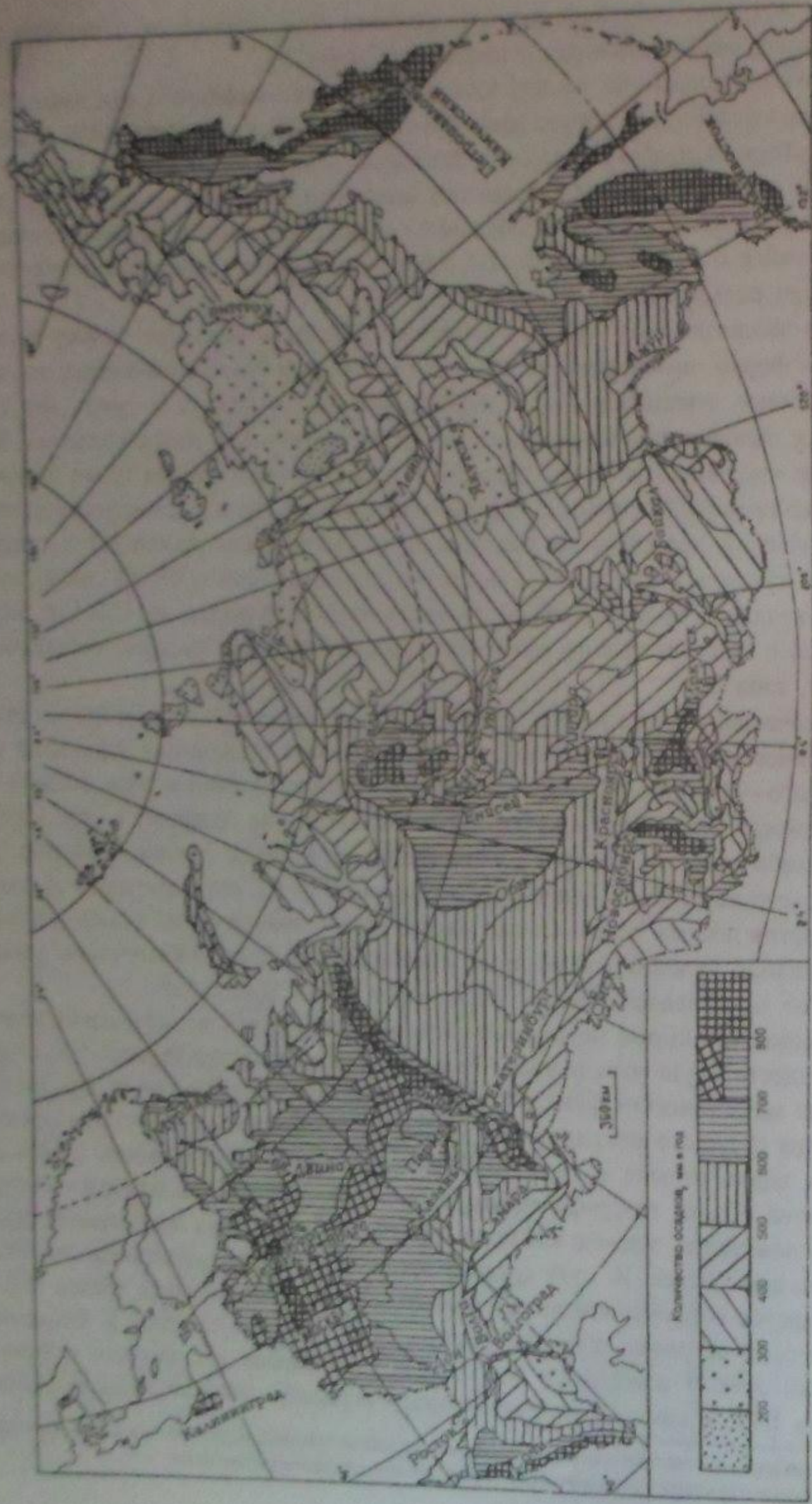


Рис. 10. Среднее годовое количество атмосферных осадков.



Рис. 11. Число дней с осадками.



Рис. 12. Коэффициент увлажнения.

та, длительность залегания снежного покрова составляет более 120–150 сут (рис. 13, табл. 2). Поскольку оптимальные условия для зимних рекреационных занятий требуют, чтобы образовался устойчивый снежный покров высотой не менее 10–20 см, реальные сроки для этих занятий оказываются более короткими. Так, на западе восточноевропейской тайги и подтайги снежный покров достигает высоты 10 см лишь через 20–30 дней после наступления зимнего комфортного температурного периода и образования устойчивого снежного покрова. По мере усиления континентальности климата этот разрыв сокращается (до 10–15 дней в восточных районах европейской тайги).

Облачность также имеет определенное экологическое значение. От степени закрытости неба облаками зависит продолжительность солнечного сияния — существенный лечебно-оздоровительный фактор. Высокой влажности воздуха и частым осадкам сопутствует сплошная облачность, особенно в холодные времена года. В кольской и кавинской тундре в среднем бывает лишь 13–16 ясных дней в году, для восточноевропейской тайги типично 20–30 таких дней; число же пасмурных дней составляет соответственно 200–210 и 170–200. Отсюда фактическая продолжительность солнечного сияния в этих регионах значительно меньше возможной: зимой не более 10, летом до 50–60%. К югу и востоку число ясных дней возрастает, а пасмурных уменьшается. Однако увеличение продолжительности светового дня с широтой в летнее время отчасти компенсирует недостаток ясных дней и несколько сглаживает широтные контрасты в продолжительности солнечного сияния, а в летние месяцы некоторые таежные ландшафты по этому показателю не уступают южным районам России. Так, на арктических островах годовое число часов солнечного сияния не более 900, в Субарктике оно возрастает до 1400 на западе и 1800 на востоке, в тайге и подтайге — до 1700 на западе и 2000–2200 в Восточной Сибири, в степях Южной Сибири — до 2400–2600. Для предсубтропиков Причерноморья типичны величины 2200–2300. Но если сравнивать летние показатели, то окажется, что в июле, например, в среднетаежном Петрозаводске число часов солнечного сияния (300) почти не уступает таковому для Сочи (313) и превосходит эту величину для Кисловодска (249), при годовых суммах соответственно 1719, 2523 и 2147. Эти цифры говорят о том, что и в тайге существуют реальные возможности для гелиотерапии.

К экологически значимым элементам климата следует отнести ветер, влияющий, в частности, на процессы терморегуляции в организме человека. Экологически оптимальная скорость ветра не должна превышать 2–3 м/с. Пространственная изменчивость этого показателя непосредственно связана со степенью континентальности климата. Самая низкая средняя годовая скорость ветра, отвечающая критериям оптимума, присуща регионам резко и крайне континентального климата, самая высокая — приокеаническим регионам с активной циклонической деятельностью и интенсивным вторжением морских воздушных масс, в особенности тундровому побережью Баренцева моря, где средняя годовая скорость ветра достигает 7–8 м/с и более (рис. 14). Скорость ветра может существенно изменяться по сезонам (в западной части страны она, как правило, зимой несколько выше, чем летом, что в сочетании с низкими температурами создает более ощутимый негативный экологический эффект). В отдельные дни скорость ветра может намного превышать годовую или сезонную норму. Число дней с сильным ветром (более 15 м/с) колеблется в зависимости от местных условий, но все же и здесь прослеживаются более общие закономерности. Так, на Земле Франца-Иосифа и западном побережье



Рис. 13. Продолжительность залегания снежного покрова.

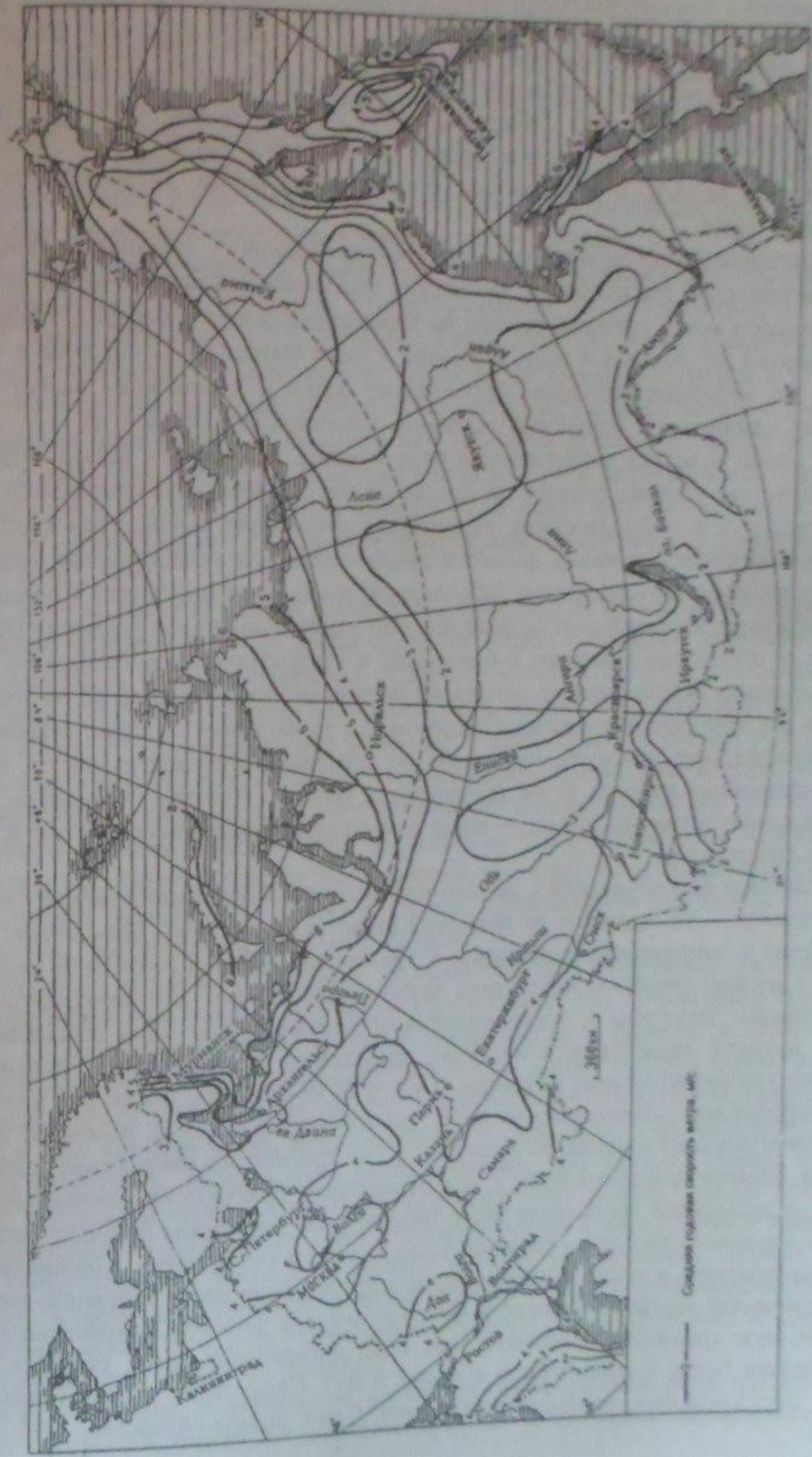


Рис. 14. Средняя годовая скорость ветра.

известно, многие вредные примеси в атмосфере вступают в реакции между собой и дают вторичные, нередко токсичные продукты. Наиболее активно фотохимические реакции происходят в условиях сухого солнечного климата (в частности, под воздействием солнечного света диоксид азота взаимодействует с углеводородами и образует опаснейший пероксиацетилнитрат — ПАН). Но другие техногенные примеси, и в их числе канцерогенный бенз(а)пирен, разрушаются под действием солнечной радиации.

Атмосферные осадки способствуют осаждению пылевых частиц и растворимых в водных каплях газов (в том числе SO_2), причем слабые морозящие дожди, типичные для Субарктики и таяющей зоны, осаждают примеси эффективнее, чем ливневые, чаще выпадающие в степях. Благодаря подвижности воздушной среды техногенные примеси могут перемещаться на большие расстояния и рассеиваться. Рассеиванию и удалению от источника выбросов наиболее благоприятствуют сильные ветры. Температурные инверсии, штили, туманы, напротив, способствуют концентрации поллютантов. От сочетания этих факторов зависит способность атмосферы к самоочищению. Естественно ожидать, что пространственная изменчивость этого свойства атмосферы должна быть значительной и находиться в прямой связи с климатом, однако подробное обсуждение этого вопроса выходит за рамки данной книги. Известны попытки установить интегральный климатический показатель потенциала самоочищения атмосферы (Безуглая, 1980), но подобные показатели не могут охватить весь комплекс факторов и дают лишь приближенное сравнительное представление о климатических условиях рассеивания поллютантов.

Заметим, что высокая способность атмосферы к самоочищению только с узко научно-вспомогательных позиций может рассматриваться как безоговорочно положительное свойство — чем интенсивнее атмосфера очищается от вредных примесей, тем больше их вступает в почву, водосмы, на поверхность растительного покрова и включается в дальнейшую миграцию. Этот пример лишний раз подтверждает неприемлемость узкоотраслевого подхода к экологическим проблемам и говорит о необходимости решать их с комплексных эколого-географических позиций.

1.3. Водообеспеченность

Вода принадлежит к числу основных незаменимых экологических факторов. Количеством и качеством пресной воды в большой степени определяется экологический потенциал ландшафта. Обеспеченность населения пресной водой отличается высокой географической изменчивостью, и ее оценка базируется на многих показателях, характеризующих, с одной стороны, потребности населения в пресной воде, а с другой — ее реальные ресурсы.

В современном водопотреблении трудно отделить собственно экологическую составляющую от производственной. На удовлетворение физиологических потребностей человечества в питьевой воде из водоисточников забирается на несколько порядков меньше пресной воды, чем на производственные нужды. Однако экологические потребности современного человека в воде вряд ли можно измерить количеством той воды, которая непосредственно поглощается организмом. Значительно больше пресной воды тратится на выполнение ею санитарно-гигиенических и разнообразных коммунально-бытовых функций, не имеющих прямого отношения к производству (например, полив улиц и зеленых насаждений). Сюда следует добавить не поддающееся строгому количественному учету использование воды в спортивно-оздоровительных, рекреационных, туристических целях, которое может не сопровождаться ее изъятием из водоисточников, но нередко ведет к загрязнению, т. е. ухудшению качества.

Попытки оценить современное водопотребление и его структуру дают более или менее расходящиеся результаты. Согласно одному из источников, в 1970 г. на территории СССР суммарное водопотребление составило 239 км^3 , причем на долю коммунального хозяйства пришлось лишь 4% ($9,7 \text{ км}^3$), тогда как на долю сельского хозяйства — 62%, промышленности — 28% и на заполнение водохранилищ — 6%. К 2000 г. прогнозировалось увеличение доли коммунального хозяйства до 6% (Мировой водный баланс..., 1974).

В городах, особенно крупных, на нужды населения расходуется (в расчете на 1 чел.) значительно больше воды, чем в сельской местности. В больших городах удельное водопотребление достигает 300–600 л/сут (или 110–220 $\text{м}^3/\text{год}$) на душу населения и растет с каждым годом; в сельской местности этот показатель снижается до 20–30 л/сут ($7\text{--}11 \text{ м}^3/\text{год}$) и менее.

Водные ресурсы относятся к категории возобновляемых. Их первоисточником являются атмосферные осадки, за счет которых в географической оболочке (главным образом в земной коре в виде пресных подземных вод, значительно меньше в ледниках, еще меньше в поверхностных водоемах) накопился «вековой запас», который теоретически представляет собой максимально возможное для использования количество пресной воды на Земле. Однако с точки зрения рационального использования природных ресурсов нельзя исходить из медленно возобновляемых (в течение столетий)* вековых запасов. Возобновляемую часть последних представляет водный сток с суши (поверхностный и подземный), годовая величина которого и должна рассматриваться как те-

* На восстановление запаса пресных вод в земной коре посредством подземного стока потребовалось бы 1750 лет (Мировой водный баланс..., 1974).

речески допустимый предельный ресурс пресной воды (практически для водозабора доступен далеко не весь объем стока).

Сток и испарение составляют две главные расходные статьи водного баланса. Их соотношение зависит от теплообеспеченности ландшафта, а также от ряда других физико-географических факторов и подчинено прежде всего закону зональности. Соответственно доля осадков, расходуемая на сток (коэффициент стока), на территории России закономерно уменьшается с севера на юг — от 0,6–0,8 в тундре до 0,4 вблизи южной границы тайги, 0,1 в степной зоне и менее 0,01 в пустыне. С усилением континентальности коэффициент стока также уменьшается. Наиболее ярко выражена «секторная аномалия» в тайге Центральной Якутии, где коэффициент стока не достигает 0,1.

Общее представление о закономерностях распределения среднего годового стока на территории страны дает рис. 15. Зональный «гребень» стока примерно совпадает с границей между лесотундрой и тайгой. Здесь величина годового слоя стока достигает 350 мм (в Восточной Европе) и отсюда уменьшается как к северу, так и к югу. Одновременно четко прослеживаются долготно-секторные изменения, так что в крайне континентальной тайге Центральной Якутии годовая норма стока не превышает 30 мм, т. е. близка к величине, типичной для сухих степей. Наиболее высокие показатели свойственны горным ландшафтам, в особенности наветренным приокеаническим склонам, где слой годового стока может достигать 1000 мм (Камчатка).

По нашим расчетам, средний годовой слой стока для территории России равен 198 мм, что соответствует объему около 34 тыс. км³/год. В пересчете на душу населения это составит 23 тыс. м³/год. Для большинства европейских стран этот показатель значительно ниже (например, Франция — 4,6; Англия — 2,7; Германия — 1,3). В США (с Аляской) на одного жителя приходится 11,4 тыс. м³/год водного стока. Богаче России в этом отношении Скандинавские страны (особенно Норвегия — 97 тыс. м³/год), Канада (129), Конго (192), Бразилия (60) и некоторые другие государства (Львович, 1974).

Однако в пределах России наблюдаются существенные контрасты в обеспеченности населения местным речным стоком. Следует отметить, что результаты оценок водообеспеченности населения могут сильно расходиться в зависимости от способа расчетов и в том числе от принятой системы территориальных единиц — их типа и размеров (административно-территориальные или природные единства разных порядков). Здесь приводятся результаты расчетов по ландшафтно-экологическим мезорегионам (рис. 16). Нетрудно заметить, что при пересчете «стокообеспеченности» с учетом численности населения контрасты многократно возрастают и удельные региональные показатели могут отличаться от среднего для всей страны на несколько порядков в сторону как увеличения, так и уменьшения. Это связано главным образом с тем, что многие относительно густонаселенные территории приурочены к маловодным ландшафтам, тогда как именно в области избыточного увлажнения расположены обширные, почти необжитые пространства.

Удельный сток на душу населения — показатель выразительный, но он недостаточен для суждения о реальной водообеспеченности, ибо учитывает лишь местный сток. Практически же население забирает воду из водоисточников, т. е. пользуется русловым стоком, который может формироваться на обширных водосборах. Площадь последних нередко во много раз превышает всевозможные территориальные единицы учета мест-



Рис. 15. Средний годовой слой речного стока.

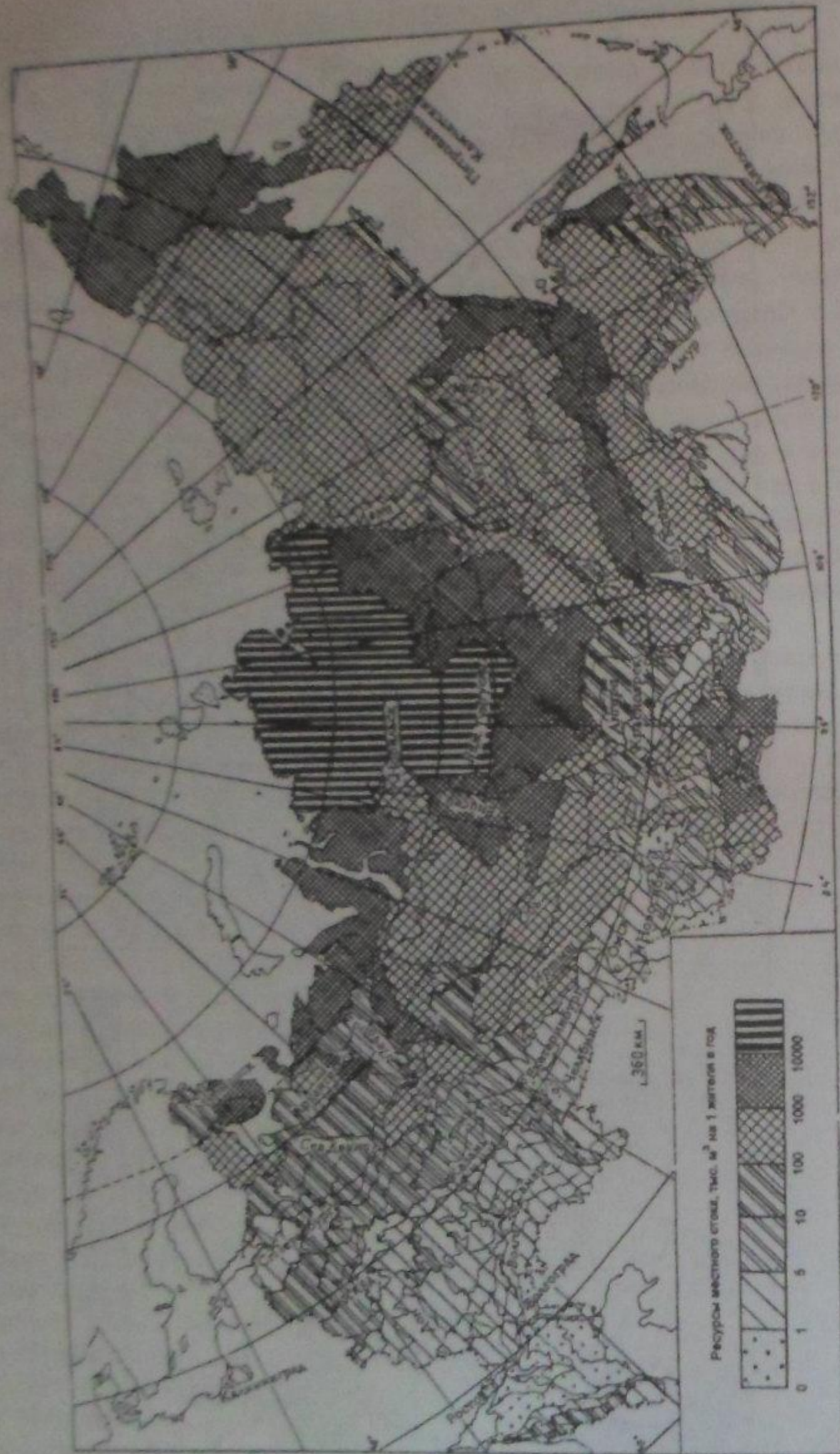


Рис. 16. Удельные ресурсы местного речного стока по ландшафтным мезорегионам

ного стока, очерченные политическими, административными или природными рубежами. Иначе говоря, для оценки реальной водообеспеченности необходимо учитывать транзитную составляющую руслового стока.

На территории России существуют крупнейшие речные системы, из них 5 (Обь, Енисей, Лена, Амур и Волга) собирают водный сток с площади от 1 до 3 млн. км². Средний годовой расход воды в устьевой части Волги достигает 7,1 тыс. м³/с, а у Оби — почти 20 тыс. м³/с (соответственно 220 и 620 км³ в год). На рис. 17 схематически показана водоносность рек с годовыми расходами, превышающими 1000 м³/с.

В силу того, что у подавляющего большинства рек расход воды увеличивается вниз по течению (самое существенное исключение — Волга, которая теряет много воды на испарение с поверхности водохранилищ и не имеет притоков в нижнем течении), реальные ресурсы стока растут в том же направлении. В результате ресурсы полного речного стока могут во много раз превышать местный сток и за счет транзитных рек оказываются весьма значительными даже в отдельных аридных ландшафтах, вовсе не имеющих местных водотоков (самый яркий пример для России — ландшафты Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги). Относительно наименьшая удельная водообеспеченность, как это ни парадоксально звучит, часто присуща областям основного питания рек, т. е. приводораздельным частям речных бассейнов, где еще не успели сформироваться крупные водотоки. В качестве примера приведем сравнительные данные по местному и полному речному стоку для приволжских ландшафтно-экологических мезорегионов (табл. 3).

Таблица 3. Удельные (на душу населения) ресурсы речного стока в ландшафтно-экологических регионах Волжского бассейна

индекс	Ландшафтно-экологическая провинция и подпровинция название	Ресурсы стока, тыс. м ³ /чел. в год	
		местного	полного (местный + транзитный)
15в	Верхневолжская южнотаежная	9,0	37
17в	Камско-Ветлужская южнотаежная	18,0	7
22	Верхневолжская подтаежная	8,8	14
23	Волго-Окская подтаежная	0,8	4
25	Мещерская подтаежная	1,1	14
26	Волго-Ветлужская подтаежная	4,5	170
33	Приволжская широколиственно-лесная	3,2	60
34	Заволжско-Уфимская широколиственно-лесная	1,9	60
38	Черемшанская широколиственно-лесная	1,3	220
44а	Приволжская северостепная	4,6	730
44б	" среднестепная	0,7	220
44в	" южнестепная	2,2	1000
45а	Заволжская Низкосыртовая северостепная	0,2	140
45б	" " среднестепная	2,6	575
45в	" " южнестепная	2,3	400
51, 53	Прикаспийская полупустынная и пустынная	-	110

Принимая ландшафтно-экологические провинции и подпровинции в качестве территориальных единиц для оценки водообеспеченности, следует учесть, что речь идет о региональных сопоставлениях. В пределах региона любого типа население распределено

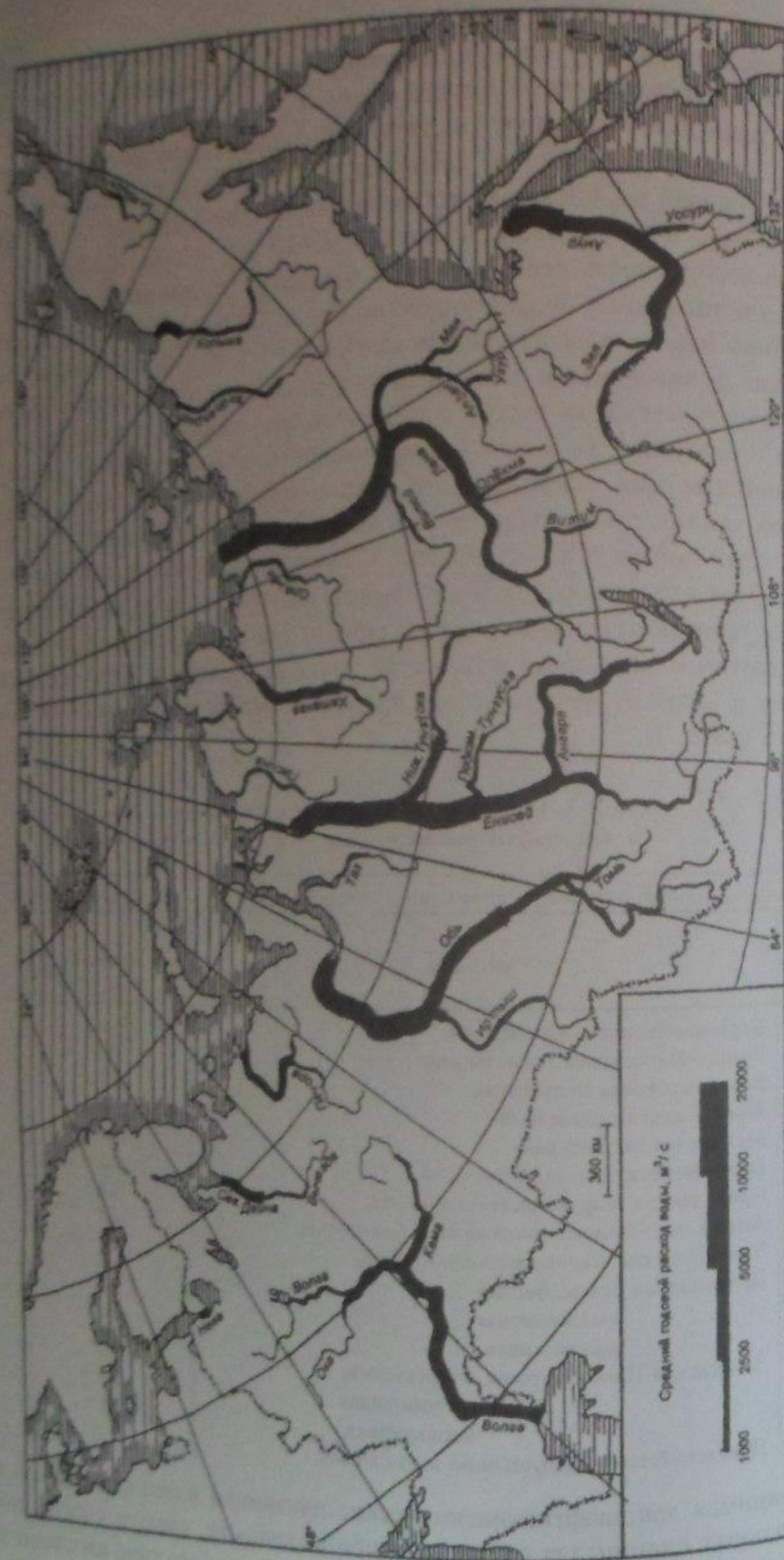


Рис. 17. Водоносность главных рек.

дискретно и более или менее неравномерно, и фактическая водообеспеченность каждого конкретного населенного пункта может сильно отличаться от суммарных региональных показателей в зависимости от местных условий, и прежде всего — близости водисточников. Но здесь мы уже вступаем в область оценок локального уровня, не входящих в задачи данного обзора.

Речному стоку присуща многолетняя и сезонная изменчивость, обуславливающая существенные колебания водообеспеченности во времени. Многолетние колебания стока имеют циклический характер, но фазы колебаний в разных районах не совпадают по времени, как и по амплитуде. Типично усиление многолетней изменчивости стока по мере нарастания аридности. В южных районах Сибири коэффициент вариации годового стока (отношение среднего квадратического отклонения к многолетней норме) достигает 0,4–0,5, а в северных районах снижается до 0,2–0,1. С увеличением площади водосбора территориальные различия в многолетних колебаниях как бы компенсируются, и у больших рек они менее ощутимы, чем у малых. В целом длительность многоводных и маловодных фаз большей частью не превышает 10 лет, и отклонения средних величин стока за эти периоды от нормы составляют не более 10%, в некоторых регионах — до 15–16%. Наиболее типичны относительно короткие циклы (до 2–3 лет).

На большей части территории России речной сток характеризуется неравномерным распределением по сезонам, что обусловлено общими географическими закономерностями. В умеренных и высоких широтах сток формируется главным образом за счет твердых осадков и, как правило, не менее половины годовой нормы его приходится на долю весеннего половодья. За три наиболее многоводных месяца р. Лена выносит в океан 72% годового объема стока, Енисей — 63%, Обь — 56%. Самый маловодный период обычно совпадает с зимним сезоном, когда даже у крупнейших рек с обширными водосборами расходы воды сокращаются в десятки раз (так, сток за три зимних межених месяца составляет у Лены 2% от годового, у Енисея — 6%, у Оби — 7%), а в аридных и мерзлотных районах сток практически прекращается из-за отсутствия грунтового питания. Для лета также характерна межень, поскольку атмосферные осадки в основном испаряются и сток зависит от грунтового питания и эпизодических дождевых паводков.

Отмеченные черты типичны для континентального и, особенно, резко и крайне континентального секторов, но менее выражены в приокеанических секторах, где возрастает доля дождевых осадков в питании речного стока. Наиболее равномерным сезонным режимом стока отличаются крайне западные и юго-западные окраины страны, получающие значительное количество как твердых, так и жидких осадков. На юге Дальнего Востока сезонный режим стока определяется муссонным ритмом выпадения осадков, поэтому резкая сезонная контрастность стока сохраняется, но «пик» его смещается к концу лета.

В силу большого разнообразия условий формирования стока на территории страны следует выделять различные типы сезонного режима речного стока. Предложены разные варианты их классификации, из которых наиболее известна классификация М. И. Львовича (1974). Здесь предлагается новая классификация, основанная на группировке ландшафтных провинций и подпровинций по двум критериям — степени сезонной контрастности стока и времени наступления максимума на кривой его внутригодового распре-

деления. В качестве показателя контрастности, условно названного индексом сезонности, принято отношение в процентах стока трех самых маловодных месяцев к стоку трех самых многоводных месяцев по следующей шкале: А — более 25, Б — 10–25, В — 5–10, Г — 1–5, Д — 0–1, Е — 0. Для шкалы «пика» взяты следующие градации (по месяцам): 1 — март, 2 — апрель, 3 — май, 4 — июнь, 5 — июль, 6 — август.

Сочетание обоих критериев дает 24 реализации (т. е. типа сезонного режима стока) в форме соответствующих групп ландшафтных мезорегионов. Их размещение показано на рис. 18, а краткая характеристика дана в табл. 4, которая одновременно служит легендой к карте.

Наибольшей сглаженностью сезонного режима стока и вместе с тем ранним наступлением многоводной фазы выделяются Прибалтийская подтаежная провинция (тип А2) и северный склон Большого Кавказа (А1). В прибалтийской подтайге слабая контрастность гидрологических сезонов обусловлена общим обилием осадков при господстве жидких и сравнительно равномерном внутригодовом распределении; мягкие зимы способствуют постепенному таянию снега и питанию грунтового стока, поэтому зимняя межень здесь не выражена и относительно маловодный период смещается на лето. До некоторой степени сходные условия наблюдаются на северном склоне Большого Кавказа, но здесь твердые осадки играют более существенную роль в питании речного стока, горный рельеф определяет растянутость периода таяния снежного покрова, а также ледников, наиболее маловодный период смещается на зимние месяцы.

На степных равнинах Предкавказья тип А1 переходит в Б1, характеризующийся наиболее ранним наступлением сезонного пика в процессах формирования стока, но усилением внутригодовой контрастности и более выраженной летне-осенней меженью. В северо-западных провинциях восточноевропейской тайги и подтайги избыточно-влажный слабоконтинентальный климат с мягкой зимой и значительное участие дождевых осадков в питании стока обуславливают относительную сглаженность внутригодового режима стока, хотя здесь хорошо выражены как зимняя (основная) межень, так и летняя; характерен второй, осенний, максимум стока дождевого происхождения (типы Б2 и Б3). По степени сезонной контрастности стока некоторое сходство с предыдущими имеют отдельные районы Западной и Средней Сибири (преимущественно горные и предгорные), но здесь главными факторами являются большие снегозапасы и растянутость снеготаяния, многоводный период сдвинут на более поздние сроки, дождевой осенний подъем не выражен (тип Б4). Сюда же отнесены реки Камчатки, с обильным снеговым питанием, поздневесенним максимумом стока и осенним влиянием муссонных дождей.

Типы сезонного режима В2, В3 и В4 можно считать наиболее характерными для России. Они представлены в широкой полосе умеренно и типично континентальных лесных ландшафтов Восточной Европы, Западной и Средней Сибири. Снеговое питание бесспорно преобладает, до 70% годового стока приходится на период весеннего половодья, сроки наступления которого смещаются с апреля в юго-западной части полосы (В2) на май (В3) и июнь (В4) по мере продвижения на север и восток. В типах В3 и В4 хорошо выражены как зимняя межень (основная), так и летняя, разделенные обычно кратковременным и невысоким осенним увеличением стока. В типе В2 заметнее признаки перехода к последующей ступени усиления неравномерности стока (Г2): летняя межень по маловодности равна зимней или даже опережает ее, причем оба меженных

периода практически не разделяются осенним увеличением стока. Особняком стоит тип В5, к которому отнесены высокогорья с преобладанием ледникового питания стока, в основном на Большом Кавказе. На карте (рис. 18) из-за крайне мелкого масштаба участки, отнесенные к этому типу, отдельно не выделены и включены в контур с индексом А1.

Типы Г1–Г5 по сезонной структуре гидрологического цикла близки к предыдущей группе, но отличаются усилением неравномерности стока. В основном сюда относятся, с одной стороны, степные и лесостепные ландшафты Русской равнины, с континентальным климатом, недостаточным увлажнением, дефицитом дождевого питания, высокой (до 80%) долей весеннего половодья в годовом стоке, ранними сроками его прохождения и длительным маловодным периодом, в котором летняя межень почти незаметно переходит в зимнюю (типы Г1, Г2). С другой стороны, здесь представлены восточноевропейская Субарктика и некоторые мерзлотно-таежные ландшафты с гораздо более поздними сроками весеннего половодья и местами слабо выраженной тенденцией к осеннему увеличению стока (Г3, Г4). Для горных рек Сихотэ-Алиня также типична значительная сезонная контрастность стока, но наиболее многоводный период имеет муссонную природу и сдвинут на лето (Г5).

К следующей ступени усиления сезонной контрастности стока отнесены разнообразные ландшафты, общими чертами которых служит величина индекса сезонности менее 1, длительный маловодный летне-осенне-зимний (типы Д1–Д4) или осенне-зимне-весенний (Д5, Д6) период и возможность появления кратковременного (местами до 1–2 месяцев) безводного периода, когда местные реки пересыхают. В сухостепных ландшафтах Предкавказья и юга Русской равнины пик половодья наступает в марте (Д1), на юге Западной Сибири — в апреле (Д2), в восточносибирской тайге — в мае (Д3) и июне (Д4). Во всех этих районах режим стока определяется явным доминированием снегового питания. В Забайкалье, где зима крайне малоснежная, а летом сказывается влияние дальневосточного муссона, весеннее половодье слабо выражено, сезонный максимум стока смещен на лето (июнь), зимой реки могут пересыхать (тип Д5). Эти особенности еще более типичны для юга Дальнего Востока, где муссонные дожди часто вызывают катастрофические наводнения; пик стока приходится здесь на август (Д6).

Резкая сезонная неравномерность речного стока находит свое крайнее выражение в типах Е2, Е3 и Е4, представленных двумя разобщенными ареалами — в наиболее аридной сухостепной, полупустынной и пустынной части страны (Е2) и в самых суровых условиях тайги и Субарктики северной и восточной Сибири (Е3, Е4). При всех ландшафтно-географических различиях обоим ареалам присущи некоторые общие черты, приводящие к исключительной зависимости стока от снегового питания. В аридных ландшафтах резко недостаточное атмосферное увлажнение, незначительные снегозапасы и их интенсивное таяние, высокая испаряемость в летние месяцы — все это обуславливает быстрое прохождение весеннего половодья и отсутствие стока как в летние, так и в зимние месяцы; лишь в периферических степных и лесостепных районах (переходных к типу Д2) сухой период на реках сокращается до трех зимних месяцев. Огромный северо-восточный ареал типа Е4 достаточно разнороден.

В Арктике и сибирской Субарктике избыточное увлажнение сочетается с длительным холодным периодом и мощной многолетней мерзлотой, осадки выпадают преимуще-



Рис. 18. Типы сезонного режима речного стока.

Таблица 4. Типы сезонного режима речного стока по ландшафтным мезорегионам

Тип режима речного стока	Индекс сезонности	Сток, в % от годового			Многоводные периоды		Маловодные периоды			
		за 3 наиболее многоводных месяца	за самый многоводный месяц	за 3 наиболее маловодных месяца	основной	вторичный	основной	в том числе безводный	вторичный маловодный	
A1	32	40	12, III (IV, V)	12	III-VI (VII)	-	XI-I	X-II	-	-
A2	58	33	12, IV (III)	19	III-IV	-	-	VI-X	-	-
B1	10-13	56-58	26-28, III	6-7	III (II)-V	-	-	VI-XII (I)	-	-
B2	10-16	55-65	35-45, IV	7-10	IV-V	-	X-XI	XII-III	-	VII-VIII (IX)
B3	12-25	40-50	20-30, V	6-12	V (IV)-VII	-	X-XI	XII-III	-	VIII-IX
B4	10-20	50-60	20-30, VI	6-10	VI-VII (VIII)	-	-	VIII (IX)-IV	-	-
B2	5-10	70-80	50-60, IV	3-5	IV-V	-	-	VI-X	-	XI-III (VIII-IX)
B3	5-10	60-75	30-50, V	3-6	V-VI (VII)	-	(IX, X)	XI-IV	-	VIII
B4	5-10	55-70	20-40, VI	3-7	V-VI (VII)	-	(IX, X)	XI-IV	-	(VIII-IX)
B5	8-10	50-60	20, VIII	5-10	V-VIII (IX)	-	-	XI-IV	-	-
Г1	2-5	70-85	40-60, III	2-3	II (III)-IV	-	-	X-IV	-	-
Г2	2-5	75-90	50-80, IV	2-5	IV-V	-	(X)	V-XII	-	-
Г3	3-5	55-70	40-50, V	3	V (IV)-VI	-	(X, XI)	XI-III	-	VII-IX
Г4	2-3	60-70	30-45, VI	1-2	V (VI)-VII	-	(VIII-IX)	XI (X)-IV	-	VII-VIII (VI-VIII)
Г5	3	60	22, VII	2	V-IX	-	-	XI-IV	-	-
Д1	< 1	80-90	70, III (IV)	0-1	III (IV)	-	-	VIII-II	-	-
Д2	< 1	80-90	40-50, IV	< 1	IV-VI	-	-	VIII-III	-	-
Д3	< 1	55-65	25-35, V	< 1	V-IX	-	-	VIII-III	-	-
Д4	< 1	60-80	30-40, VI	< 1	V-VII (VIII)	-	(VIII, IX)	X (XI)-IV	-	I (II)-III
Д5	< 1	60-70	25-30, VII	< 1	V-IX	-	-	X-IV	-	(VIII)
Д6	< 1	45-60	20-25, VIII	< 1	VIII-IX	-	IV-V	X (XI)-IV	-	(VI-VII)
Е2	0	95-100	85-100, IV	0	IV	-	-	VI-III	-	-
Е3	0	95	60, V	0	V-VI	-	-	VIII-IV	-	-
Е4	0	80-100	30-60, VI	0	VI-IX (VIII)	-	-	X-IV (V)	-	-

Примечание. В скобках указаны слабо или не повсеместно выраженные периоды.

ществено в твердом виде и после таяния быстро стекают по поверхности, грунтовый сток ничтожен, резкий пик стока (до 90% и более от годового) приходится на календарное лето (июнь или июль), зимой русла местных рек практически безводны под ледяным покровом. Внешне сходная картина наблюдается на реках тайги Северо-Востока Сибири, хотя здесь климат приобретает черты аридности, а доля жидких осадков возрастает. Многолетняя мерзлота и здесь служит одним из главных гидрологических факторов, имеет значение и увеличение потерь атмосферной влаги на испарение. Пик стока приходится на май в средней тайге (Е3) и на июнь в северной (Е4), причем в горных районах из-за различия сроков снеготаяния на разных высотах относительно многоводный период несколько растянут. Зимой местные реки безводны в течение 3–6 месяцев.

При оценке ресурсов речного стока важно учитывать его устойчивую часть («базисный сток»), которая соответствует подземному стоку. Доля подземного (грунтового) питания в суммарном объеме годового стока сильно варьирует в зависимости от физико-географических условий и на макрорегиональном уровне обнаруживает явные зональные особенности. В области многолетней мерзлоты условия грунтового питания рек неблагоприятны, поскольку подземные воды здесь находятся преимущественно в твердом виде. Наиболее интенсивный грунтовый сток наблюдается в зоне избыточного увлажнения за пределами границы распространения многолетней мерзлоты, т. е. в лесных ландшафтах ЕТР, южной части тайги Сибири и Дальнего Востока. Здесь грунтовые воды залегают близко к поверхности, в основном в четвертичных отложениях, и легко разгружаются в водотоки. Годовой слой грунтового стока, как правило, превышает 50 мм, составляя 20–30% (местами, по-видимому, до 40–50%) от суммарного.

В зоне недостаточного увлажнения уровень грунтовых вод лежит на большой глубине от поверхности, реки дренируют глубокие грунтовые и отчасти артезианские воды. Врез малых рек часто недостаточен для разгрузки подземных вод, и это может привести к их пересыханию в меженный период. Годовой слой подземного стока уменьшается до 10 мм и менее, и его доля в питании рек сокращается.

Устойчивость руслового стока каждой конкретной реки зависит от его зарегулированности озерами и искусственными водохранилищами. Среди крупных рек наиболее яркий пример представляет Нева, у которой внутригодовые колебания расходов невелики в сравнении с незарегулированными реками того же района: средний месячный сток наиболее многоводного периода (апрель—июль) составляет около 10% от годового, а наиболее маловодного (декабрь—февраль) — около 6%. Благодаря большой водной массе и замедленному водообмену крупные озера «гасят» как сезонные, так и многолетние колебания стока вытекающих из них рек. Гидрологические, а также физико-географические и экологические функции озер этим, разумеется, не ограничиваются. Достаточно напомнить о их влиянии на местный климат, рекреационном значении, не говоря уже о рыбохозяйственных или транспортных функциях. Озера широко используются как непосредственные источники питьевого, коммунально-бытового и производственного водоснабжения.

Число внутренних естественных водоемов на территории России не поддается точному учету и измеряется многими сотнями тысяч. Среди них — 9 больших озер (включая Каспийское море), площадью более 1 тыс. км² каждое. В этой группе надо

особо выделить три крупнейших пресноводных водоема — озера Байкал (31,5 тыс. км²), Ладожское (17,7 тыс. км²) и Онежское (9,7 тыс. км²) с объемами водной массы соответственно 23 000, 908 и 295 км³. Ежегодно лишь небольшая часть этого запаса возобновляется за счет притока речных (отчасти также подземных) вод и атмосферных осадков и расходуется на речной сток из озера и испарение, поддерживая водный баланс водоемов. У Байкала время полного водообмена составляет 330 лет, у Ладожского озера — 11, у Онежского — 13.

Озера распространены в пределах территории страны неравномерно. Крупнейшие из них приурочены к обширным древним тектоническим впадинам. Происхождение малых озер разнообразно и более тесно связано с «вмещающими» ландшафтами, их историей, структурой и специфическими экзогенными процессами. Одна из главных озерных областей — «Озерный край», или Северо-Запад Русской равнины вместе с восточной окраиной Балтийского щита, совпадающая с ареалом последнего оледенения. Здесь множество остаточных послеледниковых озер, заполняющих нередко глубокие котловины тектонического, экзарационного, моренно-подпрудного и другого генезиса, поддерживаются избыточно-влажным климатом и молодостью речной сети, не успевшей полностью спустить послеледниковые водоемы. В некоторых ландшафтах этой области озерность достигает 10–20% и более. За пределами границы последнего оледенения, в области максимального оледенения, озерность резко снижается (до 1–2%), сохранившиеся остаточные озера мелководны, интенсивно зарастают. В южной, внеледниковой, части Русской равнины эрозионный рельеф с хорошо развитой и глубоко врезанной сетью речных долин и климат с недостаточным увлажнением не благоприятствуют развитию озер, которые представлены лишь мелкими старичными водоемами в речных поймах. Субарктика, а также таежные мерзлотные ландшафты, развитые на мощной толще рыхлых четвертичных отложений (на Колымо-Индигоирской, Лено-Виллойской низменностях и др.), изобилуют небольшими мелководными округлой формы озерами, заполняющими термокарстовые впадины и занимающими иногда до половины территории. Внешне сходная картина наблюдается в южной, лесостепной и степной части Западно-Сибирской равнины, где обширные практически бессточные междуречные пространства усеяны мелководными озерами, приуроченными к плоским западинам суффозионного и, по-видимому, унаследованного (реликтового) термокарстового характера. Вода этих озер часто минерализована.

Существенное экологическое значение имеет *термический режим поверхностных вод*, влияющий на их санитарно-гигиенические свойства, возможности рекреационного и лечебного использования, на способность к самоочищению от вредных выбросов. Почти на всех равнинных реках и озерах в холодное время года образуется ледостав. В Субарктике он продолжается более 7–8 месяцев, в восточноевропейской тайге — 5–7, в сибирской — 6–8 месяцев. На юге Русской равнины продолжительность ледостава сокращается до 4–2 месяцев, а на реках Предкавказья он бывает не ежегодно. Соответственно продолжительность безледного периода увеличивается. В теплое время года температура воды в общем следует изменению температуры воздуха, однако температурный режим рек и озер имеет свои отличительные особенности. Поскольку для большинства рек страны снеговое питание является основным и во время половодья в них поступают талые воды, в этот период речная вода преимущественно холоднее, чем

воздух, но затем вода прогревается и в остальную теплую часть года отличается несколько более высокой температурой в сравнении с воздухом.

Различия между температурным режимом речных вод и атмосферного воздуха, однако, варьируют под влиянием зональных и долготно-секторных условий. Отмеченные выше особенности типичны для северных регионов — Субарктики, лесных, отчасти лесостепных ландшафтов. На крайнем западе Восточно-Европейского сектора, в связи с уменьшением роли талых снеговых вод в питании речного стока, температура воды в реках выше температуры воздуха в течение всего теплого периода года. В степной части ЕТР в начале теплого периода температуры воды и воздуха мало различаются, в жаркий меженный период вода может быть даже холоднее воздуха (вследствие поступления грунтового питания и охлаждающего влияния интенсивного испарения), а в конце периода — заметно теплее его. В сухостепных и полупустынных ландшафтах исключительное преобладание снегового питания обуславливает у речных вод более низкую температуру, чем у воздуха, лишь к осени она становится выше. В горных реках Кавказа, со значительной долей ледникового питания, вода в теплое время года имеет более низкую температуру, чем воздух, а в холодное — более высокую.

В июле средняя температура речных вод в Субарктике не превышает 14°C , на южной границе тайги приближается к 20°C (на западе выше, чем в Сибири), в степях Русской равнины достигает $22\text{--}24^{\circ}\text{C}$.

Температура поверхностных вод определяет возможности их оздоровительного и рекреационного использования. В рекреационной оценке ландшафта одним из важных критериев служит продолжительность купального сезона. Границы температурного оптимума для купания определяются неоднозначно. В качестве нижнего лимитирующего порога разными авторами принимается средняя температура воды от 15 до 22°C . Представляется, что ближе к истине Р. П. Корнилова (1979), принимающая в качестве границ купального сезона среднюю суточную температуру воды 17°C . При таком условии на юге Русской равнины (примерно от широты Волгограда) и в Предкавказье купальный сезон продолжается 120–130 дней, начинаясь в мае и заканчиваясь в сентябре. Отсюда продолжительность этого сезона закономерно сокращается с увеличением широты: до 90 дней на широте Москвы, 60 — Петербурга и 30 — Петрозаводска, и далее к северу сходит на нет, причем на азиатской территории страны указанные пределы находятся южнее, чем на европейской.

Возможности питьевого, как и всякого иного, использования поверхностных вод зависят от их качества, определяемого наличием, составом и концентрацией примесей. В естественных условиях речные воды содержат вещества, поступающие в растворенном и взвешенном состоянии из водосбора с поверхностным и грунтовым стоком. Минерализация речных и озерных вод и их химический состав зависят от состава дренируемых горных пород, но в большей степени подчинены климату, увлажнению и соответственно интенсивности процессов растворения, выщелачивания и промывания почв и грунтов. Поэтому в пространственной изменчивости химизма поверхностных вод в первую очередь бросается в глаза зональность.

В зоне избыточного увлажнения благодаря обилию осадков, интенсивному стоку дренируемые толщи быстро освобождаются от легкорастворимых солей, для поверхностных вод характерна слабая минерализованность, обычно не превышающая 200 мг/л .

Наиболее слабо минерализованы реки и озера Субарктики и тайги. Для рек восточно-европейской тайги в период весеннего половодья типична величина минерализации $25\text{--}50\text{ мг/л}$, в летнюю и особенно зимнюю межень, когда минерализация обусловлена грунтовым питанием, она возрастает до $200\text{--}300\text{ мг/л}$. На этом общем зональном фоне наблюдаются своего рода аномалии, связанные с геологическим фундаментом. Поверхностным водам Балтийского щита, сложенного прочными кристаллическими породами, присуще крайне низкое содержание растворимых солей — $10\text{--}25\text{ мг/л}$ в половодье и $20\text{--}50\text{ мг/л}$ в межень. С другой стороны, минерализация вод р. Кулой (в верхнем течении), дренирующей известняково-гипсовое Беломорско-Кулойское плато, достигает летом и зимой 1200 мг/л . Воды озер по минерализации аналогичны речным и в зоне избыточного увлажнения также очень слабо минерализованы; для Ладожского озера, например, среднее содержание ионов составляет 56 мг/л , а для Онежского — 35 мг/л .

По мере уменьшения общего увлажнения минерализация поверхностных вод увеличивается; так, в восточноевропейской подтайге она превышает 200 мг/л , в степи, а также в центральнойкутской тайге достигает $500\text{--}1000\text{ мг/л}$, а в полупустыне и пустыне — более 1000 мг/л .

Одновременно с увеличением минерализации изменяется ионный состав поверхностных вод. В зоне избыточного увлажнения они свободны от легкорастворимых солей и относятся преимущественно к гидрокарбонатно-кальциевым; в зоне недостаточного увлажнения преобладание переходит к водам сульфатного, а затем и хлоридного класса, среди катионов доминирует натрий.

Надо заметить, что в избыточно-влажной зоне воды содержат больше органических веществ, а также железа, чем в зоне недостаточного увлажнения.

С минерализацией речных вод связана их жесткость, обусловленная содержанием ионов кальция и магния, поэтому в изменениях данного показателя наблюдаются те же закономерности. Воды Субарктики и тайги очень мягкие, общая жесткость не превышает $1,5\text{ мг-экв/л}$. Однако средние показатели для этих зон существенно варьируют во времени и в пространстве. Так, для тайги Северо-Запада в период половодья типичны величины $0,5\text{--}1,0\text{ мг-экв/л}$, а во время летней и зимней межени — $2\text{--}3\text{ мг-экв/л}$. В пределах Балтийского щита на протяжении года жесткость вод составляет всего лишь $0,1\text{--}0,3\text{ мг-экв/л}$, а в верховьях Кулоя близка к $2,0$ в половодье и достигает 17 мг-экв/л в межень. В подтайге и отчасти в южной тайге речная вода определяется как мягкая (1,5–3,0 мг-экв/л), в зоне широколиственных лесов и лесостепи Русской равнины, в подтайге Западной Сибири — как умеренно жесткая (3–6 мг-экв/л), в типичной степи — как жесткая (6–9 мг-экв/л), в сухой степи, полупустыне, пустыне — как очень жесткая (свыше 9 мг-экв/л).

Содержание твердых взвешенных частиц характеризует мутность поверхностных вод. Наименьшая мутность (до 20 г/м^3) присуща рекам Субарктики и мерзлотно-таежных ландшафтов, где постоянная или длительно-сезонная мерзлота грунтов препятствует их размыву. Очень низка мутность рек Балтийского щита. На остальной лесной части страны мутность рек увеличивается, но остается невысокой (до 50 г/м^3). Мощная лесная растительность препятствует поступлению твердого материала в реки. Существенную роль в качестве отстойников для наносов играют озера. В безлесных и распаханных ландшафтах поступление твердых частиц в реки резко возрастает, в особенности в

районах легкорастворимых лессов и лессовидных отложений. В степной зоне мутность возрастает до 500, местами до 1000 г/м³. Самой высокой мутностью отличаются реки, стекающие с северных склонов восточной части Большого Кавказа (почти до 12 000 г/м³). Рассматриваемый показатель подвержен резким сезонным колебаниям, особенно в аридных и безлесных ландшафтах. Наибольшее количество наносов реки несут во время половодья и паводков. В реках восточной части Большого Кавказа при паводках наблюдалось повышение мутности до 80–120 тыс. г/м³.

Грунтовые воды, играющие, как уже было отмечено, важную роль в питании речного стока, служат и самостоятельным источником водоснабжения. Они формируются в зоне активного водообмена самой верхней части земной коры непосредственно в результате фильтрации атмосферных осадков и образуют первый от поверхности горизонт подземных вод, преимущественно ненапорных. Грунтовые воды обычно залегают выше уровня вреза речной сети, а также уровня воды озер, чем обеспечиваются их разгрузка и водообмен в водовмещающих породах (большой частью четвертичных). Постоянный водообмен обуславливает низкую минерализацию грунтовых вод, которая увеличивается с глубиной по мере затруднения водообмена.

Грунтовые воды распространены повсеместно, но крайне неравномерно по обилию и качеству, подчиняясь разнообразно ландшафтов. Давно известна широтная зональность грунтовых вод. С севера на юг уменьшается обводненность верхней толщи горных пород в зоне свободного водообмена, увеличивается глубина залегания грунтовых вод, возрастают их минерализация и жесткость, изменяется химический состав. В зоне избыточного атмосферного увлажнения грунтовые воды пресные, преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, в зоне недостаточного увлажнения они становятся соленатыми и солеными, минерализация достигает 3–10 г/л, а местами и более, в ионном составе преобладание переходит к сульфатам и хлоридам.

Более половины территории России относится к области *многолетней мерзлоты*, в распространении которой ярко проявляются долготно-климатические факторы (рис. 19). В толще мерзлых пород грунтовые воды лишь фрагментарно могут встречаться в жидком виде, в деятельном слое они оттаивают на непродолжительное время в теплую часть года.

На общем зонально-секторном фоне распространение грунтовых вод и их свойства зависят от различных зональных и локальных факторов. Так, карстующиеся породы наиболее обводнены, но вода в них отличается высокой жесткостью и повышенной общей минерализацией; слабопроницаемые поверхностные толщи горных пород (морена, озерно-ледниковые и дочетвертичные глины и суглинки и др.) часто практически безводны, в складчатых областях и кристаллических массивах грунтовые воды распространены спорадически и приурочены в основном к трещинам в коренных породах. Наиболее обводнены, как правило, песчано-гравийные и галечные отложения разного генезиса.

Глубина залегания и минерализация грунтовых вод в немалой степени зависят от рельефа, определяющего условия их разгрузки и интенсивность водообмена в водовмещающей толще. В условиях глубокого эрозионного расчленения поверхности уровень грунтовых вод лежит на большой глубине (от 20–25 м и более), на плоских равнинах грунтовые воды приближаются к поверхности, но в аридных условиях становятся силь-

номинерализованными. Существенна и роль почвы, из которой в грунтовые воды поступают органические и минеральные вещества.

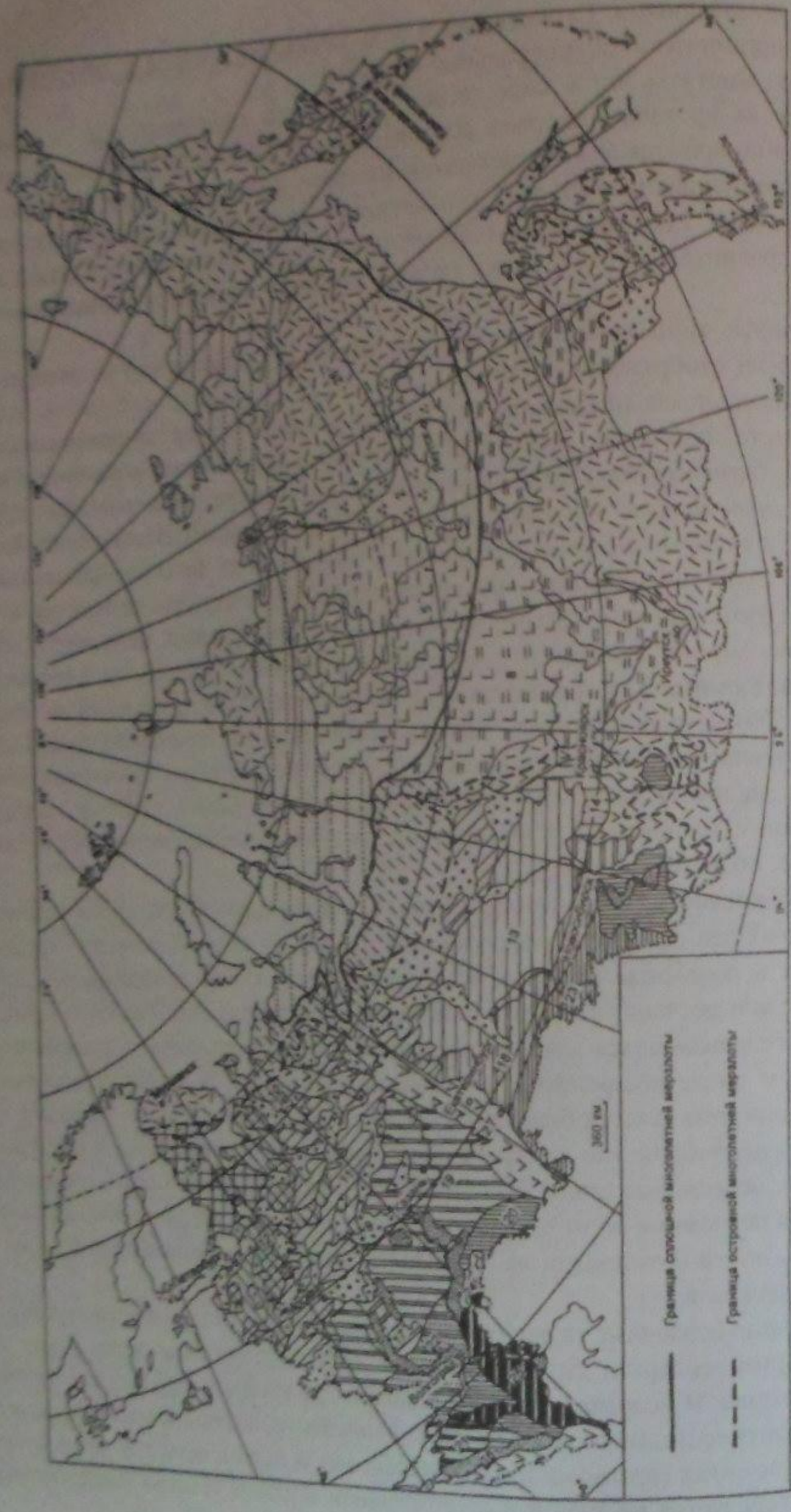
Надо заметить, что в силу тесной зависимости грунтовых вод от атмосферных процессов их уровень подвержен сезонным и многолетним колебаниям. Большая пространственно-временная изменчивость и пестрота грунтовых вод, а также подверженность загрязнению существенно ограничивают возможности их использования. Они имеют значение главным образом для местного (преимущественно сельского) водоснабжения и сравнительно редко могут служить ресурсом для централизованного водопользования.

Основные типы грунтовых вод и важнейшие закономерности их распространения схематически отображены на рис. 19.

Главные запасы подземных вод сосредоточены в толще дочетвертичных горных пород, залегающих ниже первого от поверхности водоносного горизонта. Горизонты напорных (артезианских) вод, приуроченные к крупным геологическим структурам, образуют *артезианские бассейны* (например, Северодвинский, Московский, Западносибирский), в которых мощность водоносной толщи может достигать нескольких тысяч метров. С глубиной минерализация артезианских вод быстро увеличивается, и пресные воды образуются лишь в верхней части геологического разреза, где происходит фильтрация атмосферных осадков и осуществляется активный водообмен. Мощность зоны пресных подземных вод колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен (реже до 1000–1500) метров. Например, в артезианских бассейнах Восточно-Европейской платформы она чаще находится в пределах 50–150 м, в трещиноватых карстующихся породах карбона и девона достигает 300 м или несколько более. Самые глубокие пресные воды приурочены к трещинам и тектоническим разломам гидрогеологических массивов — складчатых областей.

Водообильность горизонтов артезианских пресных вод колеблется в широком диапазоне. Наиболее обводнены карстующиеся породы — преимущественно палеозойские известняки и доломиты. Местами по водообильности к ним приближаются горизонты писчего мела и песчано-гравийных отложений разного возраста. Наименее водообильны толщи переслаивающихся глин, мелкозернистых песков, песчаников, алевролитов, мергелей, в том числе пестроцветных отложений (девонских, пермских, триасовых). Глинистые толщи практически безводны и образуют водоупоры (таковы, например, котлинские и нижнекембрийские глины на северо-западной окраине Восточно-Европейской платформы, неогеновые глины Заволжья и др.). Крайне неравномерным распределением отличаются подземные воды складчатых сооружений и кристаллических массивов; они отличаются почти безводными на отдельных участках и водообильными в зонах тектонических разломов.

Некоторые осадочные толщи (например, гипсоносные отложения кунгурского яруса нижней перми) содержат легкорастворимые соли, и подземные воды в них сильно минерализованы. В условиях аридного климата, для которого характерны современные процессы континентального соленакпления, минерализация подземных вод уже в самых верхних горизонтах (преимущественно неогеновых и палеогеновых, а также четвертичных) характеризуется пестротой и преобладанием в разной степени минерализованных



Грунтовые воды области сплошной многолетней мерзлоты: надмерзлотные (в дельтовом слое), мезомерзлотные, в подрусловых и подошвенных талыхлах, М преимущественно до 0,1-0,2 д/л, гидроработнотно-кальциевые

- 1 в четвертичных морских, озерно-аллювиальных, флювиогляциальных, ледниковых отложениях, с редкими талыми, гл. 0-2 м, в притыровой полосе часто с высоким содержанием сульфатов и хлоридов
- 2 в аллювии речных террас с частыми талыми, М до 0,5 г/л
- 3 в аллювии и делювии осадочных пород равнинных равнин
- 4 в аллювии и делювии талых (преимущественно трещинные)
- 5 в аллювии и делювии осадочных пород, проницаемых траппами

Грунтовые воды области островной многолетней мерзлоты, М до 0,5 д/л, гидроработнотно-кальциевые

- 6 в флювиогляциальных, отчасти в ледниковых отложениях и торфяниках, гл. 0-2 м
- 7 в ледниковых осадочных породах равнинных равнин и плоскогорий
- 8 в тех же породах, проницаемых траппами

Грунтовые воды зоны избыточного увлажнения в области многолетней мерзлоты, пресные (М до 0,5 д/л), гидроработнотно-кальциевые

- 9 в озерно-ледниковых, озерно-аллювиальных, заливных почвах и торфяниках, гл. 0-2 м
- 10 в спорадических и ледниковых и озерно-ледниковых отложениях (верховьях, воды мелиоративных почвах) и в торфяниках, гл. 0-2 (до 10) м
- 11 в спорадических в ледниковых и почвенных отложениях (в почвах ливневых, мелиоративных почвах), гл. 0-2,5 м
- 12 в краевых ледниковых образованиях (мелкие, камышовые почвы, марши и др.), восточнее по дебету и глубине (0-20 м и более)
- 13 в слабообводненных озерно-аллювиальных отложениях (верховьях) и торфяниках, гл. 0-10 м
- 14 в слабообводненных почвенных отложениях, осадочных породах равнинных и в торфяниках, гл. 0-10 м

15 в массивно-кристаллических породах с параллельным покрытием мерида, восточнее по дебету и глубине, и в торфяниках

- 16 в массивно-кристаллических породах с параллельным покрытием мерида, восточнее по дебету и глубине, и в торфяниках
- 17 в слабообводненных почвенных отложениях и торфяниках, гл. 5-10 м
- 18 в слабообводненных почвенных отложениях и торфяниках, гл. 0-10 м
- 19 в лессовидных и почвенных отложениях, заливных и делювий дочетвертичных осадочных пород, гл. 10-20 м и более

Грунтовые воды зоны избыточного увлажнения, преимущественно сульфатные, М 1-3 д/л, в верхних бассейнах и аллювий гидроработнотно-кальциевые

- 20 в лессовидных и почвенных отложениях, заливных и делювий дочетвертичных осадочных пород, гл. 10-20 м и более
- 21 в лессовидных отложениях, гл. 5-10 м
- 22 в лессах, лессовидных и лессовидно-делювиальных отложениях, от пресных до соленых (М до 10 г/л), сульфатные, реже хлоридные
- 23 в почвенных отложениях, пресные по дебету и составу, от пресных до соленых
- 24 безводные неогеновые гиты

Грунтовые воды застреливной зоны, пресные, от пресных до соленых (М преимущественно 3-10 и 10-30 д/л), хлоридно-сульфатные, гл. 0-30 м (преобладающая 3-10 м)

- 25 в морских эвкалиптовых и маршевых почвах-глинистых отложениях
- 26 в массивно-кристаллических породах и кристаллических массивном, преимущественно пресные гидроработнотно-кальциевые
- 27 в области многолетней мерзлоты
- 28 в области многолетней мерзлоты

Примечание: М - минерализация, г/л - глубина залегания грунтового вода

Рис. 19 Грунтовые воды

вод (Предкавказье, Прикаспийская впадина, юг Западной Сибири, котловины гор Восточной Сибири).

В зоне сплошной многолетней мерзлоты пресные артезианские воды заморожены либо на всю глубину (за исключением таликов) — в северной полосе, где мощность мерзлой толщи измеряется сотнями метров, либо только в верхней части — с уменьшением к югу мощности последней. В области островной мерзлоты подземные воды заморожены спорадически.

Обобщенная картина распределения артезианских вод наиболее обжитой (южной и западной) части территории страны представлена на рис. 20.

Как уже отмечалось, с увеличением глубины залегания возрастает минерализация подземных вод, вместе с тем изменяется и их химический состав. В ионном составе господство переходит от гидрокарбонатов к сульфат-иону и хлору. Одновременно увеличивается содержание специфических элементов, нередко придающих подземным водам и рассолам целебные качества. В земной коре сосредоточены богатые запасы лечебных минеральных вод. По своим свойствам они весьма разнообразны в зависимости от минерализации, основного ионно-солевого состава, наличия и концентрации тех или иных специфических биологически активных компонентов, температуры, радиоактивности и некоторых других признаков.

По минерализации различается несколько групп — от относительно слабоминерализованных вод (2–5 г/л) до крепких рассолов (свыше 150 г/л), по ионно-солевому составу — ряд классов в зависимости от соотношения основных анионов (HCO_3 , SO_4 , Cl) и катионов (Ca , Mg , Na , Fe и др.). Содержание биологически активных компонентов дает основание для выделения следующих типов лечебных минеральных вод: углекислые, сероводородные, железистые, радоновые, иодные, бромные, борные, мышьяковистые, кремнистые (Куликов и др., 1991). Часто встречаются лечебные воды и рассолы смешанного состава (например, углекислые радоновые, углекислые кремнистые железистые и др.).

Закономерности распространения лечебных минеральных вод различных типов обусловлены геологическим строением территории (рис. 21). С фундаментом древних платформ связаны месторождения железных руд и радиоактивных элементов, в которых при определенных условиях могут формироваться железистые и радоновые воды. В гипсоносных и нефтеносных породах платформенного чехла нередко образуются сероводородные воды, а в глубоких водоносных горизонтах — хлоридные натриевые и кальциево-натриевые рассолы, обогащенные иодом, бромом, бором. Для молодых платформенных областей, испытавших тектоно-магматическую активизацию в мезокайнозойе, характерны кремнистые термы и углекислые воды, а нефте-, угле- и соленосные отложения тектонических впадин часто содержат бор, иод, бром, местами сероводород и радон. В древних складчатых сооружениях (Саяны, Забайкалье) к участкам недавнего тектонического оживления также приурочены кремнистые термы и углекислые воды, местами встречаются радоновые, железистые, мышьяковистые воды, в соле- и нефтеносных отложениях впадин — сероводородные, иодобромные, борные. В складчатых сооружениях альпийского орогенеза нередко кремнистые термы, углекислые, мышьяковистые, борные, железистые, иногда радоновые воды, в предгорьях, межгорных впадинах и прогибах — сероводородные. Для Курило-Камчатского пояса с современным вулканиз-

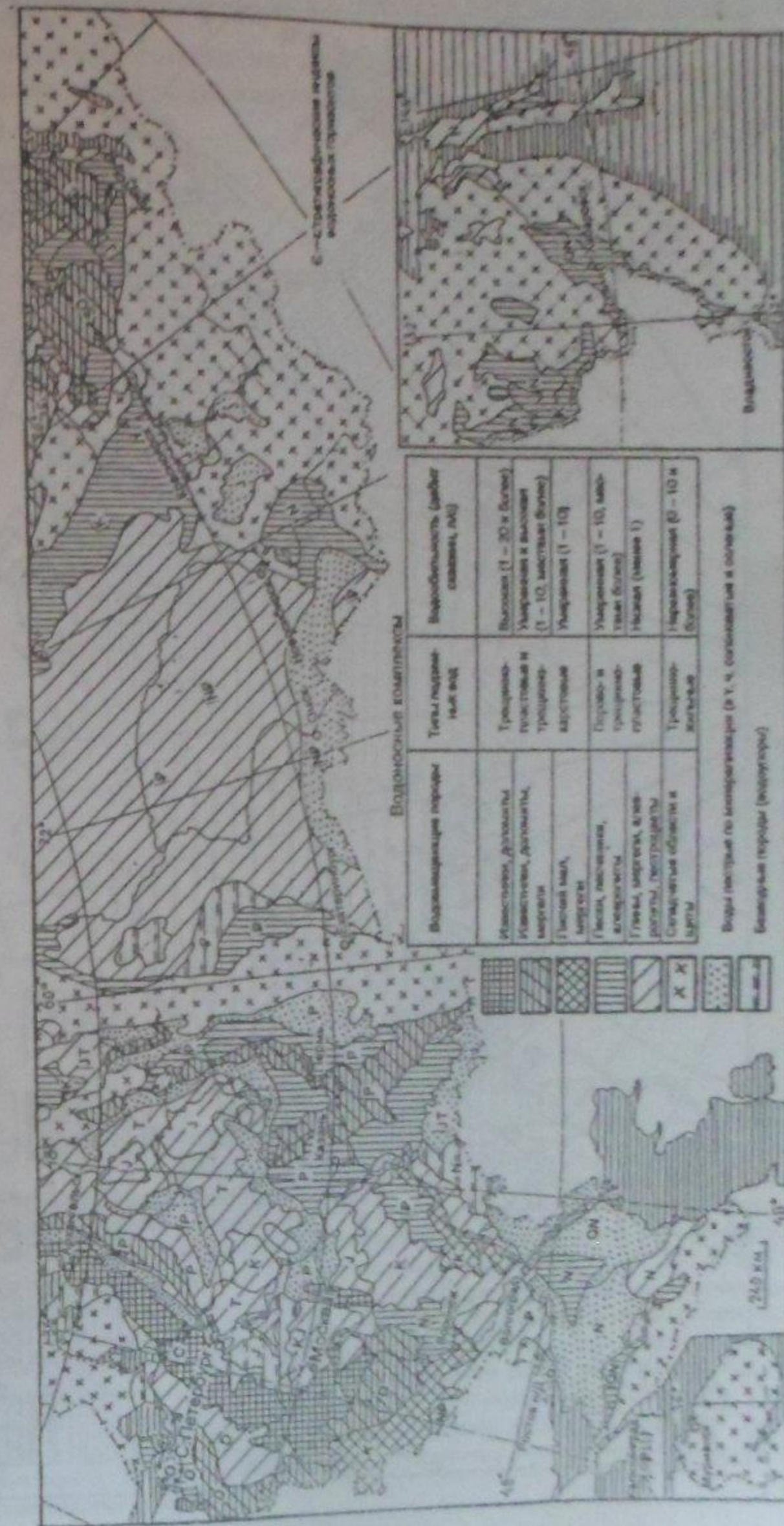
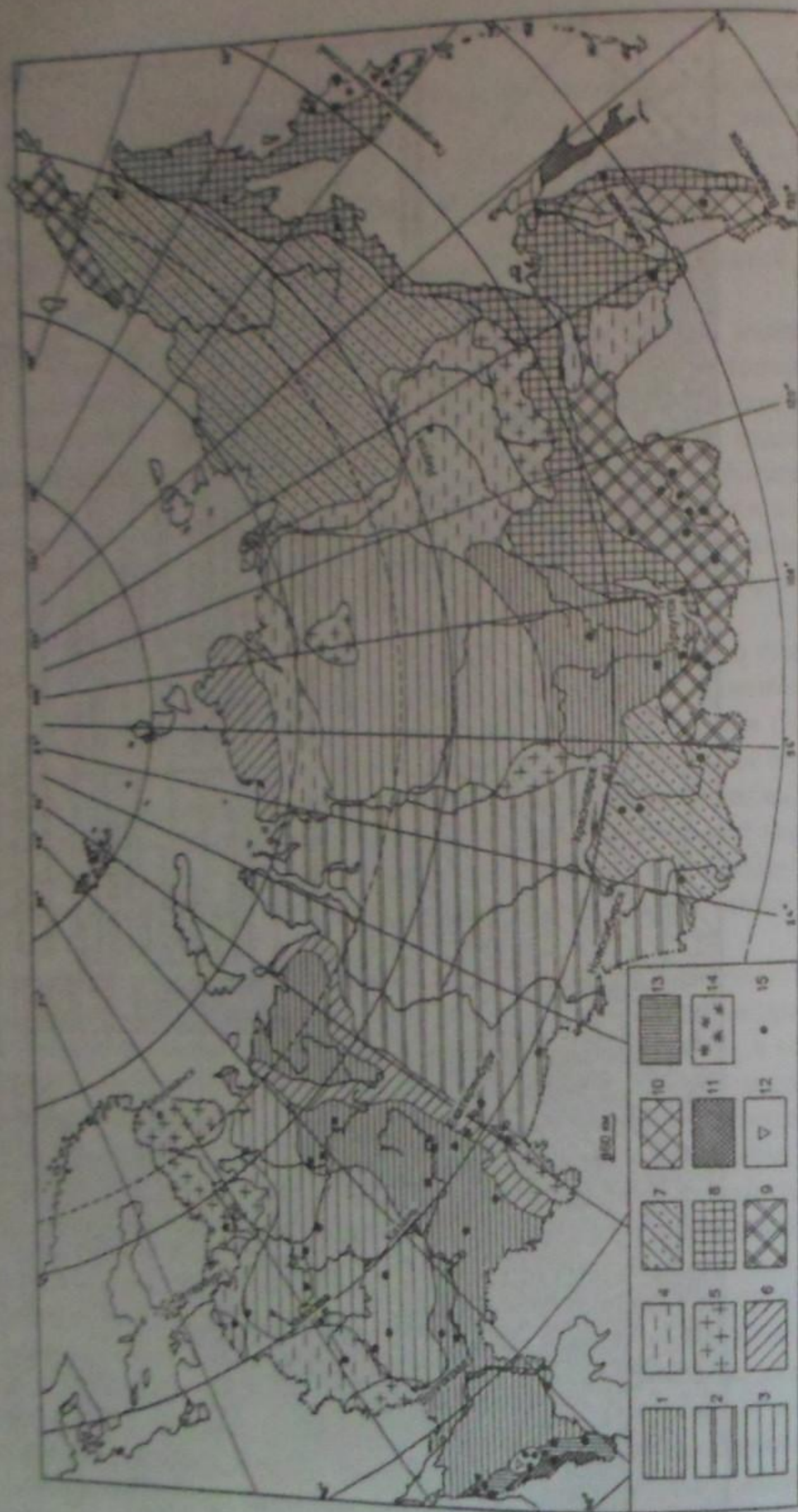


Рис. 20. Пресные артезианские воды.



мом характерны фумарольные сернисто-углекислые термы, а также кремнистые термы, железистые, борные воды.

Использование минеральных вод имеет практически неограниченные перспективы. В настоящее время уже функционируют десятки бальнеологических курортов (рис. 21).

Рис. 21. Лечебные минеральные воды.

Соленые воды и рассолы артезианских бассейнов платформенных областей, преимущественно хлоридные натриевые, сульфатно-хлоридные и сульфатные натриевые, сульфатно-хлоридные и сульфатные натриевые и кальциевые: 1 — сероводородные, бромные, иодобромные; 2 — иодобромные; 3 — бромные; 4 — сульфатные, сульфатно-хлоридные, сульфатные без специфических компонентов.

Воды складчатых областей и кристаллических массивов, разнообразные по ионно-солевому составу и минерализации: 5 — радоновые, железистые; 6 — радоновые и без специфических компонентов; 7 — радоновые, реже сероводородные, углекислые, железистые, кремнистые термы; 8 — кремнистые термы; 9 — углекислые, радоновые, железистые, сероводородные, кремнистые термы; 10 — углекислые, железистые, углекислые, радоновые, железистые, сероводородные, кремнистые, борные, мышьяковистые; 11 — углекислые, железистые, кремнистые, борные, мышьяковистые; 12 — углекислые, радоновые, сероводородные, бромные; 13 — сероводородные, иодобромные, борные; 14 — кремнистые, радоновые, сероводородные, бромные; 15 — бальнеологические курорты.

1.4. Ландшафтно-геохимическая среда

В состав организмов, в том числе и человека, входит большинство химических элементов, хотя по количественным соотношениям и биологической роли они далеко не равнозначны. Принято различать макро- и микроэлементы. К первой группе обычно относят элементы, концентрация которых в живом веществе составляет не менее 0,01%, а именно O, C, H, N, Ca, K, Si, P, S, Mg, Na, Cl, Fe, Al (табл. 5 и 6).^{*} Перечисленные элементы (за исключением Si и Al) часто называют «биогенными», учитывая то, что они составляют основную массу живого вещества и играют наиболее существенную роль в жизнедеятельности организмов. Среди них особо выделяются первые четыре, на которые приходится почти 99% массы живых организмов. Тем не менее многие элементы, хотя и в ничтожных количествах, необходимы для нормального функционирования организмов, не исключая и человека. Таких микроэлементов со средней концентрации $n \cdot 10^{-3}$ — $n \cdot 10^{-5}$ известно более 20 (табл. 6). Кроме того, в телах живых существ обнаружены некоторые химические элементы в концентрации 10^{-6} — 10^{-12} , иногда именуемые ультрамикроэлементами (Se, Hf, Hg, U, Ra и некоторые другие). Не обнаружены с достоверностью лишь такие редкие элементы, как Tc, Ru, Pd, Re, Os, Ir, Po, At, Fr, Ac.

Для всех млекопитающих наряду с основными «биогенными» макроэлементами неизменными микроэлементами являются V, Mn, Co, Cu, Zn, Se, Mo, I. Биологическое значение некоторых присутствующих в живом организме элементов (Be, B, F, Si, Ni, Br, Sr, Cd) изучено недостаточно, а ряда других (Li, Al, Ti, Cr, Ga, As, Rb, Ag, Sb, Sn, Cs, Ba, Ce, Hg, Pb, Bi, Th, Ra, U) практически неясно. Во многих случаях недостаточное или избыточное поступление микроэлементов в организм животных и человека с водой и пищей приводит к негативным реакциям и может служить причиной особого рода патологий — биогехимических эндемий.

Известно более 30 химических элементов, с которыми связаны биогехимические эндемии. Это элементы, образующие растворимые подвижные соединения в почве, легкоусвояемые растениями. Многие биогехимические эндемии являются общими для домашних животных и человека (Ковальский, 1974). К наиболее известным эндемиям у человека, причиной которых служит дефицит необходимых элементов, относятся эндемичный зуб (главная причина — недостаток фтора) и кариес зубов (недостаток фтора). С дефицитом меди, железа, кобальта связаны анемии биогехимического происхождения. Кобальт необходим для образования витамина B₁₂. Различные нарушения функций организма могут быть обусловлены дефицитом кальция, хрома, цинка и др.

Избыток ряда элементов, в свою очередь, может служить причиной патологических изменений в организме. Так, повышенное поступление фтора вызывает заболевание зубов — флюороз; избыток меди стимулирует острый панкреатит, язвенную болезнь двенадцатиперстной кишки, бронхиальную астму; избыток молибдена способствует отложению солей и молибденовой подагре. Стронций вытесняет кальций из костной ткани и ослабляет ее (уровская болезнь); алюминий тормозит кроветворение, нарушает фосфорный обмен (с развитием рахита). Имеются данные о вредном влиянии избыточ-

^{*} Основные источники для табл. 5 и 6: Бейс и др., 1976; Добровольский, 1984; Перельман, 1975а, б.

Таблица 5. Среднее содержание основных химических элементов в компонентах географической оболочки (век. %)

Атомный номер	Элемент	Литосфера	Осадочные породы	Вода океана	Реки (растворенные соли)	Почвы	Живое вещество
1	H	0,14	0,15	10,7			10,5
3	Li	0,003	0,006	$1,5 \cdot 10^{-5}$		0,003	$1 \cdot 10^{-5}$
4	Be	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-11}$		$6 \cdot 10^{-4}$	
5	B	0,001	0,01	$4,6 \cdot 10^{-4}$	0,008	0,001	0,001
6	C	0,023	1,0	0,0028		2,0	18,0
7	N	0,002	0,06	$5 \cdot 10^{-5}$	0,23	0,1	0,3
8	O	47,0	52,8	85,8		49,0	70,0
9	F	0,07	0,05	$1,3 \cdot 10^{-4}$		0,02	$5 \cdot 10^{-4}$
11	Na	2,5	0,66	1,035	3,75	0,63	0,02
12	Mg	1,9	1,34	0,130	2,75	0,63	0,04
13	Al	8,05	10,4	$1 \cdot 10^{-6}$		7,1	0,005
14	Si	29,5	23,8	$3 \cdot 10^{-4}$	4,78	33,0	0,2
15	P	0,09	0,07	$7 \cdot 10^{-6}$	0,048	0,08	0,07
16	S	0,047	0,03	0,089	3,30	0,085	0,05
17	Cl	0,017	0,016	1,93	5,33	0,01	0,02
19	K	2,5	2,28	0,038	1,25	1,36	0,3
20	Ca	3,0	2,53	0,04	10,80	1,37	0,5
22	Ti	0,45	0,45	$1 \cdot 10^{-7}$	0,002	0,46	$8 \cdot 10^{-4}$
23	V	0,009	0,013	$3 \cdot 10^{-7}$		0,01	$n \cdot 10^{-4}$
24	Cr	0,008	0,01	$2 \cdot 10^{-9}$	$8 \cdot 10^{-4}$	0,02	$n \cdot 10^{-4}$
25	Mn	0,10	0,067	$2 \cdot 10^{-7}$	0,008	0,085	0,001
26	Fe	4,65	3,33	$1 \cdot 10^{-6}$	0,558	3,8	0,01
27	Co	0,002	0,003	$5 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$
28	Ni	0,006	0,006	$2 \cdot 10^{-7}$	0,002	0,004	$5 \cdot 10^{-5}$
29	Cu	0,005	0,006	$3 \cdot 10^{-7}$	0,006	0,002	$2 \cdot 10^{-4}$
30	Zn	0,008	0,008	$1 \cdot 10^{-6}$	0,017	0,005	$5 \cdot 10^{-4}$
31	Ga	0,002	0,003	$3 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-5}$		$2 \cdot 10^{-4}$
32	Ge	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-9}$			$n \cdot 10^{-4}$
33	As	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-7}$	0,002	$5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$
34	Se	$5 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-4}$		$< 10^{-6}$
35	Br	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	0,007	0,017	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
37	Rb	0,015	0,02	$2 \cdot 10^{-5}$		0,01	$5 \cdot 10^{-4}$
38	Sr	0,034	0,045	$8 \cdot 10^{-4}$	0,067	0,03	0,002
39	Y	0,003	0,003	$3 \cdot 10^{-8}$			$1 \cdot 10^{-5}$
40	Zr	0,017	0,02	$5 \cdot 10^{-8}$	0,002	0,03	$3 \cdot 10^{-4}$
42	Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
47	Ag	$7 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	0,003	$2 \cdot 10^{-4}$	$n \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
48	Cd	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
50	Sn	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$13 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$
51	Sb	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-8}$			
53	I	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-6}$	0,004	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$

Атомный номер	Элемент	Литосфера	Осадочные породы	Воды океана	Реки (растворенные соли)	Почва	Живое вещество
55	Cs	$3,7 \cdot 10^{-4}$	0,001	$3,7 \cdot 10^{-8}$		0,05	$1 \cdot 10^{-5}$
86	Ba	0,065	0,08	$2 \cdot 10^{-6}$	0,017		0,003
57	La	0,003	0,004	$3 \cdot 10^{-10}$			
58	Ce	0,007	0,005	$1 \cdot 10^{-10}$			
80	Hg	$8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-5}$		$n \cdot 10^{-7}$
82	Pb	0,002	0,002	$3 \cdot 10^{-9}$	$8 \cdot 10^{-4}$	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$
81	Tl	0,001	0,001	$1 \cdot 10^{-9}$			
83	U	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$< 10^{-6}$

ных количеств никеля, свинца, селена, хрома и др.* По-видимому, с геохимическими факторами связаны рассеянный склероз, некоторые заболевания крови, глаукома, мочекаменная болезнь, злокачественные опухоли желудка и пищевода.

Биологическое действие отдельных элементов зависит от того, как они сочетаются и взаимодействуют. Согласно А. П. Авцыну и др. (1983), кариес зубов вызывается недостатком иода и избытком марганца при дисбалансе некоторых других микроэлементов, причины эндемичного зоба — не только дефицит иода, но также избыток марганца и фтора при недостатке молибдена или же избыток кобальта при относительном недостатке иода, мочекаменная болезнь возникает при избытке не только кальция, но и кремния в сочетании с недостатком кобальта, молибдена, бора, цинка. Уровская болезнь связана, возможно, не только с избытком стронция, но и с дефицитом иода, а также с повышенной концентрацией бария, марганца и пониженной — кобальта, фосфора, меди.

Поступление тех или иных элементов в организм человека зависит от многих условий и факторов, в том числе от их концентрации в различных компонентах ландшафта и формы нахождения, от миграционной способности и путей миграции в ландшафте, от прохождения по трофической цепи. Пространственные сочетания всех этих условий и факторов чрезвычайно многообразны и обнаруживают тесную связь с ландшафтной структурой территории. Соответственно и биогеохимические эндемии приурочены к определенным ландшафтам и их типам.

Лишь для очень немногих, но самых важных биогенных элементов — O, C, H, N — непосредственным источником служит атмосфера. Все эти элементы являются воздушными мигрантами, они мигрируют преимущественно в газообразном состоянии (хотя могут в растворенном виде), распространены повсеместно и практически равнозначны природной среде. Необходимо, однако, сделать оговорку относительно азота, который в отличие от других газообразных элементов не может поглощаться растениями непосредственно из воздуха и фиксируется лишь некоторыми специализированными

* Некоторые элементы (Hg, Se, As, Cr, Sn) считаются токсичными для человека.

Таблица 6. Элементарный состав живого вещества

Наименование организмы	Среднее содержание химических элементов, вес. %							
	более 10	1-10	$n \cdot 10^{-1}$	$n \cdot 10^{-2}$	$n \cdot 10^{-3}$	$n \cdot 10^{-4}$	$n \cdot 10^{-5}$	$n \cdot 10^{-6}$
Растения (живая фитомасса)	O, C, H	H, Ca	Ca, N, K, S, P, Si, Mg	P, S, Mg, Na, Cl, Fe	Al, Ba, Sr, Mn, B, Zn	Ti, F, Rb, Cu, V, Cr, Br, Ge	Ni, Pb, Sn, I, Co, Li, Mo, Cs, Zr	Se, U, As, Ag, Ga
Растения (сухое вещество)	O, C	H, Ca	N, K, S, P, Si, Mg	Na, Cl, F, Fe, Mn	Zn, Al, Rb, Sr, Ti, B, Ba, Cu	Br, Pb, Ni, Cr, V, Zr, Co	Mo, I, Sn, As, Cs, Li	Se, Ga, Ag, U, Hg, Cd, Be, Sb
Зола растений	K, Si	P, S, Mg, Na, Cl, Al, Ca	Fe, Mn	Zn, Sr, Ti, B, Ba, Cu, F	Br, Pb, Ni, Cr, V, Co, Mo, Rb, Li	I, Sn, As, Se, Ga, Be, Zr, Y, Cs	Ag, U, Hg, Th, Cd, Nb	Sb
Млекопитающие (сухое вещество)	C, O	H, N, Ca	P, K, Cl, S, Na	Mg	Zn, Fe, Sr	Cu, Cd, Br, F, Li, Cs, Rb, Pb	I, Mn, V, B, Si, Sn, Al, Ba, Cr, Mo, Ti	Co, Ni, Ga, Ce, As, Hg
								Hg, Cd
								La, Bi
								Be, Ag, Se, Sb, U, Th

бактериями. От условий обитания, распространения и интенсивности функционирования последних, таким образом, зависит реальная обеспеченность организмов азотом на всех дальнейших ступенях пищевой цепи, хотя запасы этого элемента в атмосфере практически неисчерпаемы.

Первоисточником всех остальных химических элементов, входящих в состав тканей человеческого организма, служат горные породы земной коры. Горные породы отличаются значительной контрастностью по химическому составу. Так, кислые кристаллические породы, состоящие на 65–70% из кремнезема, относительно бедны важнейшими элементами. Ультраосновные породы намного богаче других пород магнием, хромом, кобальтом, никелем и др. Некоторые изверженные горные породы выделяются особо высокой концентрацией отдельных элементов (Cu, Ni, Mn, Co, Cr, Zn, V и др.). Хибинские апатиты отличаются исключительно высоким содержанием фтора (3,8% при кларке апатитов 0,07%); уникальные карельские шунгиты — высокоуглеродные породы, обогащенные рядом других элементов (V, Mn, Co, Cu, Mo и др., табл. 7).

Осадочные породы также разнообразны по химическому составу. Наиболее бедны пески и песчаники, глины и сланцы богаче; в пермских пестроцветных отложениях относительно повышена концентрация Cu, Co, Mn, Zn; карбонатные породы обогащены Ca и Mg, но обеднены K, Co, Mn, Cu, Zn и т. д.

Четвертичные отложения по своему химизму в значительной степени связаны с исходными коренными породами. Так, в морене Северо-Запада в общих чертах повторяется элементарный состав кристаллических пород Балтийского щита, однако значительная часть более подвижных элементов выпадает. Особенно обеднены озерно-ледниковые и флювиогляциальные пески, состоящие преимущественно из кварца. В безвалуных (в том числе ленточных) глинах и суглинках содержание большинства элементов много выше, чем в песках. Относительным богатством химического состава выделяются лессы и лессовидные суглинки (табл. 7).

Человек получает химические элементы с пищей (растительной и животной) и водой. Концентрация тех или иных элементов (притом в активной, доступной для усвоения форме) в этих «конечных продуктах» может существенно отличаться от их валового содержания в «первоисточнике», т. е. в исходной минеральной среде, и определяется условиями миграции элементов в ландшафте. Закономерности водной миграции достаточно хорошо изучены (Перельман, 1975а). Заметим лишь, что они связаны с тепло- и влагообеспеченностью ландшафта, окислительно-восстановительными и кислотно-щелочными условиями, характером почвы и биоты, т. е. со структурой ландшафта в целом. Каждому ландшафту, таким образом, присуща специфическая геохимическая среда, которая должна рассматриваться как неотъемлемая составляющая географической среды и экологического потенциала ландшафта.

Наиболее подвижны и энергично мигрируют в поверхностных, почвенных и грунтовых водах (преимущественно в виде ионов) Cl, Br, S, Ca, Mg, Na, Sr, F, B; менее подвижны K, Ba, Rb, Li, Be, Ce, Si, P, Ge, Sn, Sb, As. Некоторые элементы подвижны в основном в кислой среде (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd), тогда как другие — в щелочной (V, Se, Mo, U). Активно мигрируют в восстановительных (глеевых) условиях, но инертны в окислительной среде Fe, Mn, Co. К инертным элементам, почти не образующим водно-растворимых соединений, относятся Al, Ti, Zr, Cr и ряд других.

Таблица 7. Среднее валовое содержание микроэлементов в почвообразующих породах (мг/кг) (по Якушевской, 1973)

Порода	B	V	Cr	Mn	Co	Ni	Ca	Zn	Mo	I
Морские глины	130	140	86	4000	10	58	23	70	15	5,0
Лессы и лессовидные суглинки	50	170	95	500	15	30	25	70	—	1,1
Озерно-ледниковые глины и тяжелые суглинки	30	180	140	800	10	40	25	54	—	1,0
Покровные суглинки	25	90	75	800	10	28	23	49	—	0,9
Суглинистая морена	22	80	65	600	9	22	20	47	—	0,9
Песчаная и супесчаная морена	20	30	40	350	6	15	12	28	0,86	0,1
Пески разного генезиса	10	20	36	200	2	5	5	10	0,8	0,1
Шунгитовые породы	55	500	20	1660	30	500	260	129	1,9	—

Важнейшим критерием конкретной биогеохимической ситуации в ландшафте следует считать концентрацию необходимых химических элементов (и главным образом их подвижных форм) в почве. Непосредственно из почвы растения получают элементы минерального питания (а также азот) и тем самым определяют качество продуктов питания, потребляемых человеком. Однако в химизме самих почв исключительно большую роль играют обратные геохимические связи между почвой и растительностью. Хотя почва в общих чертах наследует элементарный химический состав материнской породы, под влиянием биологического метаболизма происходит его существенная трансформация. Таким образом, в «судьбе» химических элементов ландшафта особо важная роль принадлежит биологическому круговороту веществ.

Интенсивность поглощения растениями химических элементов из почвы подчинена закону зональности. В условиях России она достигает максимума в «средней полосе», где соотношение теплообеспеченности и увлажнения близко к оптимальному. Растительность луговых степей ежегодно вовлекает в биологический круговорот 500–800, а по некоторым данным (Базилевич и др., 1986) до 1100 кг/га зольных элементов и азота. В дубравах этот показатель сокращается до 500–400 кг/га, в тайге — до 200 и менее, в Субарктике — до 100–30 кг/га. Аналогичное уменьшение интенсивности биологического поглощения происходит к югу от лесостепной зоны. Часть поглощаемых элементов закрепляется в приросте, часть поступает с опадом на поверхность почвы и накапливается в составе подстилки и в верхних горизонтах почвы, где, в свою очередь, частично закрепляется, а частично выносится из ландшафта с почвенно-грунтовым стоком. Соотношение различных составляющих биологического круговорота обнаруживает большую ландшафтно-географическую изменчивость.

Различным видам растений присуща избирательная способность к поглощению из почвы и концентрации в фитомассе определенных элементов. Например, мхи интенсивно поглощают Fe, грибы — P, злаки — Si. Субарктические и таежные кустарнички спо-

способны к накоплению многих микроэлементов, в том числе Mn, Cu, Ni и др. Избирательность к тем или иным элементам объясняется отчасти их концентрацией в местных почвах и горных породах (хорошо известны примеры особо высокой концентрации металлов растениями, произрастающими в районах рудных месторождений), отчасти специфическими потребностями данного вида. Второму фактору нередко придается решающее значение (Перельман, 1975а). Однако необходимо учесть, что специфические потребности вида формировались в процессе его эволюции под воздействием всей совокупности экологических условий — притом, возможно, даже не столько биогеохимических, сколько гидротермических. Именно по этой причине, рассматривая способность растительных сообществ в целом к поглощению и накоплению химических элементов, мы наблюдаем четкое проявление общих ландшафтно-географических закономерностей.

Для сравнительной оценки интенсивности поглощения элементов широко используется предложенный Б. Б. Полюновым коэффициент K_6 — частное от деления величины содержания элемента в золе растений на его содержание в горных породах. Согласно А. И. Перельману (1975а), к наиболее энергично накапливаемым растениями элементам ($K_6 = n-10-100$) относятся I (125), S (106), P (75), Br (71) и Cl (60). Достаточно интенсивно накапливаются ($K_6 = n-10$) B, Ge, Ca, Zn; со средней интенсивностью ($K_6 = n$) — K, Mg, Sr, Na и некоторые другие.

Несколько иные расчеты приводит В. В. Добровольский (1984). По убыванию K_6 химические элементы располагаются у него в следующий ряд: S (120), Cl (117), P (50), B (50), Br (36), Zn (19,6), Ag (12,5), I (12,0), Mo (9,2), Cu (9,1), Hg (7,6), Ca (7,2), Se (7,1), Mn (6,9), K (5,2), Pb (3,7), Sr (3,5), Mg (3,3), Co (2,7), Sn (1,8), As (1,6), Ni (1,5), Cr (1,0). Здесь перечислены элементы (водные мигранты) с величиной $K_6 > 1$. При всех различиях между двумя упомянутыми источниками можно видеть, что наиболее активно поглощаются подвижные элементы, причем среди них не только выполняющие важные физиологические функции (N, P, K, Ca, B, Br, I, Zn, Mo, Cu, Mn, Mg, Co и др.), но и некоторые элементы, токсичные для животных (Hg, Se, As и др.).

Как и общая масса захватываемых растительностью элементов, их соотношение подчинено географическим закономерностям, и в первую очередь широтной зональности. Подтверждением этому могут служить данные по накоплению в фитомассе основных элементов-биофилов (табл. 8).

Таблица 8. Содержание основных химических элементов в продукции зональных типов растительности (по Базилевич и др., 1986)

Показатель	Тундра типичная травяно- кустарничково- моховая	Южная тайга, ельник-кисличник	Дубрава осоково- спытевая	Луговая злаково- разнотравная степь
Среднее содержание N, %	1,0	0,70	0,85	1,21
Среднее содержание злаковых элементов, %	2,18	2,10	2,68	4,44
Потребляемые элементы (в порядке убывания)	N, Ca, K	N, Ca, K	Ca, N, K	Si, N, K (Ca)

Потребление микроэлементов различными зональными типами растительности также неодинаково. Например, растения тундры особенно активно поглощают свинец, а из других элементов — никель, цинк, барий; для таежных лесов типичны высокие значения K_6 марганца, цинка, стронция; сухие степи характеризуются наиболее интенсивным поглощением бария, но в целом относительно слабым поглощением микроэлементов.

Что касается возврата химических элементов из растений в почву, то здесь также наблюдается закономерная пространственная изменчивость. В лесах, естественно, существенная часть захваченных элементов закрепляется в ежегодном приросте, тогда как в степях значительно большая (и в абсолютном и в относительном исчислении) идет в опад. Так, в дубравах запас минеральных веществ в живой фитомассе в 18,2 раза превышает их содержание в ежегодном опаде, в южнотаежных ельниках — в 16,5, тогда как в степях — всего лишь в 1,3–1,7 раза; тундры по этому показателю занимают промежуточное положение (табл. 9).

Таблица 9. Запасы минеральных веществ в фитомассе (кг/га) (по Базилевич, 1983)

Зональный тип	Живая фитомасса	Опад	Подстилка
Арктическая тундра	78	37	280
Кустарничковая тундра	425	107	420
Сосняки северотаежные	458	87	222
Ельники южнотаежные	1980	120	130
Дубравы	4650	255	800
Степи луговые	909	682	800
Степи разнотравно-злаковые	824	482	300
Степи сухие	242	161	70

В условиях теплого сухого климата опад быстро разлагается и минерализуется; с уменьшением запасов тепла, усилением застоя влаги, ухудшением аэрации опад разрушается медленно. В силу этих условий в типичных и сухих степях ежегодный опад успевает полностью минерализоваться, в тайге и тундре накапливается мощная подстилка, в которой запасы минеральных веществ до 10–40 раз превышают их ежегодное поступление с опадом (табл. 9).

Баланс химических элементов в почве определяется количественным соотношением ряда противоположно направленных потоков — приходных (в том числе поступление с атмосферными осадками, растительным опадом) и расходных (накопление в приросте с атмосферными осадками, растительным опадом, подстилки и почвы и вынос с живой биомассы, вымывание из растительного опада, подстилки и почвы и вынос с поверхностным и почвенно-грунтовым стоком). Если сопоставить кларки элементов в почве и земной коре (табл. 5), то окажется, что лишь немногие элементы накапливаются в почве. Среди них резко выделяются воздушные мигранты C и N, поглощаемые организмами из атмосферы; у первого из них средняя концентрация в почве в 90 раз превышает таковую для земной коры, у второго — в 50 раз. На третьем месте I с 12-кратным превышением. Другие элементы, накапливаемые в почве, — Sn, Cd, As, Cr, Br, S, Zr, Mo, Be; у них отношение соответствующих кларков находится в пределах 4,0–1,6. Несколько ниже (1,1) этот показатель для Si и V; одинаковой концентрацией в

вечных и земной коре характеризуются Li, B, Ti. Для большинства других распространенных элементов тот же показатель менее единицы: 0,9 — Al, Sr, P; 0,8 — Fe, Mn, Ba; 0,7 — Ni, Rb; 0,6 — Cl, Zn; 0,5 — Ca, K, Pb; 0,4 — Co, Cu; 0,3 — F, Mg; 0,25 — Na.

Нетрудно сделать вывод, что для большинства элементов в почве складывается баланс с отрицательным знаком. К ним относятся наиболее подвижные элементы, в том числе биологически особо значимые макроэлементы — P, K, Ca, Mg. И все же следует подчеркнуть, что биологический круговорот является важным фактором, противостоящим интенсивному выносу элементов из почвы. Если для поддержания баланса S, Cl, Na существенное значение имеет привнос этих элементов из Мирового океана с атмосферными осадками, то для большинства других — удержание в живой биомассе и мертвом органическом веществе.

Приведенные выше данные о соотношении между содержанием элементов в почве и земной коре относятся к средним (кларковым) величинам и скрывают существенные территориальные контрасты и географические закономерности. Поэтому представляют интерес данные о соотношениях между биологическим поглощением и выносом важнейших элементов с водным стоком в разных ландшафтных зонах Русской равнины (табл. 10).

Таблица 10. Соотношение между биологическим поглощением (б) элементов и их выносом (в) с поверхностным и подземным стоком (кг/га) (по Евдокимовой и др., 1976)

Ландшафтная зона	Показатель	N	P	K	Ca	Mg	S
Тундра и лесотундра	б	21,7	2,8	8,4	8,6	3	1,4
	в	3,9	0,08	8,4	38	9,5	7
	б/в	5,5	35	1,0	0,2	0,3	0,2
Тайга	б	87,3	8	22,6	38	6	6,2
	в	3,3	0,7	8,3	30,2	17,7	3
	б/в	26	12	2,7	1,3	0,3	0,3
Лесостепь	б	130	14	93	108	21,6	11,2
	в	0,92	0,02	0,5	5,8	1,2	4,4
	б/в	140	600	200	20	18	2,4
Степь	б	208	-	27	177	36	15
	в	0,18	-	0,7	6,5	0,5	1,8
	б/в	1000	-	40	27	72	8,4

Данные табл. 10 подтверждают большую роль биологического круговорота в балансе важнейших элементов-биогенов, особенно N, P и K, в меньшей степени Ca, Mg и S; у последних в условиях избыточного увлажнения преобладает тенденция к выносу из почвы.

Отмеченные закономерности относятся и к микроэлементам, многие из которых активно вовлекаются в биологический круговорот и часто накапливаются в почве до уровня выше кларкового для земной коры (см. выше). Как и макроэлементы, микроэlementы лучше удерживаются в нейтральной кислотно-щелочной среде черноземов под степной растительностью и интенсивно выносятся из кислых подзолистых почв тайги. В последнем случае содержание подвижных микроэлементов в почвах, а также в по-

верхностных водах может оказаться дефицитным с экологической точки зрения даже при очень высокой концентрации их в горных породах. Так, в Хибинах, отличающихся обогащенными фтором породами, речные воды содержат настолько мало фтора, что это способствует распространению кариеса. Между тем в аридных условиях даже при обычном содержании этого элемента в горных породах его концентрация в водах достигает токсичного уровня (Добровольский, 1967).

Данные о содержании микроэлементов в почвах России крайне неравномерно распределяются по территории и не всегда равноценны и вполне сравнимы. В табл. 11 сделана попытка свести эти данные по ландшафтным зонам и некоторым провинциям, в основу таблицы положены три источника (Беус и др., 1976; Ковальский, Андрианова, 1970; Якушевская, 1973), дополненные материалами из ряда других публикаций регионального характера.

Для экологической оценки почв важно знать те критические величины содержания элементов, за пределами которых наступает их дефицит или избыток в организмах. Попытка определить такие величины для основных микроэлементов принадлежит В. В. Ковальскому (табл. 12), но установленные им критерии оптимума, недостатка или избытка следует рассматривать как весьма приближенные хотя бы уже потому, что они основаны на учете валовых концентраций элементов, а не их подвижных форм.

Данные о содержании подвижных форм элементов в почве более скудны и менее надежны, чем сведения о валовой концентрации. Подвижные формы микроэлементов аккумулируются благодаря биологическому метаболизму в лесной подстилке и верхнем горизонте почв. В тяжелых почвах подвижных форм больше, чем в легких, и они распределяются более равномерно по профилю. В таежной зоне, например, подвижного Mn в подстилке накапливается 500–1000 (иногда до 2000) мг/кг, что составляет 40–75% от валового содержания, с глубиной его концентрация резко падает и в подзолистом горизонте не превышает 100 мг/кг. Содержание подвижного Cu в подстилке близко к 1 мг/кг (10–30% валового количества) и сильно уменьшается с глубиной. Количество подвижного Co в подстилке — 0,5–1,0 мг/кг (10–30% от валового) и сравнительно плавно снижается вниз по профилю. В подстилке интенсивно накапливается Zn; на подвижные формы приходится до 30–35 мг/кг (20% валового содержания), с глубиной происходит резкое уменьшение, в подзолистом горизонте — не более 1 мг/кг. Содержание подвижного Mo в подстилке составляет 0,1–0,2 мг/кг (5–20% валового), вниз по профилю его концентрация мало изменяется. Подвижные формы бора аккумулируются преимущественно в гумусовом горизонте (до 0,4–0,5 мг/кг), в подстилке их меньше, а в подзолистом горизонте практически нет.

В экологической оценке геохимической среды необходимо учитывать химизм питьевых природных вод, с которыми человек потребляет определенную часть необходимых химических элементов. Имеются, впрочем, данные о том, что роль питьевой воды в этом отношении относительно невелика в сравнении с продуктами питания. Согласно В. М. Мещенко (1964), с водой в организм человека вводится не более 10–20% суточной потребности в макро- и микроэлементах. В частности, вода, даже богатая иодом, обеспечивает не более 5% суточной потребности в этом элементе. При самой высокой концентрации фтора в воде (0,8–1,0 мг/кг) человек получает лишь 30–35% его необходимого количества (при этом еще значительная его часть выпадает при кипячении).

Таблица 11. Валовое содержание микроэлементов в почвах ландшафтных зон и отдельных провинций (мг/кг) (п — песчаные почвы)

Уровень	B	Mn	Co	Cu	Zn	Mo	I
<i>Почвы тундры и лесотундры</i>							
Кольская провинция	1,8	1205	7	21	83	3,6	13
<i>Подзолистые почвы тайги</i>							
Среднее содержание	6	715	8	15	41	1,7	5,8
Русская равнина (песчаный слой)	4,4		2,0	17,7		1,5	
Карельская провинция (п)	15	400	5	3	13	0,6	
Балтийско-Восточная провинция	14	520	3	11	6	1,5	2,5
То же (п)	6	200	3	6	7	<0,05	
Верховолжская провинция		700	4	11	37	1,5	0,2
Обско-Иртышская котловинная возвышенность	25	700	30	20	100	4	
Приморская провинция		440	8	14	52	2	
<i>Дерново-подзолистые почвы подтайги</i>							
Русская равнина (песчаный слой)	12		5,2	10,2	33	1,2	
Верховолжская и Волго-Окская провинции	1,7	1200	10	18	62	2,4	3,5
Приморская провинция		530	19	13	52	0,6	
Волжская провинция (п)		370	5	10			
<i>Средне-лесные почвы широколиственно-лесной зоны</i>							
Среднее содержание	12,3	1025	12,4	23,5	60	3,2	3,2
Русская равнина (песчаный слой)	18,5		12,3	21,2	63	2,0	
Среднерусская провинция		1200	15	25	50	2,0	1,8
Приволжская провинция		1520	10	13	94	1,3	
Заволжско-Уфимская провинция	18	1050	10	30	94	1,0	
<i>Бурые лесные почвы широколиственно-лесной зоны Дальнего Востока</i>							
Зейско-Примурская провинция	48	1330	7,5	14	34	13	0,6
<i>Черноземные почвы лесостепной зоны</i>							
Среднее в черноземах лесостепи и степи	20	885	13	29	62	4,2	4,0
Русская равнина, черноземы оподзоленные	28,5		10	27	54	2,4	
То же, черноземы выщелоченные	35,6		12	42	55	2,4	
То же, черноземы типичные	27,5		11	42	76	2,9	
Среднерусская провинция	13	800	10	29	63	5	2,3
Обско-Донская провинция		870	18	36		4,3	
Зуральская провинция		550	12	20	41		
Обско-Иртышская провинция	35	910	Следы	16		Следы	
<i>Черноземные почвы степной зоны</i>							
Русская равнина, черноземы обыкновенные	57		16	43	46	2,7	
То же, черноземы южные	48		12	39	57	3,3	
Заволжская Волгоостровная провинция	11	720	15	43	70	2	
Приволжская провинция	46	600	9	22	46	4	1,9
Азово-Кубанская провинция		1000	11	26	91	32	
Ставропольская провинция		450	4	23	44	4,5	
Предкавказская провинция		1310	19	42	58	1,7	
<i>Темно-каштановые почвы подзоны сухих степей</i>							
Среднее в каштановых почвах	30	722	12	16	52	3,2	4,2
Мокшанская провинция		280	12	19	140	4	
Бартинская провинция		580	9	32	64		
<i>Почвы полупустынь и пустынь</i>							
Среднее содержание	94	700	7	28	80	3,3	3,2
Приволжская провинция	13	660	10	23	75		2,6

Заметим, что в химизме поверхностных вод ярко отражается характер геохимических процессов в ландшафте. Величину ионного стока, минерализацию и химический состав речных, озерных, а также грунтовых вод можно рассматривать как своего рода интегральные показатели интенсивности водной миграции элементов.

Таблица 12. Критерии оптимального, недостаточного и избыточного содержания микроэлементов в почве (мг/кг) (по Ковальскому, 1974)

Содержание	B	Mn	Co	Cu	Zn	Sr	Mo	I
Недостаточное	< 3-6	<400	< 2-7	< 6-15	<20	—	<1,5	<2,5
Нормальное	6-30	400-3000	7-30	15-60	30-70	до 600	1,5-4,0	5-40
Избыточное	>30	>3000	>30	>60	>70	>600	>4	>40

Общие пространственные закономерности химизма поверхностных и грунтовых вод кратко рассмотрены в предыдущей главе. В табл. 5 приводятся данные о среднем солевом составе речных вод. Примеры рек и озер с различным химизмом (по основным ионам) представлены в табл. 13. Большинство рек, вошедших в таблицу, относятся к зоне избыточного увлажнения, чем обусловлена низкая минерализация вод и гидрокарбонатный класс химизма. Особенно низким содержанием солей выделяются реки, берущие начало из крупнейших пресноводных озер (Ангара, Нева) или дренирующие водосборы, сложенные плотными, преимущественно кислыми кристаллическими породами (Печенга, Витим). Там, где в строении водосборов значительное участие принимают карбонатные и галогенные породы, возрастает общая минерализация и увеличивается содержание сульфатов (Сев. Двина, Луга), а иногда и хлоридов (Кама). Резкое повышение общей минерализации и высокая концентрация ионов хлора и натрия присущи рекам аридной зоны континентального соленакопления (Ишим).

Таблица 13. Ионно-солевой состав воды некоторых рек и озер (мг/л) (по Боус и др., 1976)

Река, озеро	Сумма ионов	Na ⁺ , K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Ангара	10	0,7	0,4	1,8	0,3	1	6
Печенга	36	4,3	1,5	4,5	6,4	5,3	14
Витим	46	5	2	8	1,3	6	25
Нева	62	7,7	0,9	9	7	5	32
Яна	99	2,5	4,0	16	3	2	70
Печора	135	5,5	4,2	26	16	7	77
Тура	188	9,3	9	31	13	30	96
Сев. Двина	189	5,5	7	36	3	28	110
Подкаменная Тунгуска	251	23,4	11	33	29	31	123
Луга	8	10	49	12	5	187	280
Кама	658	96	37	53	101	69	295
Ишим	1127	160	50	132	287	211	287
оз. Телецкое	68	1,7	2,1	12,4	0,8	2,8	48,6
оз. Ладожское	68	8,6	1,9	7,1	7,7	2,5	40,2
оз. Онежское	80	1,5	1,6	54,2	1,5	1,3	20,4
оз. Байкал	89	6,1	4,2	15,2	1,8	4,9	59,2

Из микроэлементов относительно более распространены в растворенных формах в речных водах России Zn (29–33 мкг/л в реках гидрокарбонатного класса, 5–9 мкг/л в реках сульфатного класса), Вг (соответственно 14–17 и 28–48 мкг/л), I (7–10 и 8–17 мкг/л), Cu (6–10 и 6–13 мкг/л), Mn, В, Ва. Значительно меньше (порядка 1–5 мкг/л) концентрации V, Ni, Ti, практически отсутствуют в растворенных формах Mo, Co, Pb и др.

Синтез географических закономерностей строения геохимической среды может быть осуществлен на ландшафтной основе в форме эколого-геохимической классификации ландшафтов или эколого-геохимического районирования.

В качестве самой общей, первичной, схемы можно принять зональное деление страны на три полосы: 1) с интенсивным выносом химических элементов и дефицитом большинства из них, 2) с благоприятным балансом и оптимальным содержанием важнейших элементов и 3) с преимущественным накоплением и избыточной концентрацией многих из них. Между этими полосами нет резких переходов и при ближайшем рассмотрении их можно разделить на более дробные широтные подразделения, соответствующие отдельным ландшафтным зонам или подзонам. На второй ступени внутри зон выделяются группы провинций, различающиеся по литолого-геохимической основе (химическому составу коренных и почвообразующих пород) и соответственно более или менее существенными провинциальными (мезорегиональными) биогеохимическими отклонениями от зонального фона (например, в условиях преобладания песчаного, карбонатного, соленосного и т. п. субстрата в масштабе целых провинций). В пределах эколого(ландшафтно)-геохимических провинций нередко встречаются относительно небольшие площади с выходами пород, обогащенных теми или иными микроэлементами (Cu, Ni, Co и др.). Они являются своего рода биогеохимическими аномалиями. Наиболее известные из них обозначены внесмаштабными значками на прилагаемой схеме (рис. 22). Эта схема охватывает западные и южные регионы страны и не распространена на слабоосвоенные и недостаточно изученные территории Севера.

Эколого-геохимические условия Субарктики определяются недостатком тепла и избытком влаги, многолетней мерзлотой, низкой биологической продуктивностью. Химическое выветривание протекает слабо, высвобождающиеся основания легко вымываются из почвы. Емкость биологического круговорота в типичной тундре не превышает 100 кг/га, а в арктической тундре — порядка 30–40 кг/га. Опад разлагается крайне медленно, накопление химических элементов в подстилке достигает здесь зонального максимума как в абсолютном выражении (более 4 т/га в кустарничковой тундре), так и в относительном (близкое к 50-кратному превышение содержания в ежегодном опаде). Субарктические мхи, лишайники и кустарнички характеризуются довольно высокими коэффициентами биологического поглощения P, Ca, Mg, K, а из микроэлементов — Mn, Ni, Cu, Co и др. Но вследствие общей низкой емкости биологического круговорота фактические величины их поглощения невелики, притом эти элементы в основном аккумулируются в подстилке, почвы же сильно обеднены ими, но обогащены Fe и Al. Выносу оснований из почвы способствуют агрессивные фульвокислоты и ульминовые кислоты, образующиеся при разложении фитомассы. Поверхностные воды Субарктики можно охарактеризовать как ультрапресные: сумма ионов в них в межень не достигает 200 мг/л (в кольской тундре 25–50 мг/л), а в период весеннего половодья сокращается

до 25–10 мг/л и менее. Средняя годовая величина ионного стока — менее 10 т/км². Из биогеохимически обусловленных патологий для Субарктики типичны карьер тубов.

В таежной зоне запасы солнечной энергии заметно возрастают в сравнении с тундрой, но бедность почв важнейшими элементами минерального питания растений является типичной чертой и этой зоны, чему способствуют избыточное увлажнение, интенсивный сток, промывной режим почвогрунтов. В условиях хорошего естественного дренажа подвижные элементы усиленно вымываются из почв и материнских пород. Однако для многих таежных ландшафтов характерно застойное увлажнение. Периодические дожди) наблюдается почти повсеместно, а в северной тайге становится наиболее продолжительным. Отсюда создаются условия для чередования во времени окислительной и восстановительной среды, причем в северной тайге последняя становится доминирующей, что дало основание А. И. Перельману (1975а) объединить эту подзону по типу водной миграции с тундрой. В условиях постоянного застоя влаги происходит торфообразование и образуются болота, доля которых в общей площади также увеличивается с юга на север.

Тайга характеризуется заторможенностью биологического круговорота. Ежегодное потребление химических элементов растительными сообществами возрастает от 100–150 кг/га в северной тайге до 200 кг/га и более в южной, причем значительная часть этого количества (до 1/4) удерживается в приросте, а остальное возвращается с опадом. Опад разлагается медленно вследствие непродолжительности и невысокой теплообеспеченности теплого периода, ослабленной микробиологической активности, и на поверхности накапливается мощная подстилка. Масса подстилки (50–100 т/га) превосходит ежегодную величину опада в 10–20 раз. В подстилке аккумулируется значительный запас (до 2–4 т/га, а по некоторым данным более) химических элементов, в том числе N, Ca, K, Si, Mg, P, S, Al и ряда микроэлементов. Часть этого запаса (в особенности K, Ca, Mg, P) вновь вовлекается в биологический круговорот, но значительная часть вымывается с почвенно-грунтовым стоком. Безвозвратной потере важных элементов минерального питания растений способствуют фульвокислоты, усиливающие миграционную подвижность элементов.

Таким образом, таежным ландшафтам присуще интенсивное кислое выщелачивание. Хлориды, сульфаты, а на бескарбонатных породах и карбонаты выносятся за пределы почвенного профиля. В условиях кислой среды приобретают большую подвижность и выносятся из почвы Cu, Zn, Co, Mn, В. Относительно мало подвижен Mo. Емкость поглощения обменных катионов в типичных подзолистых почвах очень низка, ~10–30 мг-экв на 100 г почвы, а у песчаных разностей снижается до 1–5 мг-экв. Поглощающий комплекс резко не насыщен основаниями (40–80%). В глеево-подзолистых почвах преобладающий катион — H, в типичных подзолистых — Ca, затем H и Mg. В подзолистых почвах наблюдается дефицит N, Ca, K, P, Mg. Согласно В. В. Ковальскому (1974), дефицит I отмечен в 86% проб, Co — 73%, Cu — 70%, Mo — 55%, В — 50%, Zn — 49%. Достаточное содержание (72% проб) у Mn, относительно избыточное (15% проб, особенно в поймах рек) у Sr.

Как уже говорилось, особенностью таежной зоны является накопление больших запасов химических элементов в живой фитомассе и лесной подстилке, что можно



Типы ландшафтно-геохимической среды

Зона и подзона	Преобладающие материнские породы	Обеспеченность почв важнейшими химическими элементами
Северная и средняя тайга	Безвалунные суглинки, пески, водно- и озерно-ледниковые	Дефицит (наиболее острый на песках) Ca, N, K, P, Mg, Na, Zn, B, F, Cu, Co, Mo, I; норма Mn
	Песчаная морена на кристаллическом основании	То же, местами повышенное содержание Mg, Sr, Co и др.
	Пески разного генезиса	Острый дефицит всех элементов
Южная тайга и подтайга	Морена, озерно-ледниковые и озерно-аллювиальные суглинки	Дефицит Ca, N, K, P, Mg, Na, F, Cu, Co, I, часто Zn, B, Mo; норма Mn
	Покровные слабокарбонатные суглинки	Дефицит N, K, P, Na, F, I, часто Ca, B, Cu, Co, Mo; норма Mn, близко к норме Zn
	Элювий и делювий пестроцветных и терригенно-карбонатных пород	Дефицит N, K, P, Na, B, F, I, местами Ca, Mg; норма или близко к норме Mn, Zn, Cu, Co, Mo
	Озерно-аллювиальные суглинки Западной Сибири	Дефицит Ca, N, K, P, Mg, Na, F, I, норма или близко к норме Mn, Zn, B, Cu, Co, Mo, местами I
	Элювий и делювий осадочных пород Средней Сибири	Дефицит N, K, P, F, I, местами Ca, Mg; близко к норме Mn, Zn, Mo
Широколиственно-лесная зона	Лессовидные, покровные, элювиально-делювиальные суглинки	Дефицит N, P, K, F, I, местами Mg, Mn, Mo; близко к норме Ca, Zn, B, Cu, Co
	Аллювиальные и озерно-аллювиальные суглинки Дальнего Востока	Дефицит Ca, N, K, P, Mg, B, F, Cu, Co, Mo, I, близко к норме Mn, Zn
Лесостепь	Леса, лессовидные и элювиально-делювиальные суглинки	Дефицит N, часто P, F, I, местами K, Mn, Zn, Co, Mo; близко к норме Ca, Mg, B, Cu
	Субэрозивные лессовидные суглинки Западной Сибири	Дефицит N, часто K, P, Cu, Mo, местами Mn, I; норма Ca, Mg; избыток Na, S, Cl, местами B, содовое, участки сульфатные и хлоридные засоления
Степи типичные восточно-европейские	Леса, лессовидные и элювиально-делювиальные суглинки	Дефицит N, часто P, местами K, Mn, F, Mo, I, резко Cu, Co; норма, локально избыток Ca, Mg, Zn, B, Mo; локально сульфатное засоление
Степи сибирские и сухие восточно-европейские	Леса, лессовидные суглинки, стартовые глины	Дефицит N, P, местами Mn, I, близко к норме Ca, Co, Mo; избыток Ca, Mg, часто Na, S, Cl, B, местами Zn, Mo; часто сульфатное, реже хлоридное засоление
Полупустыни и пустыни	Четвертные морские глины, участки лессовидные суглинки	Дефицит N, P, I, местами Mn, Zn, Cu, Co, Mo; избыток Ca, Cl, S, Mg, Na, B; местами Zn, F, Mo; хлоридное и сульфатное засоление
Горные ландшафты	Элювий и делювий осадочных и изверженных пород	Пестрота распределения элементов, острый дефицит I; близко к норме Mn, Cu, Co
Локальный избыток элементов (геохимическая аномалия)		

Рис. 22. Ландшафтно-геохимическая среда

рассматривать как приспособительное свойство лесной растительности к интенсивному выносу элементов минерального питания (Пономарева, 1972). Подстилка служит важным источником химических элементов, обеспечивая относительно автономный тип зольного и животного питания лесной растительности. Согласно исследованиям В. В. Пономаревой и др. (1971), в лесной подстилке очень прочно удерживаются элементы-органогены. Из ежегодного поступления элементов с опадом выносятся от 3 до 35%, что составляет лишь сотые и десятые доли процента от запасов в подстилке. Потеря химических элементов в той или иной степени компенсируется поступлением элементов с атмосферными осадками ($n=10$ кг/га), с влагой, стекающей с кроны и стволов деревьев (около 20–30 кг/га), с пылью, а также за счет разрушения первичных минералов горных пород. Количественную оценку всех составляющих баланса химических элементов с достоверностью дать вряд ли возможно. Приведем лишь некоторые цифры (кг/га) по расчетам В. В. Пономаревой с соавторами (1971) для Карельского перешейка:

	Ca	Na	Mg
поступление в составе опада	20	20	5
поступление с атмосферными осадками	7	4	2
вынос из подстилки	2,2	0,56	0,40
вынос с водным стоком	20–30	5–10	3–5

В таежных болотах ежегодно накапливается 10–20% от продуцируемой фитомассы. В торфе аккумулируются Fe, Mg, Cr, Co, Cu, Pb, V, Ni, Ba, Zn. Химические элементы прочно удерживаются в торфе и практически не участвуют в биологическом круговороте.

Поверхностные воды тайги отличаются очень низкой минерализацией, как правило, не превышающей 200 мг/л, а во многих ландшафтах уменьшающейся до 50 мг/л и ниже. Величина показателя ионного стока в типичных условиях колеблется в пределах 5–10 т/км². Химический состав поверхностных вод формируется в значительной степени под воздействием биологического круговорота, основные ионы — HCO_3^- и Ca^{2+} , подчиненное значение имеет SO_4^{2-} , связанный преимущественно с атмосферными осадками.

Дефицит необходимых химических элементов в местных пищевых продуктах и питьевой воде создает предпосылки для патологий биогеохимической природы. В частности, для тайги типичен эндемичный зоб, сопровождаемый нарушением синтеза гормонов щитовидной железы и обусловленный дефицитом I, в особенности при одновременном недостатке Cu и Co. Очаги зоба встречаются по всей таежной зоне. Не менее характерен кариес зубов (дефицит F). Дефицит Ca и P может привести к нарушению обмена веществ в костной ткани. Отмечаются некоторые другие биогеохимические эндеми, связанные с недостаточным поступлением в организм Cu, Co, Mn и иных микроэлементов. Значительно реже встречаются заболевания, обусловленные избытком химических элементов. Наиболее известный пример — урвская болезнь, о которой уже упоминалось ранее, в связи с ролью избытка Sr. В литературе имеются указания на широкое распространение в зоне тайги (в частности, в Якутии и ряде других, преимущественно северных районов) мочекаменной болезни, или уrolитиаза.

Необходимо, однако, подчеркнуть, что между распространением упомянутых, как и многих других, болезней и содержанием химических элементов в ландшафте далеко

не всегда существует прямая зависимость. Проявления биогеохимических эндемий более ярко выражены у домашнего скота, трофически теснее, чем человек, зависящего от ландшафта. В рационе населения тайги большую роль играют привозные продукты питания, причем очевидно, что их роль усиливается в северных ландшафтах тайги, где практически отсутствует земледелие. Этим, по-видимому, следует объяснить относительно меньшую заболеваемость зобом жителей северных и горных районов тайги. Так, В. М. Мещенко (1967) отмечает практически полную безопасность горно-таежных ландшафтов Забайкалья в отношении этого заболевания; причина — привозное зерно и другие пищевые продукты. Имеют значение также и особенности быта, традиции населения, определенные различия в рационе местного и пришлого населения и т. д. В. В. Серебряков (1968), например, отмечает, что уrolитиазу в тайге пришлое население более подвержено, чем коренное.

При всей общности ландшафтно-геохимических условий тайга, занимающая в пределах России более 9 млн. км², обнаруживает существенные внутренние различия. Уже из приведенного обзора легко выявляется зональная дифференциация второго порядка. В северной тайге зональные гидротермические факторы определяют кислый глеевый класс водной миграции, наиболее низкую емкость биологического круговорота; подвижными становятся не только наиболее активные водные мигранты (B, I, Br, Li, Rb, Sr), которые практически полностью вымываются из почвы, но и Fe, Mn, Cu, Co, Zn, Ni и др. Последние лишь частично удерживаются на геохимических барьерах, в целом же почвы и воды очень бедны макро- и микроэлементами. В подзоне средней тайги все описанные выше ландшафтно-геохимические особенности выражены наиболее типично. В южной тайге заметно активизируется биологический круговорот, замедляется вынос химических элементов, несколько снижается подвижность Fe, Mn и некоторых других элементов.

Зона подтайги по эколого-геохимическим условиям близка к южной тайге. Но биологический круговорот химических элементов протекает здесь энергичнее. По некоторым данным, восточноевропейские подтаежные ельники ежегодно потребляют 300 кг/га зольных элементов, возвращая с опадом 190 кг/га; запасы элементов в подстилке приближаются к 4 т/га (Экология и продуктивность..., 1980). Согласно другим исследованиям, возврат элементов с опадом достигает 200–400 кг/га. В сравнении с тайгой в подтаежных лесах опад быстрее разлагается, но вместе с тем происходит достаточно энергичное кислое выщелачивание и подзолообразование, почва теряет Ca, N, P, K, B, I, Br, V, Sr, Ni, Co, Zn, Cu, F. Все же в гумусовом горизонте дерново-подзолистых почв удерживается больше, чем в типичных подзолистых, Na, Ca, P, Zn, Cu, Co. Среднее содержание B, Mn, Zn близко к оптимуму; несколько ниже оптимума — Co, Cu, Mo.

Долготно-секторные эколого-геохимические различия в лесных ландшафтах наиболее ярко выявляются при сопоставлении умеренно континентального Восточно-Европейского и крайне континентального Восточно-Сибирского секторов. Для последнего характерны многолетняя мерзлота и недостаточное атмосферное увлажнение, подзолообразование слабо выражено. В мерзлотно-таежных условиях миграция химических элементов и биологический метаболизм резко замедлены, наблюдается сильный дефицит элементов и биологический метаболизм резко замедлены, наблюдается сильный дефицит Ca, I, F и других элементов, а также наиболее низкая минерализация поверхностных и

грунтовых вод. В то же время сочетание недостатка атмосферной влаги, слабого дренажа и повышенного содержания карбонатов в субстрате может привести к накоплению легкорастворимых солей в почве (см. ниже).

Что касается азональных ландшафтно-геохимических различий, то в тайге и подтайге они достаточно четко выражены. Наиболее неблагоприятной геохимической средой выделяются широко распространенные ландшафты песчаных равнин разного генезиса. На южной окраине восточноевропейской подтайги они образуют «пояс полесий», отчасти заходящий в зону широколиственных лесов (провинции Полесская, Придеснянская, Мещерская, Волго-Ветлужская). Здесь значительно резче, чем в других провинциях, выражен дефицит N, P, Ca, K, Na, Mg, Co, Cu, F, I, B, Mo, Mn. Содержание Co, Cu, I в песчаных дерново-подзолистых почвах может быть в десятки раз ниже, чем в глинистых. Отсюда — наличие повышенных предпосылок зобной эндемии.

В области Балтийского щита основной почвообразующей породой служит песчаная морена, также обедненная большинством необходимых химических элементов. Однако на Кольском полуострове почвы относительно обогащены Cu, Ni, Mn, Co.

Типичные для тасжной зоны ландшафты моренных равнин по геохимическим показателям близки к средним значениям для этой зоны, а подтаежные моренные равнины с покровными суглинками характеризуются несколько повышенной концентрацией отдельных элементов. Почвы Вятско-Камской провинции на пестроцветных пермских породах содержат оптимальное количество Co, Zn, Cu, Mo.

Ландшафты, почвы которых формируются на карбонатных породах (в том числе на карбонатной морене), относятся к кальциевому типу водной миграции. Емкость поглощения обменных катионов у типичных дерново-карбонатных почв достигает 40–50 мг-экв, а насыщенность основаниями — 90% и более. Важнейшая геохимическая особенность ландшафтов — богатство почв кальцием. Отмечается также повышенное содержание Zn, Mn, Mo, иногда Cu, однако в почвах недостает N, P, K, нередко также B, Si, Co, I, F, Mg, Zn. Питьевые воды отличаются повышенной минерализацией и высокой жесткостью; существуют предпосылки заболевания уrolитиазом. В этой группе ландшафтов особо выделяется Лено-Вилуйская провинция (Центральная Якутия) со своеобразным среднетасжным засушливым климатом и палевыми мерзлотными нейтральными почвами, преимущественно осолоделыми. Поглощающий комплекс этих почв насыщен основаниями (главным образом Ca, отчасти Na и Mg). В термокарстовых впадинах происходит хлоридное, сульфатное и местами содовое засоление. Почвы и воды провинции отличаются повышенной концентрацией Ca, реже Fe, Zn, Cu, однако наблюдается дефицит P, K, I, F. Заболеваемость уrolитиазом здесь в 3–18 раз выше, чем в других районах Якутии (Серебряков, 1968).

В зоне широколиственных лесов энергичный биологический круговорот сочетается с интенсивным выносом химических элементов из почв. А. И. Перельман (1975а) относит ландшафты этой зоны к геохимическому классу, переходному от кислого тасжного к кальциевому, типичному для степей. В дубравах вовлекается в биогенную миграцию 350–500 кг/га минеральных элементов и азота. В живой фитомассе накапливается до 5–8 т/га, с опадом возвращается 250–300 кг/га — более всего Ca, затем K, N, P, S и др. Она разлагается значительно быстрее, чем в тайге и подтайге, и соответственно запасы элементов в подстилке намного меньше (до 800 кг/га).

Серые лесные почвы характеризуются довольно высокой емкостью поглощения обменных катионов (20–40 мг-экв). Собственно серые и темно-серые почвы полностью или почти полностью насыщены основаниями. Однако карбонаты вымыты на значительную глубину, реакция почвенных растворов в верхних горизонтах слабокислая. В процессе биологического круговорота в почву постулают S, P, Ca, K, Mg и многие микроэлементы. Некоторые из них (Cu, Zn, B) становятся малоподвижными, в почвах аккумулируются также Mg, Mn, Co и др., но выщелачивание преобладает над аккумуляцией и почва теряет много подвижных элементов. К дефицитным элементам относятся N, P, K. Содержание в почве B, Mn, Co, Cu, Zn, Mo в среднем близко к норме, но местами недостаточное. Как правило, наблюдается недостаток иода.

Поверхностные воды слабо минерализованы (преимущественно 0,2–0,3 г/л, по ионному составу гидрокарбонатные кальциевые). Модуль ионного стока колеблется в пределах 15–30 т/км², но в районах распространения карбонатных и сульфатных пород достигает 40–50 т/км² и более. Поступление химических элементов с атмосферными осадками (9–10 т/км²) далеко не компенсирует потерь.

Широколиственно-лесная зона представлена на территории страны двумя разобщенными секторами — Восточно-Европейским и Дальневосточным, а кроме того, небольшим фрагментом на северном склоне Большого Кавказа. Приведенная выше характеристика относится в основном к Восточно-Европейскому сектору. Азональные контрасты в этом секторе невелики и сглаживаются преобладанием лессовидного субстрата, относительно обогащенного химическими элементами (табл. 7). Заволжско-Уфимская провинция выделяется повышенным содержанием ряда микроэлементов, а ландшафты на песчаниках в пределах Приволжской провинции — пониженным (в том числе Co, Mn и др.).

Горные широколиственные леса Большого Кавказа в геохимическом отношении аналогичны восточноевропейским. Благодаря интенсивному биологическому круговороту в гумусовом горизонте почв аккумулируются Ca, K, P, S, Mg, Mn, Mo, Cu, Pb, Zn, Sr, B.

Зональные аналоги рассмотренных ландшафтов на юге Дальнего Востока формируются в условиях муссонного климата, глубокого зимнего промерзания почв, обильных осадков и интенсивного стока летом. Почвы относятся к типу бурых лесных. Емкость поглощения катионов составляет 20–30 мг-экв (преобладают Ca и Mg). Степень насыщенности основаниями 70–90%. По емкости биологического круговорота данные ландшафты сопоставимы с восточноевропейскими широколиственно-лесными. Однако, несмотря на энергичную биологическую аккумуляцию, почвы теряют многие элементы, особенно ошутим недостаток P, N, Ca, I и ряда микроэлементов. Имеются очаги эндемичного зоба.

Лесостепная и степная зоны имеют много общего в ландшафтно-геохимических условиях: кальциевый класс водной миграции, интенсивный биологический круговорот химических элементов, относительное минеральное богатство почвообразующих пород, ослабленный вынос элементов из ландшафта. В результате здесь создается наиболее благоприятный баланс элементов в почве. Луговые степи выделяются наивысшими показателями биологического поглощения элементов среди растительных сообществ умеренного пояса, причем основная часть ежегодно потребляемого количества, а именно

600–700 кг/га, возвращается с опадом, в живой фитомассе содержится 900 кг/га, накапливается в мертвой (ветошь, степной войлок) 800 кг/га. Соответствующие цифры для типичных степей — 400–500, 800 и 300 кг/га, для сухих — 160, 240 и 70 кг/га.

Степная растительность особенно энергично поглощает из почвы N, Si, Ca, K; из степного войлока интенсивно вымываются K, N, отчасти Ca, накапливаются Si, Al, Fe. При разложении органических остатков образуются устойчивые органо-минеральные соединения, способные сорбировать Ca, K, P, S и другие элементы. Зональные почвы лесостепи и типичной степи — черноземы — отличаются нейтральной или слабощелочной реакцией, высокой емкостью поглощения и насыщенностью основаниями. Емкость поглощения обменных катионов у лесостепных черноземов выщелоченных составляет 40–60 мг-экв на 100 г почвы, у черноземов типичных и обыкновенных — 35–40, а у темно-каштановых почв южной (сухой) степи понижается до 25–30 мг-экв. В пора у темно-каштановых почв южной (сухой) степи понижается до 25–30 мг-экв. В поразующем комплексе преобладает Ca. Отсутствие сплошного промывания почв фильтрующимися атмосферными осадками (непромывной режим) способствует накоплению карбонатов, а в сухих степях — также сульфатов и хлоридов.

Широко распространенные в лесостепи и степи лессовидные суглинки богаты микроэлементами, за исключением Mn (табл. 7). Некоторые элементы, малоподвижные в кислой среде (Mo, Se, Cr), в этих зонах становятся подвижными и легко вымываются. Однако большинство элементов, подвижных в кислой среде, здесь малоподвижны и накапливаются в почве (Cu, Pb, Ba, Fe, Ca, Sr и др.). В почве удерживаются и такие подвижные элементы, как I, F, B; повышенной концентрацией характеризуются Co, Zn, Ni, Mo, Br, V, As. Содержание большинства микроэлементов (кроме Mn) в черноземах выше кларкового уровня. Наиболее обеспечены ими черноземы типичные (в лесостепи). Согласно В. В. Ковальскому (1974), нормальное содержание Co отмечено для 96% образцов лесостепных черноземов и 69% степных, B — соответственно для 79 и 28, Mn — 75 и 71, Cu — 72 и 76%. Наиболее дефицитным среди основных микроэлементов оказался иод в 78% проб как лесостепных, так и степных черноземов; мало также Zn (в 49 и 54% проб) и Mo (64 и 39%), а в степях — бора (31%).

Содержание элементов в почвах зависит от характера ландшафтов. Во многих из них наблюдается недостаток P, в некоторых — K, возможен дефицит подвижных форм Fe, Mn, Co, избыток B и Mo. В качестве наиболее общей закономерности для лесостепи и степи Русской равнины И. В. Якушевская (1973) отмечает увеличение содержания микроэлементов к югу и востоку (особенно Co, Cu, Mo). Важно заметить, что интенсивное сельскохозяйственное освоение ландшафтов и изъятие химических элементов с урожаем приводит к их дефициту (особенно N и P).

Минерализация поверхностных вод увеличивается к югу и востоку. Для восточноевропейской лесостепи типичны гидрокарбонатные кальциевые воды с суммой ионов в среднем около 0,3 г/л, для западносибирской — хлоридные с суммой ионов до 0,5–1,0 г/л и более. В степной зоне минерализация, как правило, превышает 0,5 г/л, а нередко степных — жесткие, в сухостепных — очень жесткие. В связи с широтным и долготным сокращением жидкого стока модуль ионного стока невелик, обычно не превышает 20 т/км², возрастая до 40 т/км² и более на эрозионных лессовых возвышенностях. Однако для оценки потерь минеральных веществ почвы необходимо учитывать твердый

сток (сток наносов), величина которого на эрозионных возвышенностях достигает 50–100 т/км².

Из приведенных данных нетрудно сделать вывод о существенных широтно-долготных и долготно-секторных различиях эколого-геохимических условий в пределах рассматриваемого пояса. Один из важных показателей этих различий, наряду с уже упомянутыми, — усиление процесса континентального засоления и засоления почв. Для восточноевропейской лесостепи эти процессы не характерны. На плоских крайне слабо дренированных лесостепных равнинах Западной Сибири, на лессовидных суглинках широко развито содовое, а на юге также сульфатное и хлоридное засоление почв и грунтовых вод. Типична территориальная пестрота геохимических условий: незасоленные черноземы сочетаются с солонцеватыми и отчасти солончаковатыми лугово-черноземными почвами, солонцами, солончаками, солодами. В северной и средней подзонах восточноевропейской степи в понижениях с близким залеганием преимущественно солончатых сульфатных вод встречаются солонцы. Южные (сухие) степи образуют переход к аридным ландшафтам полупустынь. Здесь до 1/2 и более площади занимают темно-каштановые карбонатные солонцеватые почвы и солонцы; засоление преимущественно сульфатное.

В степной зоне Западной Сибири преобладают минерализованные сульфатные и хлоридные натриевые грунтовые воды. Черноземы обыкновенные северной подзоны карбонатные, часто свободны от легкорастворимых солей, но местами солонцеваты, черноземы южные, также в основном карбонатные, часто содержат соду в верхних горизонтах и гипс в нижних. Те и другие сочетаются с солонцами, преимущественно хлоридно-сульфатными с участием соды; местами в них много Mg. Солонцеватость и отчасти солончаковатость в той или иной мере проявляются в степях Минусинской котловины и Забайкалья.

По наличию предпосылок возникновения биогеохимических эндемий лесостепные и степные ландшафты занимают промежуточное положение между поясами биогеохимической недостаточности и избыточности. К типичным для этих ландшафтов эндемиям можно отнести уrolитиаз, связанный главным образом с жесткостью питьевых вод и широко распространенный во многих районах, в том числе в лесостепи и степи Западной Сибири, Кузнецкой котловины, Забайкалья. Другие заболевания, обусловленные избытком тех или иных микроэлементов, имеют в основном локальный характер и связаны с некоторыми геохимическими аномалиями. К ним относится урoвская болезнь, очаг которой частично распространяется на степи восточного Забайкалья. К Южному Зауралью приурочена геохимическая аномалия, которая характеризуется избытком Ni, Mg, Sr, Cr, Co. В этом же регионе известна медная аномалия, где содержание Cu в кормовых растениях в десятки раз выше, чем на окружающей территории, что вызывает анемию у ягнят. В Кулундинской степи нарушение некоторых физиологических функций у овец связано с избытком бора. В отдельных районах (лесостепь Средней Сибири, степи Забайкалья) известны очаги флюороза, обусловленные повышенным содержанием F.

Эндемии, связанные с недостатком микроэлементов, менее типичны для лесостепи и степи. Здесь, в частности, значительно ниже, чем в тайге, опасность заболевания кариесом зубов. Однако иодная недостаточность местами приводит к появлению очагов

эндемического зоба, преимущественно в лесостепи, особенно в поймах рек (на Русской равнине, в Кузнецкой и Минусинской котловинах, Забайкалье и др.).

Для аридных условий полупустынь и пустынь характерны процессы засоления поверхностных и грунтовых вод и почв. Вынос химических элементов со стоком резко ослаблен, происходит локальное перераспределение подвижных элементов и накопление их в понижениях. Биологический круговорот также ослаблен; запасы минеральных элементов в живой фитомассе полупустынь составляют всего лишь 0,12 т/га, люта — 0,06 т/га, против 1,1 и 0,24 т/га соответственно в луговых степях (Базилевич, Титлянова, 1978). Растения пустынь и полупустынь, особенно полыни, интенсивно поглощают Na, Ca, Cl, а также K, P, S, местами Mn, I, Cu, Co. Растительный опад быстро разлагается и минерализуется, захваченные элементы возвращаются в почву.

Грунтовые воды сильно минерализованы. В лессовидных суглинках Ергенинской возвышенности воды преимущественно сульфатные и хлоридно-сульфатные с плотным остатком 1–3 г/л, в четвертичных морских глинах Прикаспийской низменности — хлоридные натриевые с минерализацией более 3 г/л, часто 10–50 г/л, а в солончаковых впадинах и выше. Засоленные почвы занимают более половины площади, а на Прикаспийской низменности почти всю территорию, за исключением песчаных массивов. В пестром почвенном покрове низменности светло-каштановые почвы, карбонатные и преимущественно солонцеватые (с гипсом, сульфатами и хлоридами Na), сочетаются с хлоридными солонцами и солончаками. В поглощающем комплексе светло-каштановых почв до 15% приходится на Na. В водной миграции наиболее активно участвуют Na, S, Cl, а также Mg, B, Vg, I, Cr, Mo, Se. В почвах энергично накапливаются B, Mo и некоторые другие микроэлементы, Ca относительно менее подвижен и аккумулируется в почве. Малоподвижны Fe, Al, Ti, Ba. Вместе с гипсом накапливается Sr.

Почвы полупустынь и пустынь богаты большинством микроэлементов, но бедны N и P. Избыточной концентрацией наряду с Na, S, Cl характеризуются B (88% проб, по В. В. Ковальскому, 1974), Zn (76%), местами Sr (48%), Mo (22%). Оптимальным можно считать содержание Cu (86% проб), Mn (78%). Некоторые микроэлементы отличаются неравномерным распределением. Так, дефицит Co обнаружен в 52% проб (при оптимуме 48%), дефицит Mn — в 22%, Mo — 20%, Cu и Zn — 12%. Наиболее дефицитен I (81%).

Избыток солей в почвах, водах, растительных кормах может служить причиной нарушения функций системы пищеварения, а также органов дыхания (при попадании в организм с пылью). Некоторые эндемические заболевания пищеварительного тракта и пневмония у животных и человека связываются с избытком бора.

Для горных ландшафтов характерна большая изменчивость концентрации микроэлементов в почвах, связанная с разнообразием горных пород. Аномально высокая концентрация некоторых элементов может сочетаться с дефицитом, усугубляемым энергичной миграцией и усиленным выносом. Содержание Co, Cu, Mn, Sr преимущественно близко к норме, но во многих случаях наблюдается дефицит Co (31% проб) и Cu (28%). Большой пестротой характеризуются содержания Zn, Mo, B. Наиболее резкий дефицит горно-лесных, горно-степных и горно-луговых (Тхостов, 1971).

Иодная недостаточность служит причиной широкого распространения эндемического зоба (Большой Кавказ, Урал, Алтай, Восточный Саян и др.). Недостаток Cu, Zn, Co, I приводит к болезни глаз в ряде горно-лесных ландшафтов. Дефицит Co может вызвать гипо- и авитаминоз B₁₂ у животных. С избытком микроэлементов (в том числе Mo, Co, Cu, Pb, Zn, Sr и др.) связаны многочисленные локальные биогеохимические аномалии в горах, например ртутная на Алтае, селеновая в Туве. Предполагается, что избыток As, Pb, Ni, Cd, Li, Sr способствует развитию онкологических заболеваний. Районы биогеохимических аномалий часто не заселены: население избегает их, основываясь на многовековом опыте (Селиверстов, 1995).

1.5. Растительный покров и его экологические функции

В экологическом потенциале ландшафта важное место занимает биота, и в первую очередь растительный покров. Роль естественной растительности в жизни человека велика и многообразна. Можно различать ее прямое и косвенное экологическое значение. Ее самая непосредственная биологическая функция — обеспечивать человека продуктами питания — отступала на задний план по мере развития земледелия, хотя и в этом отношении не потеряла своей роли (достаточно вспомнить о многочисленных видах съедобных дикорастущих растений, в том числе витаминноносных). В то же время усиливается рекреационное, лечебно-оздоровительное, эстетическое и многое другое значение растительности, не говоря уже о хозяйственном, которое мы здесь не затрагиваем.

Помимо явного, прямого, не требующего доказательств влияния естественной растительности на человека (включая, например, и такое, как действие ядовитых растений) особенно важно обратить внимание на ее «скрытые» косвенные функции как стабилизирующего фактора в геосистеме, поддерживающего качество среды обитания людей. В этой функции растительного покрова можно различать с некоторой условностью две составляющие — средообразующую и средозащитную. Обе они связаны со свойствами растительного покрова как наиболее активного компонента геосистемы, играющего выдающуюся роль в ее функционировании. Взаимодействуя с другими компонентами, растительность преобразует их и придает геосистеме новое качество. Достаточно напомнить о растительности как факторе геохимического круговорота, а тем самым биогеохимической среды, о ее роли во влагообороте и почвообразовании. Общеизвестно, что растительный покров поддерживает на глобальном уровне кислородный баланс в атмосфере.

Говоря о средообразующей роли растительных сообществ, нельзя не заметить, что они, преобразуя внешнюю среду, могут создавать внутреннюю среду. Этими свойствами особо выделяются лесные сообщества. Лес способен трансформировать внешние климатические воздействия, «гасить» или сглаживать экстремальные проявления метеорологических процессов. Под пологом леса ослабляется прямая солнечная радиация, выравнивается ход температуры воздуха, сокращаются ее минимальные и максимальные значения, резко, практически до нуля, может уменьшиться скорость ветра, более равномерно распределяется снежный покров, кроны деревьев задерживают значительную часть атмосферных осадков и т. д. Таким образом, лес защищает человека от неблагоприятных атмосферных воздействий, внутренняя среда леса во многих отношениях более благоприятна для человека, чем «внешняя» (т. е. внелесная).

Под средозащитными экологическими функциями растительного покрова имеется в виду главным образом его стабилизирующая роль в ландшафте. Развитый растительный покров — важнейшее условие устойчивости ландшафта к внешним, в том числе антропогенным, воздействиям. Он противостоит деструктивным процессам — солифлюкции, эрозии, дефляции, селям, лавинам, служит защитным фильтром от вредных техногенных выбросов и т. д.

Характер и степень экологической эффективности растительных сообществ зависят от их реального многообразия и современного состояния. Структура растительного

покрова страны наиболее полно освещена в фундаментальных сводах «Растительный покров СССР» (1956) и «Растительность Европейской части СССР» (1980), на «Карте растительности СССР...» в масштабе 1 : 4 000 000 (1990) и «Карте растительности Европейской части СССР» в масштабе 1 : 2 500 000 (1979). Здесь мы вынуждены ограничиться лишь кратким макрорегиональным обзором, используя данные о растительном покрове основных типов ландшафтов СССР (Исаченко, 1985). Этот обзор построен в соответствии со схемой ландшафтно-экологического макрорайонирования России (см. рис. 1 и табл. 1) в широтно-зональной последовательности и потому не требует приложения отдельной карты геоботанического районирования.

Арктическая зона в основном покрыта материковыми льдами. Лишь небольшие, свободные ото льда площади представлены ландшафтами полярных пустынь, для которых характерны группировки накипных лишайников, образующих вместе с микроскопическими сине-зелеными водорослями тонкую корочку на поверхности полигонов. Реже встречаются мхи. Сосудистых растений известно не более 50–60 видов. Это низкорослые (5–10 см) растения, произрастающие поодиночке или небольшими группами. Типичные представители — полярный мак (*Papaver polare*), крупка (*Draba*), мятлих укороченный (*Poa abbreviata*).

Субарктика объединяет тундру (с тремя подзонами) и лесотундру (на рис. 1 они не расчленены). В тундре древесная растительность отсутствует, преобладают низкорослые криофитные формы. Характерны гипоарктические кустарники (карликовые березки *Betula nana*, *B. exilis*, *B. middendorffii* и ивы *Salix lanata*, *S. glauca* и др.) и кустарнички (голубика *Vaccinium uliginosum*, брусника *V. vitis-idaea*, вороника *Empetrum hermaphroditum*, багульник *Ledum decumbens*); некоторые виды злаков, осок, пушиц, а также мхи (зеленые и сфагновые) и лишайники.

В подзоне арктической тундры растительность обеднена, отсутствуют карликовые березки и некоторые другие гипоарктические элементы. Усиливается роль арктических и арктоальпийских видов, характерны дриады и полярные ивы, арктоальпийский вечнозеленый кустарничек кассиопея (*Cassiope tetragona*). Широко развиты пятнистые тундры и болота осоково-пушицевые и полигональные.

В типичной тундре наряду с гипоарктическими кустарничками (голубика, багульник) важную роль играют арктические и арктоальпийские виды (дриада, кассиопея и др.). Карликовая березка появляется только на юге подзоны, но в стелюющейся форме. В моховом покрове представлены зеленые мхи, сфагнумы еще не имеют широкого распространения. Значительные площади заняты пятнистыми тундрами (с пятнами голыи поверхности). Много осоковых и полигональных болот.

Для южной тундры характерны кустарники, в особенности ерник (заросли карликовых березок), а также ивняки. Вдоль рек заходят редколесья. Большие площади заняты болотами, преимущественно кустарничково-сфагновыми.

В крайне континентальном Восточно-Сибирском секторе тундровой зоны кустарники встречаются только в понижениях, где им обеспечено снежное укрытие. Особенно характерны кочкарные пушицевые тундры, а также кустарничковые тундры с дриадой и кассиопеей. В типичной тундре Чукотки (Дальневосточный сектор) распространены осоково-пушицевые кочкарники. На более дренированных участках появляются ерниковые и ивняковые заросли, а в южной части — ольховник (*Dioschokia fruticosa*). В

южной подзоне осоково-пушицевые кочкарники сочетаются с зарослями кедрового стланика (*Pinus pumila*).

Лесотундра образует переход от тундры к тайге. Здесь среди доминирующих тундровых кустарников и кустарничков сначала появляются угнетенные деревья, затем редины и редколесья (сомкнутые леса заходят в лесотундру с юга по долинам рек). Состав древесной растительности существенно меняется по долготе. На Кольском полуострове она представлена низкорослой березой извилистой (*Betula tortuosa*) и отчасти сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Далее к востоку (до Урала) — елью сибирской (*Picea obovata*), в Западной Сибири — лиственницей сибирской (*Larix sibirica*) и отчасти елью сибирской, в Восточной Сибири — лиственницей Гмелина (*L. gmelini*). На Русской равнине и в Западной Сибири большая часть водоразделов занята болотами.

На Дальнем Востоке переход от Субарктики к тайге представлен своеобразной притихоокеанской лугово-лесной зоной (Камчатка и Курильские острова, кроме самых южных). Зональный тип растительности образуют разреженные (парковые) леса из каменной березы (*Betula ertmanii*) с развитым ярусом из высокотравья, в котором присутствуют гигантские зонтичные — борщевик шерстистый, или сладкий (*Heracleum lanatum*), дудник медвежий, или медвежий корень (*Angelica ursina*), и др. Высокотравье образует и самостоятельные заросли высотой до 3–4 м на лугах и полянах среди березняков. Леса из каменной березы поднимаются по склонам гор обычно не выше 600–800 м и сменяются поясом кедрового стланика с участием ольховника, переходящим в горные тундры и каменистые россыпи.

Таяжная зона, протянувшаяся широкой полосой через всю территорию страны с запада на восток, характеризуется господством хвойных лесов. Флористический состав их небогат, набор лесообразующих пород крайне ограничен. Различаются две группы таяжных лесов: темнохвойные и светлохвойные. Первые свойственны наименее континентальным ландшафтам с мощным снежным покровом и отсутствием многолетней мерзлоты. В Восточно-Европейском секторе они образованы елями — на западе европейской (*Picea abies*), а на востоке сибирской с участием пихты сибирской (*Abies sibirica*) и изредка сибирской кедровой сосны, или сибирского кедра (*Pinus sibirica*). В западно-сибирской темнохвойной тайге распространены все три последних вида. После перерыва, занятого восточносибирской тайгой, где темнохвойные практически отсутствуют, они вновь появляются на Дальнем Востоке, преимущественно на склонах гор, обращенных к океану. Здесь основная лесообразующая порода — аянская ель (*Picea ajanensis*), подчиненное значение имеют пихты — белокожая (*Abies nephrolepis*) и сахалинская (*A. sachalinensis*).

Светлохвойные леса представлены лиственничниками и сосняками. Лиственничные леса — господствующий тип в среднесибирской, восточносибирской и дальневосточной тайге. Они преобладают также в северной тайге Западной Сибири и локально встречаются в северной тайге Русской равнины. К западу от Енисея произрастает лиственница сибирская, к востоку — лиственница Гмелина, на северо-востоке Сибири ее замещает лиственница Каяндера (*Larix cajanderi*), на Дальнем Востоке — лиственница камчатская (*L. kamtschatica*). Лиственница приспособлена к наиболее суровым условиям резко и крайне континентального климата и многолетней мерзлоты. Лиственничные леса отличаются от темнохвойных небольшой сомкнутостью и осветленностью.

Леса из обыкновенной сосны широко распространены в тайге преимущественно на песчаных грунтах, а также на кристаллических породах. Сосна имеет широкую экологическую амплитуду и, в частности, способна произрастать на торфяниках, а в качестве вторичной породы — на месте темнохвойных лесов. Однако она не выдерживает многолетней мерзлоты и почти отсутствует в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Хвойные леса образуют общий фон растительного покрова на равнинах таяжной зоны и в нижней части горных поднятий. Верхняя граница леса и горно-лесного пояса снижается с юга на север, причем в континентальных секторах эта граница смещена вверх по сравнению с приокеаническими. В южной тайге горно-таяжный пояс поднимается до 1000–1300 м, в средней — до 600–1000 м, в северной — до 500–600 м и ниже. Горно-таяжный пояс сменяется нешироким поясом редколесий и криволесий (а на востоке стлаников) — до 1300–1500 м на юге, 600–800 м на севере. Этот пояс переходит в горные тундры и голыцы.

Для таяжной зоны типичны процессы заболачивания. В некоторых таяжных ландшафтах (особенно в Западной Сибири) болотные урочища и их сложные системы занимают более половины всей площади. Типы таяжных болот многообразны, но особенно характерны верховые грядово-мочажинные болота. В их растительном покрове главную роль играют сфагновые мхи, которых известно более 40 видов. На болотах произрастают также кустарнички (багульник, голубика, клюква, вороника, подбел и др.), многие виды осок, пушиц, морошка и некоторые другие травы. По окраинам верховых болот нередко распространены сосна в угнетенной форме, береза пушистая; на востоке по болотам часто растет лиственница.

Хотя хвойные леса определяют общий зональный характер растительности тайги, лесистость этой зоны довольно неравномерна (рис. 23). Во многих ландшафтных провинциях леса покрывают менее половины площади. На востоке это связано главным образом с большим распространением безлесных горных ландшафтов, в Западной Сибири — с сильной заболоченностью, а на юге всей зоны — с вырубкой лесов, которые в значительной степени замещены сельскохозяйственными угодьями и другими освоенными площадями.

В флористическом составе и структуре всех таяжных лесов обнаруживаются четкие широтно-зональные изменения.

Для восточноевропейской северотаяжной подзоны характерны разреженные еловые леса со значительным участием березы пушистой (*Betula pubescens*). Подлесок не развит, в кустарничковом ярусе — вороника, багульник, голубика, черника, морошка, иногда ерник. Моховой покров мозаичный (зеленые, политриховые, сфагновые мхи, нередко кустистые лишайники клядонии). Широко распространены сосняки, также с кустарничковом и мохово-лишайниковом ярусами. Много заболоченных сфагновых лесов, переходящих в обширные сфагновые болота, занимающие в некоторых ландшафтах до 30–50% площади.

Для средней тайги особенно типичны сомкнутые (0,8–0,9) ельники (на востоке — пихтово-еловые леса) с черникой и сопутствующими бореальными видами (линия, майник, седмичник, грушанка, папоротник щитовник и др.) и покровом из зеленых мхов. Подлесок обычно отсутствует (редко можжевельник, рябина, шиповник). Встречаются ельники заболоченные (долгомшнные и сфагновые). Широко представлены сосняки —



Рис. 23. Лесистость по ландшафтно-экологическим мезорегionsам.

преимущественно зеленомошно-брусничные и черничные, а также заболоченные сфагновые, реже лишайниковые. Болот, в основном верховых сфагновых, меньше, чем в северной тайге, но в некоторых ландшафтах они содоминируют с лесами.

Для южной тайги наряду с еловыми и пихтово-еловыми лесами-черничниками типичны кисличники (с кислицей *Oxalis acetosella*), а также дубравно-травяные леса (со снытью, печеночницей, медуницей, копытнем и др.). На более богатых почвах встречаются сложные ельники с подлеском из широколиственных пород (липа, дуб, лещина и др.). Сосняки здесь в основном тех же типов, что и в средней тайге. Лесистость сильно сокращена в результате хозяйственного освоения, коренные леса в значительной степени замещены березовыми и осиновыми. На плоских равнинах распространены крупные системы верховых болот.

Особенностью западносибирской тайги является исключительно широкое развитие заболочивания. Болота часто сплошь покрывают водоразделы, оттесняя леса в долины рек и на более дренированные приречные окраины водоразделов. В северной тайге различаются две полосы. В северной полосе с многолетней мерзлотой господствуют редкостойные лиственничные и лиственнично-еловые кустарничково-лишайниковые и лишайниково-зеленомошные леса. В южной полосе, где мерзлота постепенно исчезает, лиственница вытесняется на песках сосной, а на суглинках преобладают разреженные лиственнично-кедрово-еловые леса. В средней тайге леса преимущественно елово-кедровые (на юге с пихтой), более сомкнутые и высокоствольные, с типичными бореальными видами кустарничков и трав и зелеными мхами. На легких почвах господствуют сосняки. После пожаров коренные леса часто сменяются производными березняками и осинниками. Для южной тайги наиболее характерны кедрово-елово-пихтовые зеленомошные леса с травяным ярусом из кислицы, седмичника, осочки и др. На западе в темнохвойных лесах присутствует липа, в травяном покрове много неморальных (дубравных) элементов. В настоящее время на месте темнохвойных лесов произрастают преимущественно производные осиново-березовые.

В тайге Среднесибирского сектора роль темнохвойных пород постепенно уменьшается к востоку и господство переходит к даурской лиственнице (лиственница Гмелина). Заболоченность резко уменьшается, но усиливается влияние высоты, с ее возрастанием появляются безлесные горные ландшафты. В северной тайге господствуют разреженные лиственничные леса, местами (в основном на карбонатных породах) с участием ели, в подлеске — ерник, ольховник, в кустарничковом ярусе — багульник, голубика. В приенисейской полосе средней тайги леса образованы сибирской лиственницей с участием ели, кедра, с ольховником, брусничкой, черничкой, голубикой, таежным мелкотравьем и зелеными мхами. К востоку они постепенно замещаются багульничковыми и голубичными лесами из даурской лиственницы, иногда с примесью ели. Для южной тайги типичны елово-пихтовые и кедрово-еловые травяно-зеленомошные леса, но широко распространены также сосняки, сосново-лиственничные леса, вторичные березняки и осинники.

В Восточно-Сибирском секторе таежной зоны обширные площади заняты горными системами, в нижнем поясе которых безраздельно господствуют лиственничники. На равнинах выражены только две подзоны — северная и средняя. Для первой типичны редкостойные леса из лиственницы Каяндера, с подлеском из ерника и ольховника, с

линные и утраченные какую-либо экологическую роль. В восточноевропейскую лесостепь с севера проникли (в основном по возвышенностям) дубравы, от которых сохранились лишь редкие фрагменты. По надпойменным террасам некоторых рек встречаются сосновые леса. В целом лесистость этой зоны незначительна.

Господствующие древесные породы западносибирской лесостепи — березы повислая (*Betula pendula*) и пушистая (*B. pubescens*) и осина (*Populus tremula*). В северной части они образуют леса, нередко паркового типа, занимающие до 20–25% площади, с подростом из живолости алтайской, красной и черной смородины, ив и др. и густым травяным покровом. К югу площадь лесов сокращается до 4–5%, они приобретают характер колючих, приуроченных к западинам. По надпойменным террасам рек встречаются сосновые боры. Широко распространены низинные тростниковые, осоковые, гипновые болота в комплексе с заболоченными и засоленными лугами и солончаками.

Растительный покров степной зоны складывается преимущественно многолетними засухоустойчивыми травянистыми растениями, главным образом дерновинными злаками. Наиболее типичные представители — различные виды ковылей (род *Stipa*), типчак (*Festuca valesiaca*). В северной подзоне наряду со злаками обильно разнотравье (особенно из двудольных). В средней подзоне видовой состав степей беднее, покров более разрежен. В южной подзоне (сухой степи) господствуют дерновинные злаки, видовое разнообразие еще меньше, проективное покрытие уменьшается. В результате распашки естественная растительность степей практически исчезла. На участках, используемых под выпас скота, травостой сильно деградированный. Небольшие фрагменты степных сообществ, также в той или иной степени измененные, можно встретить лишь в заповедниках. Древесная растительность в степях Русской равнины представлена байрачными дубравами — небольшими участками леса, приуроченными к балкам и оврагам. Кроме дуба в них встречаются вяз, береза, а также кустарники, образующие и самостоятельные заросли (карагана, степная вишня, терн, бобовник). В западносибирских степях байрачных лесов нет. Самые примечательные древесные сообщества — ленточные боры Кулундинской степи с остепненным травяным покровом, кустарниками, приуроченные к древним ложбинам стока.

В горах Южно-Сибирского сектора степная растительность распространена во внутригорных котловинах и по наиболее сухим южным склонам хребтов. Наветренные (западные и северные) склоны гор покрыты темнохвойными лесами. На внутренних склонах распространены лиственничные леса, нередко паркового типа, с травяным покровом и кустарниками. В верхней части лесного пояса они обычно переходят в кедровые желеномошные леса. Граница лесного пояса достигает высоты 2000–2100 м, местами 2400 м.

Полупустынной зоне присуща разреженная растительность, состоящая из сообществ степного и пустынного типов, сочетания которых образуют пестрый (комплексный) покров. Типичные сообщества — белопольно-типчаково-ковыльные (с *Artemisia lerchiana*), пустынные полукустарничковые с черной полынью (*A. pauciflora*), прутняком (*Kochia prostrata*), ромашником (*Tanacetum achilleifolium*) и солончаковыми с сарсазаном (*Halocnemum strobilaceum*), сведой (*Suaeda*) и др.

Зона пустынь, представленная только на Прикаспийской низменности, отличается очень разреженным покровом из пустынных полукустарничков — черной полыни, би-

юргуна (*Anabasis salsa*), ежевника (*A. aphylla*) и др. На солончаках произрастают сочные солонки — сарсазан, поташник (*Kalidium caspicum*) и др. Для песчаных массивов характерны песчаная полынь (*Artemisia tschernieviana*), еррек (*Agropyron fragile*), житняк пустынный (*A. desertorum*).

Узкую причерноморскую полосу юго-западного склона Большого Кавказа можно рассматривать как переход к субтропикам или как их северную периферию. В естественном растительном покрове выражены некоторые черты субтропической растительности. На участке Новороссийск—Туапсе она ближе к средиземноморскому типу. В прошлом здесь встречались леса с пушистым дубом (*Quercus pubescens*), крымской сосной (*Pinus pallasiana*). В настоящее время преобладает культурная растительность, переходящая по склонам гор в широколиственные леса того же типа, что и на кубанском склоне Большого Кавказа. Расположенный юго-восточнее район г. Сочи относится к самой северной окраине зоны влажных предсубтропических лесов Западного Закавказья. Эта зона характеризуется богатыми по флористическому составу широколиственными лесами, с вечнозелеными кустарниками в подлеске. Встречаются реликтовые виды, среди них — тис (*Taxus baccata*). В данном районе эти леса сильно видоизменены и в основном замещены культурной и декоративной растительностью с многими экзотами.

Экологическая оценка растительного покрова многоаспектна и для нее не существует какого-либо универсального критерия или показателя. Тем не менее для общей первичной оценки важно учитывать два показателя, применимых ко всем сообществам, — биологическую продуктивность и запасы фитомассы. От их величины непосредственно зависят средообразующие и стабилизирующие функции растительности, с продуктивностью в определенной степени связано и видовое разнообразие растительного покрова.

Наивысшей продуктивностью характеризуются сообщества, произрастающие в полосе оптимального соотношения теплообеспеченности и увлажнения, — луговые степи и дубравы (рис. 24). При этом травяные сообщества эффективнее используют запасы тепла и влаги, чем леса. Ежегодная продуктивность плакорных луговых степей в среднем близка к 15 т/га в сухом весе, а в некоторых случаях достигает 25–26 т/га (Базилевич и др., 1986). Продуктивность широколиственных лесов порядка 12 т/га в год. По-видимому, им мало уступают подтаежные леса. В отдельных случаях ежегодная продукция тех и других достигает 16–17 т/га. По направлению к северным пределам тайги продуктивность фитомассы постепенно снижается до 5–4 т/га, а в северной тайге Восточной Сибири — до 3–2 т/га, в арктической тундре — до 1, в полярных пустынях — до 0,24 т/га. Как бы симметрично по отношению к полосе максимума биологическая продуктивность быстро снижается к югу и, как правило, не превышает 3–5 т/га в пустыне.

Максимальные запасы фитомассы накапливает, естественно, лесная растительность. В дубравах этот показатель (т/га) достигает 400–500, в подтаежных лесах, по некоторым данным, может быть такой же величины, в южной тайге — 300–350, в средней близок к 250, в северной — к 100–200. Впрочем, имеются данные о том, что в лиственничниках Средней Сибири запасы фитомассы могут достигать 470 т/га. Все остальные естественные сообщества сильно уступают лесам по запасам фитомассы. В лесотундре они обычно не превышают 50–70 т/га, в южной тундре колеблются в пределах 20–40, в типичной тундре — 10–20, в арктической тундре — менее 10, а в полярных пустынях — менее

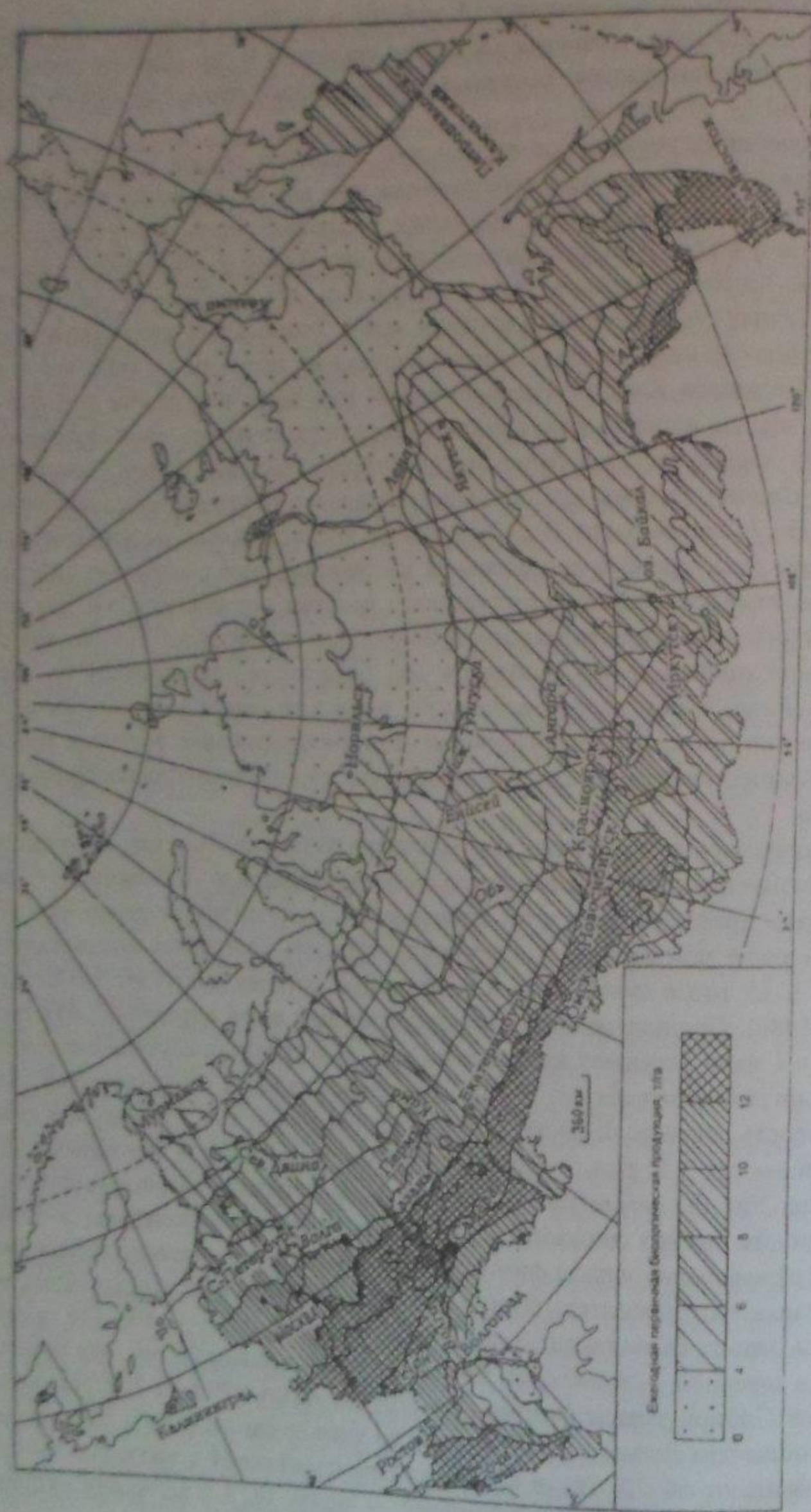


Рис. 24. Биологическая продуктивность равнинных ландшафтов по макрорегионам.

2 т/га. Запасы фитомассы луговых и типичных степей находятся в пределах 10–20 т/га, сухих степей — 5–10, полупустынь и пустынь — менее 5 т/га.

Большие единовременные запасы фитомассы определяют выдающуюся средообразующую и средозащитную роль леса в сравнении с другими растительными сообществами, о чем уже отчасти упоминалось ранее. Стабилизирующие функции тундровой растительности также весьма существенны. Растительная дернина служит теплоизолирующим слоем, затрудняющим теплообмен между мерзлым слоем почвогрунта и приземной атмосферой. Тем самым поддерживается термическое равновесие в почвогрунте и сдерживается развитие криогенных процессов. Поэтому нарушение растительного покрова в тундре является самым дестабилизирующим фактором для геосистем. Что касается степной растительности, то о ее экологических функциях можно говорить лишь условно, поскольку эта растительность практически сведена. Первый опыт оценки средообразующих и средозащитных функций различных типов растительности России (с картой) предприняли Е. А. Волкова и И. Т. Федорова (1993).

Среди многообразных функций растительного покрова непосредственное экологическое значение для человека имеет *рекреационная*. В комплексной рекреационной оценке природной среды одно из главных мест принадлежит лесу. Рекреационные качества леса определяются сочетанием многих его признаков. Специалисты придают большое значение оптимальной лесистости как одному из критериев благоприятности рекреационных условий. При этом одни авторы определяют оптимум в 20–50%, другие — в 50–70%, чаще принято считать, что истина находится где-то посередине. Абстрактность попыток установить здесь некую универсальную норму очевидна. Для степной зоны, где естественная облесенность незначительна, даже «норма» в 20% окажется нереальной. Но для таежной или подтаежной зон, где именно лес в значительной мере определяет характер и специфику рекреационных занятий, лесистость в 30–40% уже существенно снижает рекреационный потенциал ландшафта.

Для рекреационной оценки лесов важна не столько общая лесистость, сколько качество лесных рекреационных угодий, определяемое множеством показателей: типом леса (сухие, влажные, сырые; зеленомошные, лишайниковые, долгомошные, широколиственные и др.), его породным составом, возрастом, полнотой, сомкнутостью крон, проходимостью, наличием или отсутствием подлеска, ягод, грибов и т. д., а кроме всего этого — устойчивостью к рекреационной депрессии.

По породному составу обычно на первое место ставят сосновые боры, на второе — широколиственные леса, затем мелколиственные и, наконец, еловые. Для отдыха предпочтительнее высокобонитетные средне- и полновозрастные леса с пониженной сомкнутостью. С эстетической точки зрения оптимальная сомкнутость находится в пределах 0,2–0,5, но в микроклиматическом отношении более благоприятна сомкнутость 0,3–0,7, при которой обеспечивается проветривание и в то же время защита от ветра и более ровный температурный режим. Неблагоприятны для отдыха древостой сомкнутостью более 0,7, в особенности густые молодняки. Однако нередки ситуации, когда высокая рекреационная привлекательность леса (и природного комплекса в целом) оказывается в противоречии с его неустойчивостью к вытаптыванию и другим рекреационным воздействиям (такие ситуации особенно типичны для сухих сосновых боров).

Рекреационные достоинства ландшафта существенно зависят от его внутреннего разнообразия — в значительной мере за счет растительного покрова. Для рекреационного использования наиболее благоприятны ландшафты не с однородным лесным покровом, а с сочетанием различных типов лесной растительности. В ряде случаев это естественное разнообразие удачно дополняется умеренным антропогенным воздействием, создающим чередование лесных массивов с открытыми пространствами полей и лугов. Такое сочетание условий чаще всего наблюдается в южнотаежных и подтаежных дугах. Такое сочетание условий чаще всего наблюдается в южнотаежных и подтаежных дугах. Такое сочетание условий чаще всего наблюдается в южнотаежных и подтаежных дугах. Такое сочетание условий чаще всего наблюдается в южнотаежных и подтаежных дугах.

Экологические качества растительных сообществ во многом зависят от участия и обилия отдельных видов, которые могут расцениваться как полезные или вредные. Среди первых необходимо выделить *дикорастущие пищевые растения*. Распространение важнейших из них показано на рис. 25–27. Такими растениями особенно богаты лесные ландшафты. Грибы, ягоды, некоторые плодовые могут служить объектами не только организованных заготовок, но и любительского собирательства, совмещенного с загородным отдыхом. По разным данным урожайность лесных грибов, брусники, черники достигает 5–10 ц/га, клюквы — 3–5 (до 10), голубики — 3, а морошки — даже 12 ц/га. Некоторые ягодные растения, типичные для тайги и подтайги, заходят также в тундру. К ним относятся брусника, голубика, морошка, княженика, черника и клюква (2 вида), а также костяника встречаются только на западе тундровой зоны. Многие, преимущественно кустарниковые плодово-ягодные растения, имеющие более южные ареалы, распространены в тайге (некоторые лишь в ее южных районах), подтайге, широколиственных лесах и отчасти лесостепи. Это различные виды смородины (наиболее ценный вид — черная смородина), малины, шиповника, рябины, черемуха, калина, а также несколько видов земляники.

Среди ценных пищевых растений сибирской тайги надо особо отметить кедр сибирский, а также кедровый стланик (в горах Восточной Сибири и Камчатки). На юге Сибири наряду с многими из ранее названных представителей встречаются облепиха, яблоня палласова, в юго-восточном Забайкалье — абрикос сибирский.

Особым набором ценных видов выделяется южная часть Русской равнины в пределах широколиственно-лесной и лесостепной зон (включая крайний запад подтайги). Здесь встречаются лещина обыкновенная, яблоня лесная, несколько видов шиповника, ежевика, а в южной части, заходя в степную зону, — груша обыкновенная, вишня с участием ряда южных видов, отличается Северный Кавказ. Наряду с некоторыми видами, типичными для восточноевропейских широколиственных лесов (лещина, яблоня и др.), здесь встречаются кизил, алыча, груша кавказская, ирга, мушмула, облепиха, ежевика кавказская.

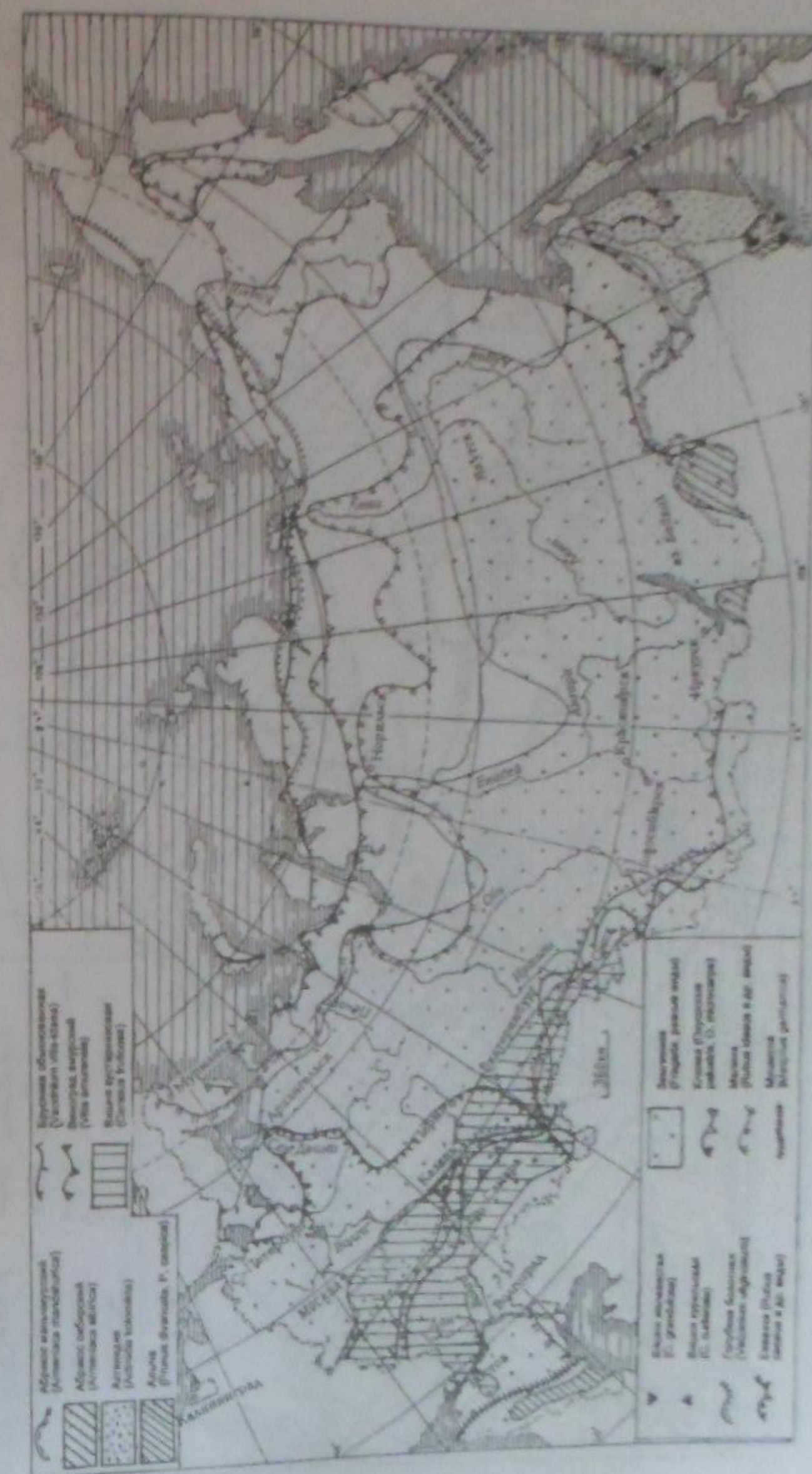


Рис. 25. Дикорастущие плодово-ягодные растения I.

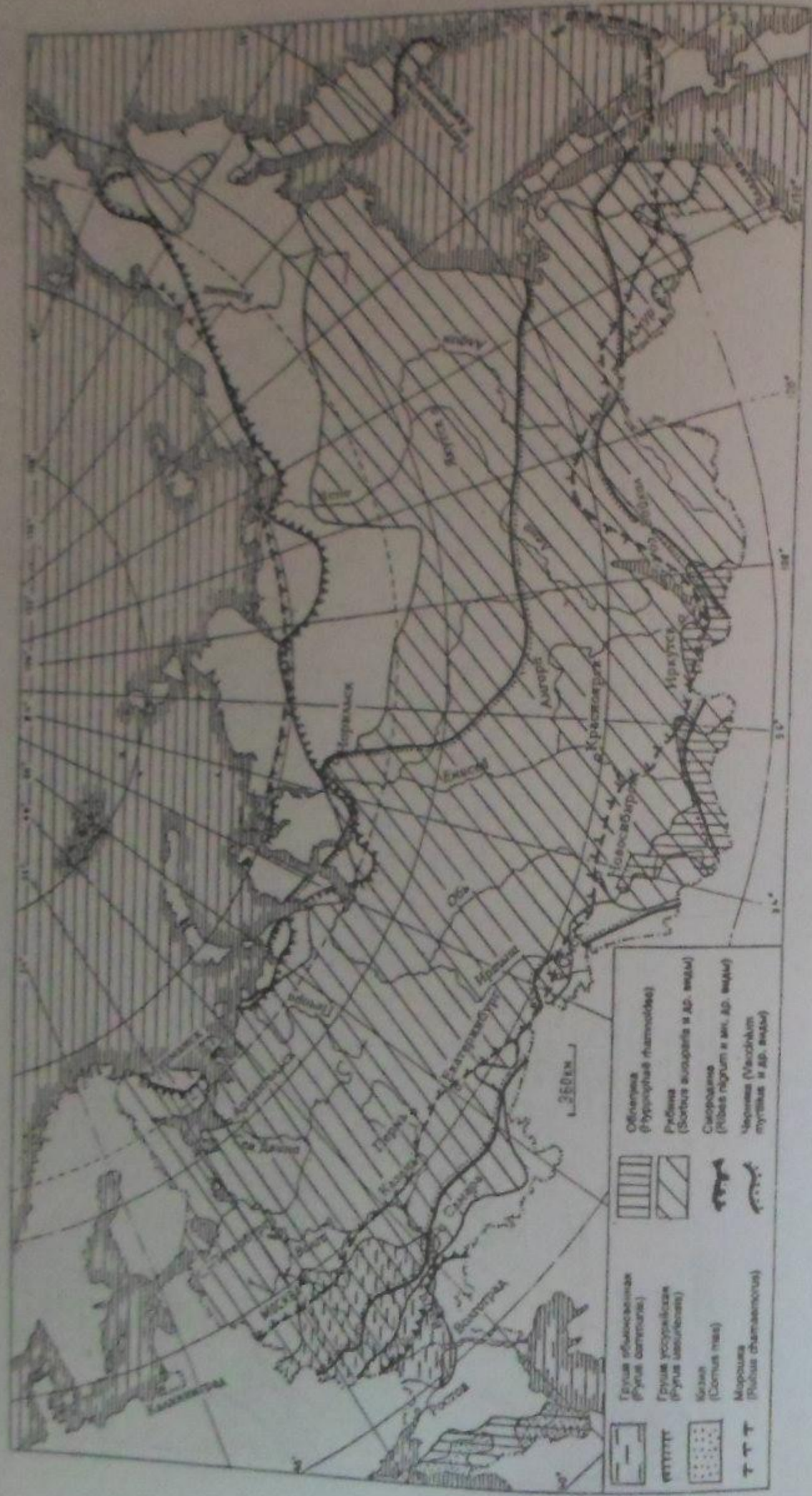


Рис. 26. Дикорастущие плодово-ягодные растения. II

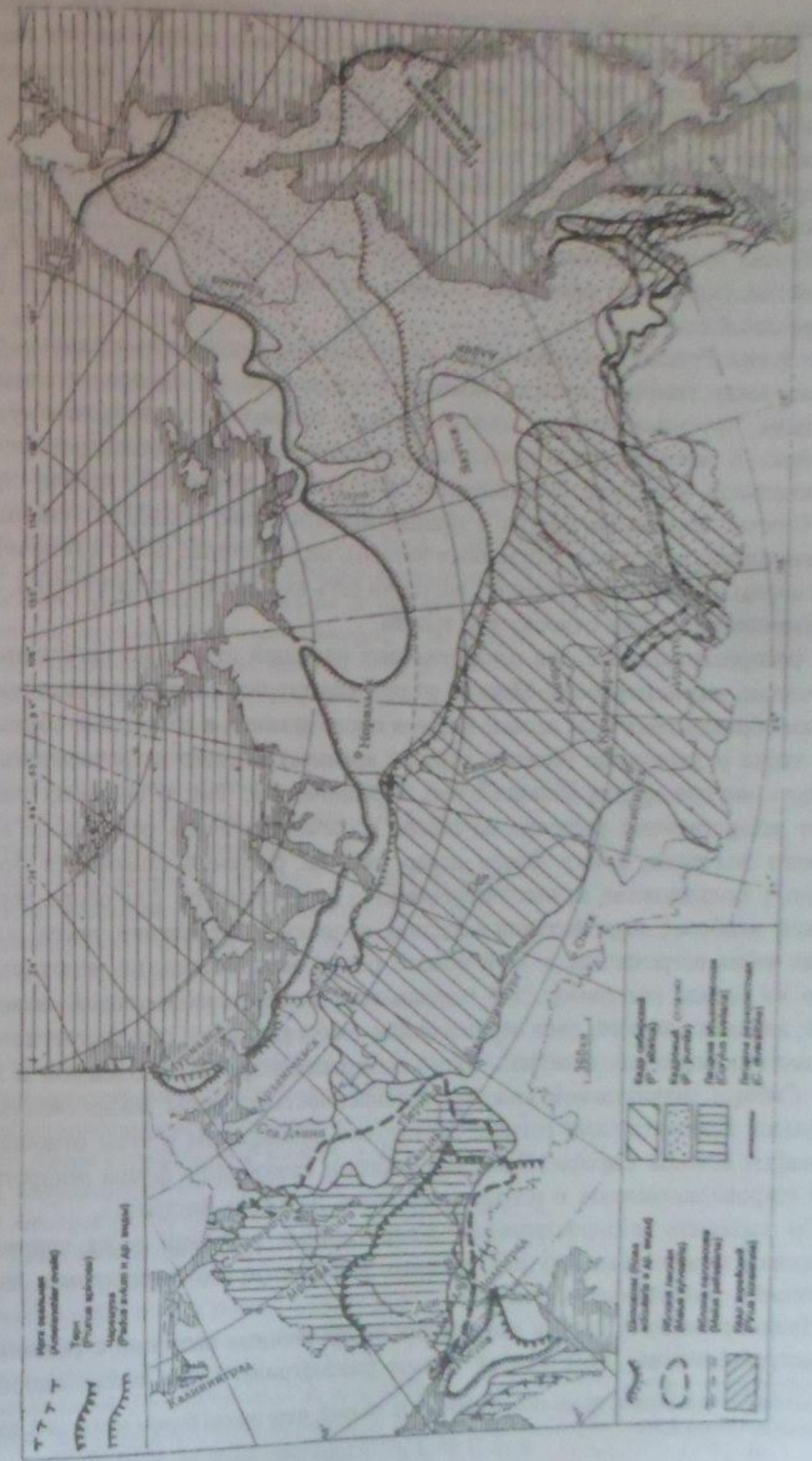


Рис. 27. Дикорастущие плодово-ягодные и орехоплодные растения

Большое своеобразие набора ценных пищевых растений присуще широколиственным и смешанным лесам Дальнего Востока. Основные представители — актинидия, лимонник китайский, виноград амурский, жимолость съедобная, вишни курильская и железистая, яблоня маньчжурская, груша уссурийская, абрикос маньчжурский, лещины разнолиственная и маньчжурская, кедр корейский.

Перечисленными выше ягодными, плодовыми и орехоплодными растениями далеко не исчерпывается перечень лесных видов, представляющих ценность в качестве пищевых. Можно лишь упомянуть о более чем 200 видах съедобных грибов, некоторых травянистых (лиственных) растениях (щавель, крапива, черемша) и о таком «даре леса», как березовый сок*.

Во флоре России известны сотни видов дикорастущих лекарственных растений. В качестве лекарственных средств используются многие из плодово-ягодных растений (актинидия, брусника, калина, малина, рябина, смородина черная, черемуха, черника, шиповник). К лекарственным растениям относятся и многие виды деревьев; в народной и официальной медицине используются дуб бархата амурского, почки, сок, деготь и уголь березы, кора дуба, цветки с прицветниками липы, соплодия («шишки») ольхи, пихтовая «лапка» (концы олиственных ветвей), верхушечные побеги («почки»), живица и хвоя сосны. Среди лекарственных растений есть кустарники, кустарнички, лишайники, но большинство из них относятся к травам.

В распространении видов лекарственных растений отчетливо прослеживаются географические закономерности. Многие из них характеризуются широкими ареалами. Это главным образом типичные лесные виды, а также луговые и некоторые сорные растения, в том числе рудеральные (белена, дурман, крапива). Однако встречаемость вида и его плотность внутри ареала обычно очень неравномерны. Так, в пределах таежной зоны многие лекарственные растения на севере встречаются очень редко и не имеют практического значения, к югу флора лекарственных растений становится богаче и, как правило, у большинства из них увеличивается встречаемость. Для сбора лекарственных растений наиболее перспективна «средняя полоса» — от южной тайги до лесостепи. Многие виды встречаются в этой полосе почти повсеместно, но некоторые известны только на западе (например, дуб черешчатый, жостер слабительный, золототысячник малый, ландыш майский, липа сердцевидная, ольха клейкая и серая), другие — в Сибири (василистник воючий, облепиха, пихта сибирская и др.). В подтаежной и лесостепной части Сибири значительной видовой насыщенностью флоры лекарственных растений выделяется Предальтайский регион, достаточно специфичны в этом отношении горные ландшафты Южной Сибири. Особенно богата и своеобразна флора лекарственных растений широколиственных и подтаежных лесов Дальнего Востока.

По характеру распространения лекарственных растений и их территориальным сочетаниям можно выделить ряд крупных районов (путем группировки ландшафтных провинций), показанных на рис. 28.

Ниже приводится список важнейших лекарственных растений с указанием районов их распространения. Этот список нельзя рассматривать как исчерпывающий, в него

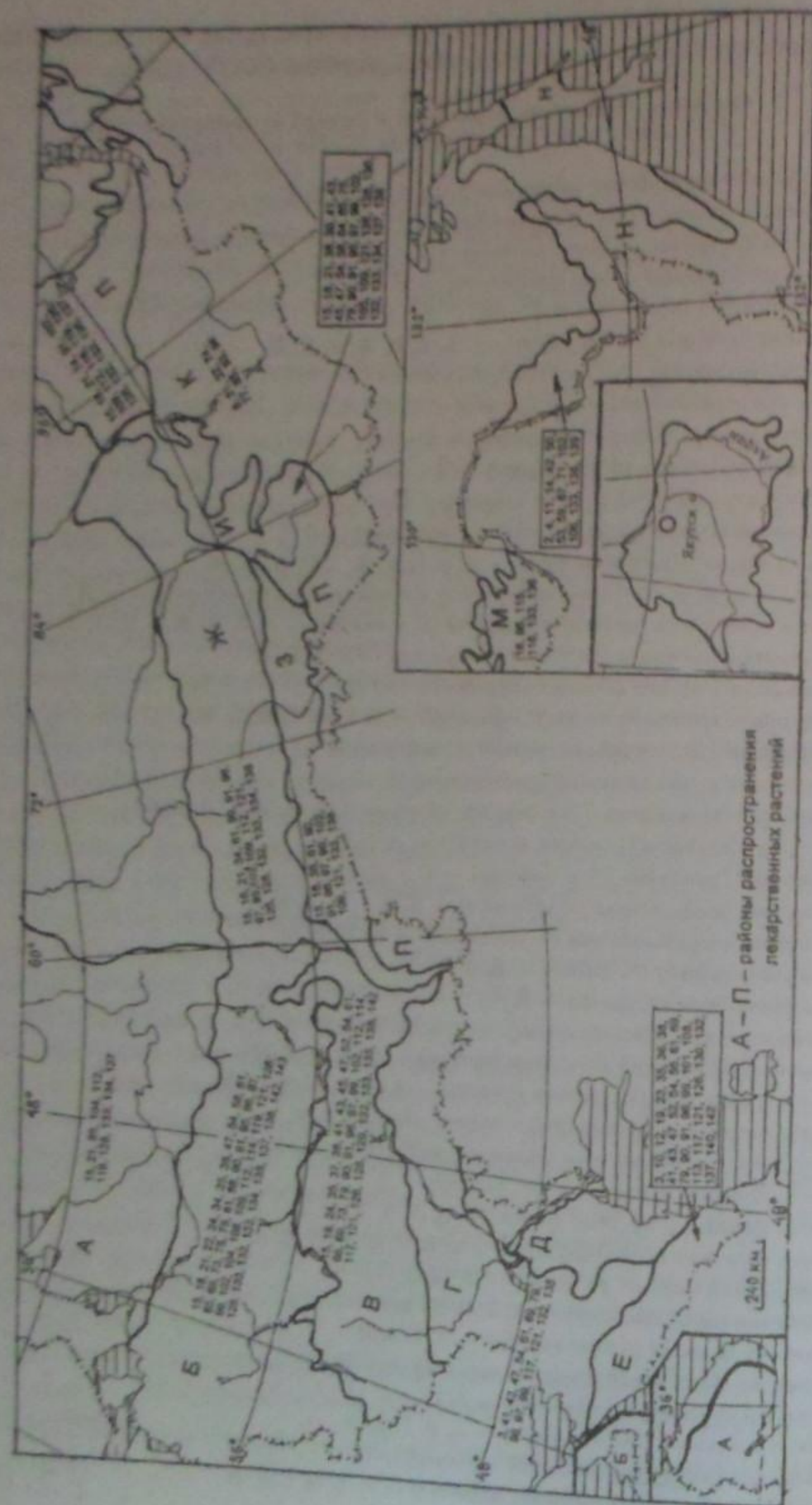
* В период сокодвижения, продолжавшийся около 10 дней, одно дерево березы может дать до 40–50 л сока с содержанием сахара 0,7%.

вошли преимущественно растения, используемые в официальной медицине и описанные в «Атласе ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР» (1976).

Основные лекарственные растения и районы их распространения
(районы обозначены заглавными буквами — см. рис. 28)

1. Аир обыкновенный (*Acorus calamus*) — Б, В, И, Л, М, Н, О
2. Актинидия коломикта (*Actinidia kolomikta*) — Н
3. Алтей лекарственный (*Althaea officinalis*) — Г, Е, И
4. Аралия маньчжурская (*Aralia mandshurica*) — Н
5. Аралия Шмидта (*Aralia schmidtii*) — Н
6. Багульник болотный (*Ledum palustre*) — А, Б, В, Ж, Л, Н, О
7. Бадаи тихоокеанский (*Bergenia pacifica*) — Н
8. Бадаи толстолиственный (*B. crassifolia*) — К
9. Барбарис амурский (*Berberis amurensis*) — Н
10. Барбарис обыкновенный (*B. vulgaris*) — Е
11. Бархат амурский (*Phellodendron amurense*) — Н
12. Безвременник великолепный (*Colchicum spectabile*) — Е
13. Белена черная (*Hyoscyamus niger*) — Б, В, Г, Е, Ж, З, И, Л, М, Н
14. Береза маньчжурская (*Betula mandshurica*) и плосколистная (*B. platyphylla*) — Н
15. Береза повислая (*B. pendula*) и пушистая (*B. pubescens*) — А, Б, В, Ж, З, И, Л, О
16. Бессмертник песчаный (*Helichrysum arenarium*) — В, Г, И, П
17. Боярышник даурский (*Crataegus dahurica*) — М, Н
18. Боярышник кроваво-красный (*C. sanguinea*) — Б, В, Ж, З, И, Л, М
19. Боярышник отогнуточашелистиковый (*C. calycosa*) — Е
20. Боярышник пятипестичный (*C. pentagyna*) — Е
21. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea*) — А, Б, Ж, И, К, Л, Н, О
22. Валерьяна волжская (*Valeriana wolgensis*) — А, Б, В, Г
23. Валерьяна Гроссгейма (*V. grossheimii*) — Е
24. Валерьяна лекарственная (*V. officinalis*) — Б, В, Г, Е, И, К
25. Валерьяна очереднолистная (*V. alternifolia*) — И, М, Н, О
26. Валерьяна русская (*V. rossica*) — В, З, И
27. Валерьяна Фори (*V. fauriei*) — Н
28. Василек синий (*Centaurea cyanus*) — А, Б, В, Ж, З, И
29. Василистник воючий (*Thalictrum foetidum*) — Е, И, К, Л, М
30. Вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*) — А, Б, В, Ж, З, И, О
31. Вдутоплодник сибирский (*Phlojodicarpus sibiricus*) — М
32. Володушка многожилчатая (*Bupleurum multinerve*) — И, К, Л
33. Гармала обыкновенная (*Peganum harmala*) — Д
34. Горец змеиный (*Polygonum bistorta*) — А, Б, В, Ж, И, К
35. Горец перечный (*P. hydropiper*) — А, Б, В, Г, Е, Ж, И, Л, М, Н
36. Горец почечуйный (*P. persicaria*) — Б, В, Е
37. Горец птичий (*P. aviculare*) — А, Б, В, Ж, З, О
38. Горичвет весенний (*Adonis vernalis*) — В, Е, З, И
39. Горичник Морисона (*Peucedanum morisonii*) — З, И, П
40. Горичник русский (*P. ruthenicum*) — Г, Е
41. Девясил весенний (*Inula helenium*) — Б, В, Г, Е, И
42. Диоскорея нипонская (*Dioscorea nipponica*) — Н
43. Донник лекарственный (*Melilotus officinalis*) — А, Б, В, Г, Е, И

Э японская!
(Т.В., 08.11.11)



44. Дуб черешчатый (*Quercus robur*) — Б, В, Е
45. Дудник лекарственный (*Angelica archangelica*) — А, Б, В, Е, И
46. Дурман обыкновенный (*Datura stramonium*) — В, Е
47. Душица обыкновенная (*Origanum vulgare*) — А, Б, В, Г, Е, И
48. Желтушник левкойный (*Erysimum cheiranthoides*) — А, Б, В, Ж, З, И, Л, М
49. Желтушник раскидистый (*E. diffusum*) — Г, И, К, О
50. Женьшень (*Panax ginseng*) — Н
51. Живокость сетчатоплодная (*Delphinium dictyocarpum*) — З, И, П
52. Жостер слабительный (*Rhamnus cathartica*) — Б, В, Е
53. Заманиха высокая (*Opiopanax elatum*) — Н
54. Зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*) — Б, В, Г, Е, Ж, И
55. Золототысячник малый (*Centaureum minus*) — Б, В, Е
56. Итод сибирский (*Polygala sibirica*) — В, И, К, Л, М, О
57. Итод тонколистный (*P. tenuifolia*) — И, Л, М, Н
58. Калина обыкновенная (*Viburnum opulus*) — А, Б, В, Е, И
59. Клопогон даурский (*Cimicifuga dahurica*) — Н
60. Коровяк обыкновенный (*Verbascum thapsus*) — Б, В, Е, Ж, И
61. Крапива двудомная (*Urtica dioica*) — А, Б, В, Г, Е, Ж, З, И, Л, О
62. Крапива узколистная (*U. angustifolia*) — Н
63. Крестовник ромбовидный (*Senecio rhombifolius*) — Е
64. Кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*) — Б, В, Ж, З, И, К, Л, М, Н, О
65. Крушина ольховидная (*Frangula alnus*) — А, Б, В, Ж, И
66. Кубышка желтая (*Nuphar lutea*) — А, Б, В, Ж, Л
67. Ламинария японская (*Laminaria japonica*) — Н
68. Ландыш Кейже (*Convallaria Keiske*) — Н
69. Ландыш майский (*C. majalis*) — Б, В, Г, Е
70. Лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta*) — А, Б, В, Ж, З
71. Лимонник китайский (*Schizandra chinensis*) — Н
72. Липа амурская (*Tilia amurensis*) и маньчжурская (*T. manshurica*) — Н
73. Липа сердцевидная (*T. cordata*) — Б, В
74. Лиственница сибирская (*Larix sibirica*) — К, Л
- 74а. Лиственница даурская (*L. gmelini*) — О
75. Малина обыкновенная (*Rubus idaeus*) — А, Б, В, Е, Ж, И
76. Малина сахалинская (*R. sachalinensis*) — Л, Н, О
77. Маралий корень (*Rhaponticum carthamoides*) — К
78. Марена красная грузинская (*Rubia tinctorum*) — Е

Рис. 28. Основные районы распространения лекарственных растений.

А — Восточно-Европейский северо- и среднеазиатский; Б — Восточно-Европейский южнотяжелый и подтаежный; В — Восточно-Европейский широколиственно-лесной и лесостепной; Г — Восточно-Европейский широколиственно-лесной и степной; Д — Восточно-Европейский полупустынный и пустынный; Е — Северо-Кавказский; Ж — Западно-Сибирский южнотяжелый и подтаежный; З — Западно-Сибирский лесостепной; И — Предальпийский; М — Восточно-Забайкальский степной; Н — Дальневосточный широколиственно-лесной и подтаежный; О — Центрально-Якутский среднеазиатский; П — Западно-Сибирский степной.

Цифрами в рамках обозначены виды лекарственных растений, имеющие наибольшее промышленное значение.

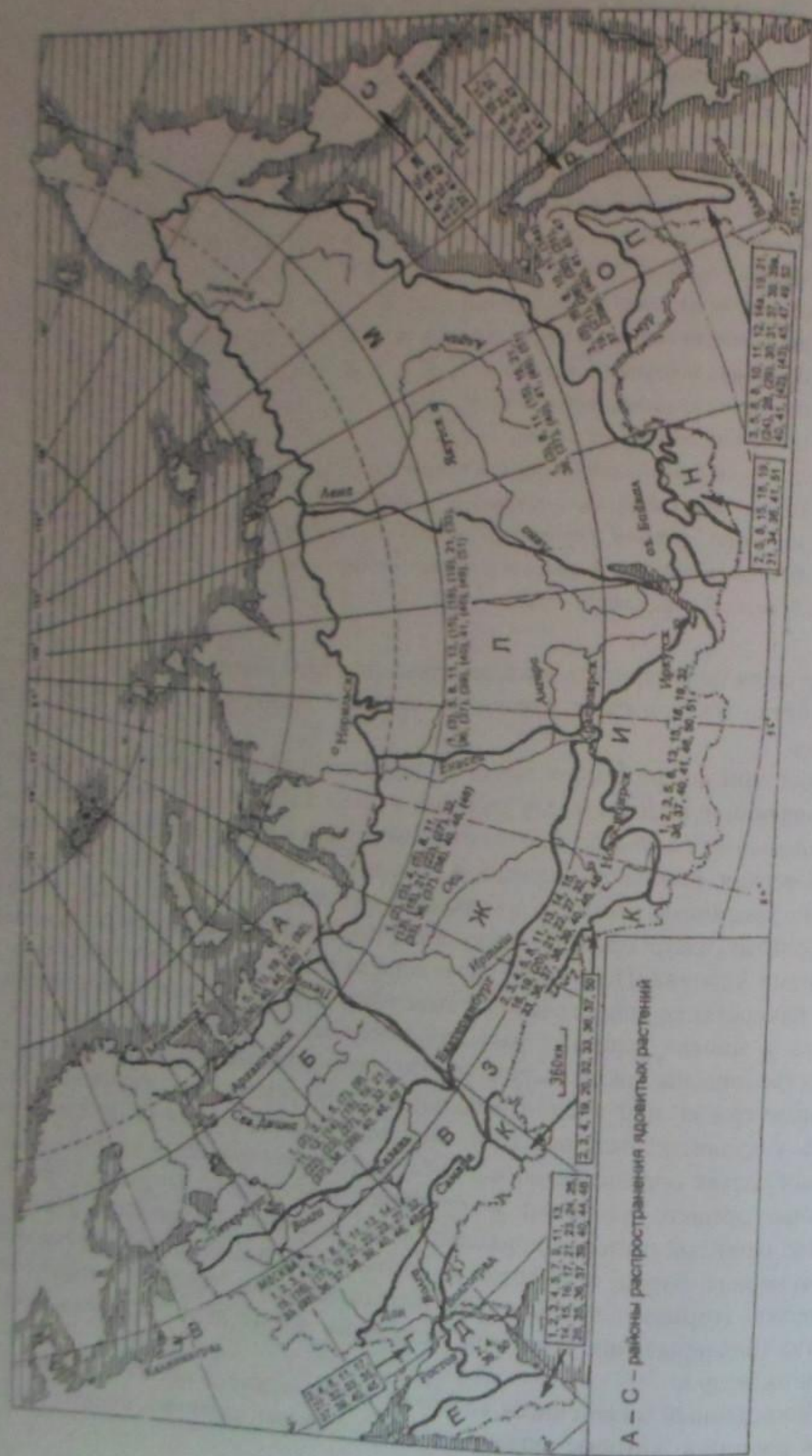
79. Мать-и-мачеха обыкновенная (*Thymus fistula*) — А, Б, В, Г, Е, Ж, И
 80. Мята желтая (*Thymus fistula*) — Е
 81. Молочай обыкновенный (*Asclepias syriaca*) — Б, Ж, Л, О
 82. Мордовник обыкновенный (*Echium vulgare*) — В, Г, Д, З, И
 83. Мордовник шароголовый (*E. arvense*) — В, Г
 84. Наперстянка расчлененная (*Digitalis purpurea*) — Е
 85. Облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides*) — Е, К
 86. Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*) — А, Б, В, Ж, З, И, К, Л, М
 87. Одуванчик обыкновенный (*Taraxacum officinale*) — Б, В
 88. Одуванчик обыкновенный (*Taraxacum officinale*) — А, Б
 89. Одуванчик обыкновенный (*Taraxacum officinale*) — Е
 90. Пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris*) — А, Б, В, Г, Е, Ж, З, И, Л
 91. Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*) — А, Б, В, Г, Е, Ж, З, И, Л, О
 92. Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*) — А, Ж, И, К, Л
 93. Пиретрум розовый (*Pyrrethrum roseum*) — Е
 94. Пихта сибирская (*Abies sibirica*) — Б, Ж, И, К, Л
 95. Пилеум булавовидный (*Lycopodium clavatum*) — А, Б, Ж, Л, Н
 96. Подорожник большой (*Plantago major*) — А, Б, В, Г, Е, Ж, З, Л, М, О, П
 97. Полынь горькая (*Artemisia absinthium*) — Б, В, Г, Ж, З, И, П
 98. Полынь тырическая (*A. tatarica*) — Д
 99. Пустырник сердечный (*Leonurus cardiaca*) — Б, В, Г, Е, Ж, З, И
 100. Родiola розовая (*Rhodiola rosea*) — К, О
 101. Ромашка аптечная (*Matricaria inodora*) — Б, В, Г, Е, И
 102. Ромашка белая (*M. discolor*) — А, Б, В, Г, Ж, З, И, Л, Н
 103. Рябина амурская (*Sorbus amurensis*) — И
 104. Рябина обыкновенная (*S. aucuparia*) — А, Б, Е
 105. Рябина сибирская (*S. sibirica*) — Ж, И, Л, О
 106. Свободноплодный калачик (*Eleutherococcus senticosus*) — И
 107. Сныть голубая (*Polygonum coersileum*) — А, Б, В, Ж, И, Л, О
 108. Скололих каринтийская (*Scorolich carinthia*) — Е
 109. Смородина черная (*Ribes nigrum*) — А, Б, В, Ж, З, И, Л, М, О
 110. Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra*) — Г, Д
 111. Солодка уральская (*G. uralensis*) — З, И, П
 112. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) — А, Б, В, Ж, И, Л
 113. Стальник полевой (*Ononis arvensis*) — В, Г, Е
 114. Сушеница топяная (*Cynophalum uliginosum*) — А, Б, В, Г, Ж, Л
 115. Тарнопис ланцетовидный (*Thermopsis lanceolata*) — И, К, М
 116. Тимьян ползучий (*Thymus serpyllum*) — А, Б, И, К, Л, М
 117. Тимьян Маршалла (*T. marschallianum*) — В, Г, Е, З, И, П
 118. Тысячелистник обыкновенный (*Carum carvi*) — Б, В, Е, Ж, З, И, Л
 119. Тысячелистник обыкновенный (*Arctostaphylos uva-ursi*) — А, Б, Ж, Л, О
 120. Тысячелистник азиатский (*Achillea asiatica*) — М, Н
 121. Тысячелистник обыкновенный (*A. millefolium*) — А, Б, В, Г, Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н, О
 122. Тысячелистник щетинистый (*A. setacea*) — В, Г, Е, И
 123. Умек (разные виды) (*Urtica*) — А, Б, В, Ж, И, Л, О
 124. Фиалка полевая (*Viola arvensis*) — А, Б, В, Е
 125. Фиалка трехцветная (*V. tricolor*) — А, Б, В
 126. Хвощ полевой (*Equisetum arvense*) — А, Б, В, Г, Е, Ж, З, И, Л, М, Н, О

127. Цетрария исландская (*Cetraria islandica*) — А, Б, В, Ж, И, К, Л
 128. Чага (*Inonotus obliquus*) — А, Б, В, Ж, З, Л
 129. Чемерица дуурская (*Veratrum dahuicum*) — И
 130. Чемерица Лобеля (*V. lobelianum*) — А, Б, В, Е, Ж, И, К, Л
 131. Черемуха остролодная (*V. oxycarpum*) — И
 132. Черда трехраздельная (*Bidens tripartita*) — Б, В, Г, Е, Ж, З, И, Л, Н
 133. Черемуха обыкновенная (*Rodus avium*) — А, Б, В, Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н, О
 134. Черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*) — А, Б, Е, Ж, И, Л, О
 135. Чистотел большой (*Chelidonium majus*) — Б, В, Г, Ж, И, Л, Н
 136. Шиповник дуурский (*Rosa davurica*) — М, Н
 137. Шиповник иглистый (*R. acicularis*) — А, Б, Е, Ж, И, Л, М, Н, О
 138. Шиповник майский (*R. majalis*) — А, Б, В, Г, Ж, З, И, Н
 139. Шиповник морщинистый (*R. rugosa*) — И
 140. Шиповник собачий (*R. canina*) — Е
 141. Шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis*) — М
 142. Щавель конский (*Rumex crispus*) — Б, В, Е, Ж
 143. Щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*) — Б, В, Е, И
 144. Щитовник толстокорневищный (*D. crassirhizoma*) — И
 145. Яснотка белая (*Lamium album*) — А, Б, Ж, И, Л

Растущая популярность лекарственных растений может привести к их истреблению. Большинство их подлежит охране, и массовый неорганизованный сбор должен быть исключен.

В богатой флоре России наряду с полезными растениями встречаются и вредные, представляющие опасность для здоровья и даже для жизни человека. Известны десятки видов ядовитых растений. Ядовитыми могут быть и некоторые лекарственные растения (белена черная, пижма обыкновенная, чемерица и др.). Многие растительные алкалоиды и другие токсичные вещества в определенных дозах используются как лечебные средства. Поэтому часто граница между ядовитыми и лекарственными (и даже пищевыми) растениями условна. Например, такие широко известные лекарственные виды, как ландыш и наперстянка, или съедобный щавель могут оказаться ядовитыми. Ядовитые части имеются у многих пищевых растений (например, у картофеля и вишни); в большом количестве опасны цветы черемухи. Но даже явно ядовитые растения, в том числе некоторые грибы, при умелом использовании не опасны для здоровья. В большинстве случаев у ядовитых растений токсичные вещества содержатся в той или иной степени в разных частях организма, но могут быть сконцентрированы в опасных количествах в отдельных органах (например, в корневищах у вежа ядовитого, борца, чемерицы). Некоторые ядовитые растения поражают преимущественно центральную нервную систему (белена черная, борец, веж ядовитый, вороний глаз, дурман и др.), другие — сердечно-сосудистую (горичвет весенний, желтушник, чемерица, эфедра), третьи — пищеварительную (белокрыльник болотный, ветреница, волчье лыко, копытень, лютик едкий, щитовник и др.).

Приведенный ниже список содержит только названия высших растений, в него не вошли растения, которые можно отнести к условно ядовитым (например, багульник, кислица, щавель).



Важнейшие ядовитые растения

1. Баранец обыкновенный (*Hyperzia selago*)
2. Белена черная (*Hyoscyamus niger*)
3. Белокрыльник болотный (*Calla palustris*)
4. Болыголов пятнистый (*Conium maculatum*)
5. Борец высокий (*Aconitum septentrionale*) и др. виды
6. Ветреница амурская (*Anemonoides amurensis*)
7. Ветреница белая (*A. nemorosa*)
8. Ветреница вильчатая (*Anemonidium dichotomum*)
9. Ветреница лютичная (*Anemonoides ranunculoides*)
10. Ветреница удская (*A. udensis*)
11. Вех ядовитый (*Cicuta virosa*)
12. Волчегодник камчатский (*Daphne kamschatica*)
13. Волчье лыко (*D. mezereum*)
14. Воронец колосовидный (*Actaea spicata*)
- 14а. Воронец красноплодный (*A. eritrocarpa*)
15. Вороний глаз (*Paris quadrifolia*)
16. Горичвет весенний (*Adonis vernalis*)
17. Дурман обыкновенный (*Datura stramonium*)
18. Желтушник алтайский (*Erysimum flavum*)
19. Желтушник ястребинолистный (*E. hieracifolium*)
20. Живокость сетчатоплодная (*Delphinium dictyocarpum*)
21. Калужница болотная (*Caltha palustris*)
22. Кокорыш (собачья петрушка) (*Achillea cynarum*)
23. Кошачья европейская (*Azaron europaeum*)
24. Кошачья Зибольда (*A. sieboldi*)
25. Красавка (*Atropa bella-donna*)
26. Крестовник ромбовидный (*Adenostyles rhombifolius*)
27. Куколь обыкновенный (*Agrostemma githago*)
28. Ломонос бурый (*Clematis fusca*)
29. Ломонос короткохвостый (*C. brevicaudata*)
30. Ломонос маньчжурский (*C. manchurica*)
31. Ломонос шестилепестковый (*C. hexapetala*)
32. Лютик едкий (*Ranunculus acris*)
33. Молочай прутьевидный (*Euphorbia waldsteinii*)

Рис. 29. Районы распространения ядовитых растений.

А — Восточно-Европейский тундровый и лесотундровый; Б — Восточно-Европейский таежный; В — Восточно-Европейский подтаежно-лесостепной; Г — Восточно-Европейский степной; Д — Восточно-Европейский полупустынный и пустынный; Е — Северо-Кавказский; Ж — Западно-Сибирский таежный; З — Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной; И — Алтайско-Саянский; К — Западно-Сибирский степной; Л — Среднесибирский таежно-подтаежный; М — Восточно-Сибирский таежный; Н — Восточно-Сибирский степной; О — Дальневосточный таежный; П — Дальневосточный подтаежно-широколиственно-лесной; Р — Сахалинский; С — Камчатский.

Цифрами обозначены виды ядовитых растений (см. список); в скобках — виды, встречающиеся на северной периферии соответствующего района.

34. Молочай Фитнера (Пальма) (*E. fitchiana*)
35. Мордовник шароголовый (*Echinops sphaerocephalus*)
36. Мятах белотычяй (*Pedicularis palustris*)
37. Орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*)
38. Паслен сладко-горький (*Solanum dulcamara*)
39. Паслен черный (*S. nigrum*)
- 39a. Паслен беловолосый (*S. depuratum*)
40. Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*)
41. Пижма северная (*T. boreale*)
42. Сивилокарпус вонючий (*Symplocarpus foetidus*)
43. Софора желтоватая (*Sophora flavescens*)
44. Софора лиловоцветная (*S. alopurpureoides*)
45. Чемерица джурская (*Veratrum dahuricum*)
46. Чемерица Лобели (*V. labeleanum*)
47. Чемерица острокопая (*V. oxycarpum*)
48. Щитовник игольчатый (*Dryopteris carthusiana*)
49. Щитовник Буша (*D. buxiana*)
50. Эфедра двуколосковая (*Ephedra distachya*)
51. Эфедра односемянная (*E. monosperma*)
52. Яснень душистокопая (*Dictamnus dasycarpus*)

Несколько слов следует сказать о ядовитых грибах. Самые опасные, смертельно ядовитые грибы — поганки бледная (*Amanita falloides*) и белая, или мухомор вонючий (*A. virosa*). Первая распространена преимущественно в восточноевропейских широколиственных и подтаежных лесах. Вторая типична для северных лесов, как и другие ядовитые мухоморы — красный (*A. muscaria*), пантерный (*A. pantherina*), порфиновый, или серый (*A. porphyria*), поганковидный (*A. mappa*). Относительно ядовитости некоторых грибов данные противоречивы. Виды грибов, традиционно считающиеся ядовитыми, в действительности могут быть просто несъедобными (например, желчный гриб). У других грибов токсичные вещества разрушаются при обработке. Третьи в одних условиях не содержат токсинов и употребляются в пищу, но в иных регионах иногда вызывают отравления. Так, ложноопенок кирпично-красный у нас считается ядовитым, но в Западной Европе и Северной Америке употребляется в пищу. Возможно, в подобных случаях речь идет о разных географических расах одного вида. Другой вид того же рода — ложноопенок серно-желтый — считается безусловно ядовитым. Из широко распространенных грибов строчок обыкновенный и свинушка тонкая относятся к «условно съедобным», но при сборе грибов их лучше избегать.

В размещении ядовитых растений наблюдаются географические закономерности, аналогичные тем, которые были отмечены для лекарственных видов. Большинство из них отличаются широким распространением, но отдельным регионам присуща своя специфика в составе и встречаемости представителей этой группы растений. В целом число видов и их встречаемость увеличиваются с севера на юг, достигая максимума в той же «средней полосе», при этом нередко токсичность одного и того же вида возрастает. На рис. 29 показаны районы распространения ядовитых растений, выделенные путем группировки ландшафтных провинций по сходству в наборе основных видов.

1.6. Животный мир и его экологическое значение.

Природно-очаговые болезни

Фауна диких животных представляет существенный интерес с экологической точки зрения. На ранних стадиях развития человечества животное население ландшафта играло роль важнейшего прямого фактора жизнеобеспечения людей, основного источника продуктов питания, материалов для одежды и жилища. К настоящему времени дикие животные почти утратили эти функции, хотя многие виды остаются объектом промысловой охоты (а также, к сожалению, браконьерства). Определенное экологическое значение промысловых животных можно усматривать в том, что они служат объектами спортивной охоты и рыбной ловли, составляя основу для развития специфических видов рекреационных занятий.

Однако в современную эпоху актуальной становится оценка оборотной, негативной, стороны экологических функций животного мира. Так, большинство диких млекопитающих, некоторые птицы и рыбы имеют эпидемиологическое значение, являясь прокормителями и резервуарами возбудителей природно-очаговых болезней (ПОБ) — зооантропонозов. Основными переносчиками возбудителей таких заболеваний служат некоторые членистоногие, преимущественно клещи. Среди членистоногих известны кровососущие насекомые, представляющие существенный фактор экологического дискомфорта в ландшафтах различных зон. Среди разных систематических групп животных известны ядовитые виды. В определенных ситуациях нельзя исключить прямую угрозу жизни человека, возникающую от столкновения с опасными хищниками.

Заболеваемость многими инфекционными и паразитарными болезнями, которые вызываются живыми возбудителями, обусловлена сложными природными механизмами, зависящими от характера ландшафта. Некоторые инфекции и инвазии — антропонозы — присущи только человеку, и их возбудители передаются от одного человека к другому без дополнительных или промежуточных хозяев — через пищевой тракт, дыхательные пути, кожу (например, бактериальная дизентерия и другие кишечные инфекции, грипп, скарлатина, дифтерия), либо через переносчиков (сыпной тиф), реже возбудители проходят часть жизненного цикла в организме животных, преимущественно домашних и диких млекопитающих (например, тениоз, тениаринхоз) или членистоногих (малярия). Подобные болезни, как правило, лишь косвенно связаны с природными условиями и часто не обнаруживают четкой приуроченности к определенным ландшафтам, хотя климат влияет на развитие гриппа и других воздушно-капельных инфекций, от характера почвы и интенсивности солнечной радиации зависит выживаемость возбудителя столбняка, яиц геогельминтов и т. д. Таким образом, у ряда антропонозов в той или иной мере проявляются географические закономерности и определенная очаговость.

Зооантропонозы — болезни, общие для человека и животных. Их источником могут служить как домашние, так и дикие животные. В первом случае (сельскохозяйственные служки, или зооантропонозы) связь с ландшафтом имеет косвенный характер — через формы хозяйства (животноводство) и быта, природные закономерности выражены более или менее слабо, но в ряде случаев прослеживается связь с природными очагами и формируются вторичные — антропоургические — очаги.

Нозоформы, связанные с дикими животными — резервуарами, прокормителями и переносчиками возбудителей, более строго приурочены к определенным геосистемам, и для них типична природная очаговость. По этиологии они делятся на вирусные инфекции, риккетсиозы, бактериальные и протозойные инфекции и гельминтозы.

Существует несколько способов передачи природно-очаговых инфекций и инвазий. Наиболее характерен трансмиссивный (кровяной) путь, при котором переносчиками служат кровососущие членистоногие — клещи, москиты, комары, блохи. Передача инфекций и инвазий алиментарным путем (через пищевой тракт) типична для антропонозов и некоторых зооантропонозов, в частности гельминтозов, связанных с употреблением рыбы, и инфекций, возбудители которых попадают в организм человека при обработке шкур животных, контакте с объектами, загрязненными выделениями грызунов, и т. д. Капельно-воздушный (аспирационный) способ инфицирования более типичен для антропонозов. Наконец, при контактно-способе заражение происходит через поврежденные наружные покровы, например при укусах, травматизме, купании и т. п. Возбудители некоторых болезней — факультативно-трансмиссивных — могут попадать в организм человека также алиментарным или аспирационным путем.

Для оценки потенциальной опасности заражения природно-очаговыми инфекционными и паразитарными болезнями важно знать механизм циркуляции возбудителя в геосистеме и экологию всех «участников» этого механизма — самого возбудителя, его промежуточных, дополнительных, окончательных хозяев, переносчиков. Это предполагает изучение среды, т. е. местообитаний «участников». При большой экологической пластичности возбудителя (например, у лептоспир, листерий, лентеца широкого) формируются обширные нозоареалы, охватывающие несколько ландшафтных зон. Для других нозоформ типична более строгая приуроченность к определенным зонам, а нередко — к провинциям и ландшафтам. В конечном счете формирование очагов связано с региональными и локальными геосистемами определенных типов. Даже в случае очень широких нозоареалов очаги имеют более или менее строгую ландшафтную приуроченность. Так, для туляремии наиболее типичны пойменные и болотно-озерные очаги, где имеются благоприятные местообитания для основного носителя — водяной крысы, и переносчиков — кровососущих насекомых.

Формирование и распространение природных очагов зооантропонозов и степень их потенциальной опасности для человека зависят от многих причин. Первая группа причин — наличие и численность (плотность) животных-хозяев и переносчиков возбудителя, а нередко также условий вызывания последнего в абиотической (почвенной, водной) среде. В конечном счете размещение и активность природных очагов подчинены региональным и локальным (внутриландшафтным) закономерностям. Однако развитие природных очагов может существенно усложниться под влиянием хозяйственной деятельности. Так, расширению природных очагов клещевого энцефалита способствуют вырубка и захламливание лесов, выпас скота на лесных пастбищах; создание водохранилищ и загрязнение водоемов способствуют распространению дифиллоботриоза, описторхоза, лептоспироза и т. д. Сельскохозяйственное освоение территории, в особенности развитие животноводства, ведет к размыванию границ природных очагов и в ряде случаев к превращению их в антропоургические или смешанные, где основными хозяевами возбудителей становятся домашние животные. Некоторые первоначально природно-очаговые

болезни (например, бруцеллез, сибирская язва, отчасти Ку-лихорадка) по существу стали профессиональными, и их ландшафтная приуроченность не выражена или выражена очень слабо.

Что касается реального риска заражения ПООБ, то он определяется не только наличием отмеченных выше природных предпосылок, но и социально-экономическими факторами: характером освоения территории, санитарно-гигиеническими условиями, особенностями быта и рациона местного и пришлого населения и др., от которых зависят вероятность и частота контактов людей с источниками инфекций и инвазий. К «группе риска» традиционно относились, в частности, представители народов, привыкших употреблять в пищу сырую или слабосоленную рыбу, охотники, промышлявшие ондатру, водяную крысу, скотоводы (в том числе оленеводы, заготовители сена и др.). Однако в последние десятилетия, в связи с бурным развитием урбанизации, усилилась «тяга в природу» горожан, стали массовыми загородные рекреационные занятия, появились коллективные садоводства. Сфера контактов с природными очагами зооантропонозов расширилась также благодаря освоению месторождений нефти и газа на севере Западной Сибири и других полезных ископаемых в различных районах. В 90-е годы наблюдается тенденция к увеличению заболеваемости ПООБ вследствие экономического кризиса и резкого снижения уровня жизни населения.

Таким образом, следует различать потенциальную опасность заболеваний, определяемую природными предпосылками, и реальную заболеваемость, фиксируемую медицинской статистикой. Последняя, очевидно, не может служить достаточным критерием для медико-географической оценки ландшафта — хотя бы уже потому, что не учитывает территории потенциально опасные, но еще незаселенные; кроме того, содержащаяся в ней информация обобщена не по ландшафтно-географическим, а по административно-территориальным подразделениям.

Как уже отмечалось, среди ПООБ человека особо выделяется группа трансмиссивных инфекций. К наиболее распространенным из них относится *клещевой весенне-летний энцефалит* (КЭ)* — опасное вирусное заболевание головного мозга. В 1970–1986 гг. средняя годовая заболеваемость этой инфекцией по России составила 1,23, а максимальная — 2,16 на 100 тыс. жителей, обнаруживая тенденцию к увеличению (Поспелов, 1987). Однако в пределах страны эти показатели распределяются крайне неравномерно. Наиболее высокая заболеваемость отмечается в предгорных лесных регионах на юго-востоке Западной Сибири (где она местами достигает 100–300 на 100 тыс.), на западных склонах Сихотэ-Алиня, в Среднем Предуралье. В Европейской России наиболее высокая заболеваемость за 1970–1986 гг. зарегистрирована в Удмуртии (средняя около 11, максимальная 23,3 на 100 тыс.) и Пермской области (около 10 и 18,1 соответственно); в Башкирии, Карелии, Вологодской, Костромской, Свердловской, Челябинской областях максимальный годовой показатель за тот же период составил 4–5. Следует подчеркнуть, что сведения по административному делению не могут дать достаточно точного представления о географических закономерностях и подчас скрывают существенные региональные контрасты. Так, в Карелии все случаи заболевания КЭ относятся к южной, среднетасежной, половине республики, причем их распределение по административным

* При названиях описываемых нозоформ в скобках указаны их индексы (КЭ, Кр и т. д.), которые используются далее в тексте.

районам варьирует от 1 до 27 на 100 тыс. В Субарктике, северной тайге, а также в степной зоне поражение людей этой инфекцией не наблюдалось.

Отмеченная контрастность в территориальном распределении Кэ имеет в своей основе вполне определенную ландшафтную обусловленность. Источниками вируса служат искодовые клещи (главным образом *Ixodes persulcatus*, в Европейской России также *I. ricinus*, на Дальнем Востоке — *Haemaphysalis concinna* и *H. japonica douglasi*). Паразитируя на грызунах и других животных (по одним данным 130 видов, по другим — более 200), клещи включают их в циркуляцию вируса. Основными прокормителями клещей являются преимущественно лесные мышевидные грызуны — полевки рыжая, темная, монотика, мыши лесная, желтогорлая, а также бурозубки, белка, заяц-беляк, еж и, кроме того, домашние животные.

Пределы распространения Кэ практически определяются границами ареала клещей — переносчиков вируса, а степень риска заболеваемости — плотностью населения клещей. Наиболее благоприятные условия для формирования природных очагов Кэ существуют в подтайге, южной тайге, в частности в мелколиственных лесах, рыхлая подстилка которых служит оптимальным биотопом для клещей. Распространению клещей и их прокормителей способствуют густой подлесок, развитый травостой, порубочные остатки на вырубках. Болота, слишком влажные и сухие леса, а также распаханная площадь неблагоприятны для клещей, поэтому очаги Кэ распространены большей частью мозаично. Северная полоса средней тайги, северная тайга и Субарктика, расположенные за пределами северной границы *Ixodes persulcatus*, практически безопасны в отношении Кэ. В степной зоне очаги Кэ также отсутствуют.

Согласно материалам по Западной Сибири, наиболее опасны по Кэ ландшафты черневой тайги, где возможна заболеваемость более 100 на 100 тыс., в подтайге этот показатель снижается до 50–100, на севере лесостепи — до 10–50, на юге лесостепи — до 1–10, а в степи Кэ практически отсутствует (Маликов и др., 1970).

Японский (осенний) энцефалит (Кя) — также вирусное заболевание, ареал которого расположен в Юго-Восточной Азии, у нас известно только на крайнем юге Приморского края, в районе залива Петра Великого. Основными резервуарами возбудителя служат многие птицы, а переносчиками — комары из родов *Culex* и *Aedes* (6 видов). Природные очаги связаны с болотными и заболоченными луговыми, травяно-кустарниковыми и лесными местообитаниями и с близостью водоемов.

Клещевой риккетсиоз Северной Азии (Кр) (клещевой сыпной тиф Северной Азии) — инфекционное заболевание в форме лихорадки, возбудитель — бактерии из группы риккетсий. Распространен в южных лесных, лесостепных и степных районах Сибири и Дальнего Востока. Значительная заболеваемость (средняя многолетняя 6,7 на 100 тыс.) отмечена в Алтайском крае (Рудаков и др., 1989), а также на юге Красноярского края. Основными резервуарами и переносчиками возбудителя служат клещи из родов *Dermacentor* и *Haemaphysalis*, а их прокормителями (в стадии личинок и нимф) — мелкие млекопитающие: суслики, полевки, полевая мышь, бурундук, хомяк и др. Наиболее активные очаги Кр существуют в горно-степных ландшафтах Алтая (основной переносчик — *D. nuttali*), а также в северной лесостепи (*H. concinna*, меньше — *D. silvarum*, *D. pictus*), для равнинно-степных очагов характерен *D. marginatus*, меньше — *D. pictus*. В степной части Забайкалья известны мозаичные очаги Кр, приуроченные в основном

к лугово-болотным долинам и предгорьям. На юге Дальнего Востока (Уссурийская ландшафтная провинция) известны мозаичные очаги Кр, приуроченные к приотерным и долинным луговым и лесокустарниковым местообитаниям; основные переносчики — *H. concinna*, *D. silvarum*, отчасти *H. japonica douglasi*, главные прокормители — полевки большая (дальневосточная), красно-серая, полевая мышь, бурундук, крысовидный хомячок, а также домашние животные (Природно-очаговые болезни в Приморском крае, 1975). Темнохвойные леса практически безопасны в отношении Кр.

Для крайнего юга Дальнего Востока известно еще одно природно-очаговое трансмиссивное заболевание, вызываемое риккетсиями, — *лихорадка тсутсугамуши* (Тс) (японская речная лихорадка). Ее очаги встречаются на Уссурийской низменности, юге Сахалина и на о. Шикотан. Резервуары — грызуны (главным образом полевая мышь и большая полевка), насекомоядные, по-видимому, пятнистый олень и крупный рогатый скот, переносчики — клещи.

Некоторые природно-очаговые инфекции могут передаваться человеку как трансмиссивным, так и другими путями. К ним относится, в частности, *Ку-риккетсиоз*, или *Ку-лихорадка* (Ку), — острая инфекция, вызываемая риккетсиями Бернета (*Coxiella burnetii*) и поражающая главным образом легкие. Ку-лихорадка характеризуется широким распространением из-за устойчивости возбудителя и его высокой адаптируемости к внешним условиям. Наибольшая заболеваемость людей наблюдается в лесостепных и степных районах. При средней для всей страны заболеваемости 0,165 на 100 тыс. (1970–1986 гг.) в некоторых областях она превысила 1, а в Астраханской области достигла 5,8. Максимальная величина за отдельный год составила в Астраханской области 10,4, в Воронежской — 7,6, Саратовской — 4,5 на 100 тыс. (Поспелов, 1987).

Риккетсии Бернета обнаружены у многих млекопитающих (более 90 видов), птиц (более 70), членистоногих (более 70). В природных очагах заражены многие виды грызунов (в том числе белка), копытных (в том числе олени), зайцы и др. Основными резервуарами и переносчиками возбудителя служат клещи, главным образом искодовые (из родов *Hyalomma* и *Rhipicephalus*), в меньшей степени — аргасовые. Однако клещи заражают лишь животных (в том числе домашних) и не участвуют непосредственно в инфицировании человека: возбудитель Ку передается от животных к человеку в основном алиментарным и аспирационным путями. При этом непосредственными источниками оказываются домашние животные: крупный и мелкий рогатый скот, собаки. Инфекция передается с молоком, при употреблении свинины, сырой воды из загрязненных водоемов, при уходе за больными животными, обработке шерсти, щетины, пуха через поврежденную кожу и наружные слизистые оболочки.

Таким образом, антропоургические очаги Ку приобретают наибольшую опасность для человека. Тем не менее устойчивые природные очаги существуют преимущественно в пустыне и полупустыне, где имеются благоприятные условия для более или менее высокого постоянства и численности клещей и их прокормителей (джейран, песчанки, суслики, сурки, тушканчики). В степных, лесостепных и лесных ландшафтах значение природных предпосылок Ку снижается и эта инфекция приобретает черты сельскохозяйственного зооноза. Практически безопасны в отношении Ку ландшафты Субарктики, северной и средней тайги.

Тифремия (Тл) — острая бактериальная инфекция (возбудитель — *Francisella tularensis*), поражающая лимфатические узлы, кишечник, легкие, относится к широко распространенным ПОВ. Вы вспышки Тл известны в различных ландшафтных зонах. Средняя годовая заболеваемость в стране (1970–1986 гг.) составила 0,04, максимальная — 0,45 на 100 тыс. Наиболее неблагоприятные области в Европейской России, со средней заболеваемостью 1 или несколько выше и максимальной 8,3–8,6, — Тульская, Калужская, Орловская. Заболеваемость очень неравномерна по годам и имеет преимущественно характер вспышек, связанных с периодами эпизоотий грызунов.

Источниками инфекции могут быть многие животные: до 70 видов позвоночных, преимущественно грызуны, а также зайцы, некоторые насекомоядные и хищные, многие птицы, некоторые земноводные. Зараженность Тл установлена у домашних копытных и собак. Возбудитель Тл выделен у более 80 видов беспозвоночных — иксодовых и гамазовых клещей, блох, комаров, слепней. В поддержании природных очагов Тл главную роль играют водяная крыса, ондатра, зайцы, особенно русак, обыкновенная полевка, домовая мышь, обыкновенный хомяк, землеройки, лемминги, иксодовые клещи, комары, слепни. Однако трансмиссивный путь заражения людей, по-видимому, имеет подчиненное значение, хотя возможен в случаях массового нападения гнуса. Существенную роль играют непосредственные контакты с грызунами, алиментарный и аспирационный способы заражения. При этом возможны различные типы заболеваний: промысловый (добыча ондатры, водяной крысы, зайца и обработка их шкур), сельскохозяйственный, бытовой и др. Природные очаги Тл встречаются в разных зонах, но наиболее типичны для умеренного пояса и отличаются внутриландшафтной приуроченностью к определенным местообитаниям. Для лесных ландшафтов типичны пойменно-болотные и болотно-озерные очаги, для освоенных лесных и лесостепных ландшафтов — лугово-полевые, у подножий некоторых горно-лесных ландшафтов встречаются предгорно-ручьевые очаги, в степной зоне очаги могут быть приурочены к днищам балок, в лесотундру заходят по долинам рек.

Многие природно-очаговые инфекции передаются человеку от животных без участия переносчиков-членистоногих. Одна из типичных нозоформ — бешенство (Бш), вызываемое возбудителем из семейства рабдовирусов и поражающее нервную систему. В 1970–1990 гг. средняя заболеваемость Бш в СССР составила 0,05 на 100 тыс. Наиболее высокий уровень заболеваемости (0,10–0,15) отмечен для областей средней полосы ЕТР, юга Забайкалья и Дальнего Востока; заметно выше среднего — в Волгоградской области и Калинин (0,05–0,10), несколько ниже (0,016–0,05) — в Ростовской области, Туве, Якутии (Ботвинкин, 1992). Резервуарами вируса Бш в природных очагах служат главным образом млекопитающие из семейства собачьих, в особенности лисица, а также корсак, песец, снотовидная собака, волк, шакал. Кроме того, установлена зараженность вирусом Бш колонка, горностая, куницы, летучих мышей. Для человека главная опасность заражения Бш исходит от бродячих собак, отчасти кошек, связанных с активными природными очагами. В условиях высокой плотности лисицы, особенно в годы эпизоотий, повторяющихся через 3–4 года, наблюдается поражение вирусом Бш домашних копытных.

В размещении очагов Бш отчетливо проявляется широтная зональность. Наиболее активные очаги приурочены к зонам широколиственных лесов и лесостепи Русской

равнины, где главную эпидемиологическую опасность представляет лисица. Лесостепь Западной Сибири, степная зона и полупустыня также характеризуются высокими природными предпосылками заболевания Бш, причем в Западной Сибири наряду с лисицей потенциально опасен корсак, в Забайкалье основным носителем вируса является волк, на Дальнем Востоке — снотовидная собака. В подтайге и пустыне потенциальная опасность заражения Бш значительно снижается (известны лишь отдельные вспышки), в таежной зоне, где нет устойчивых условий для циркуляции вируса среди собачьих, опасность практически отсутствует. В Субарктике наблюдаются частые эпизоотии Бш среди песцов, собак и других животных, но у людей заболевания очень редки, в 1970–1990 гг. их не было.

К группе вирусных природно-очаговых инфекций относятся геморрагические лихорадки, из которых наиболее широким ареалом и относительно высоким уровнем заболеваемости (хотя преимущественно спорадического характера) выделяется *геморрагическая лихорадка с почечным синдромом* (Гл). Это острое заболевание, сопровождаемое высокой температурой, подкожными и внутренними кровоизлияниями. Средняя годовая заболеваемость по стране составила в 1970–1986 гг. 1,7, максимальная — 8,0 на 100 тыс. Наиболее высокие показатели характерны для районов Поволжья и Приуралья: Башкирии (25,4 и 167,2 соответственно), Удмуртии (13,1 и 56,6), Самарской области (11,3 и 32,0), Татарии, Чувашии и др. Резервуарами возбудителя Гл служат преимущественно мышевидные грызуны — лесные (полевки рыжая, красная, красносерая, мыши желтогорлая, лесная, восточноазиатская и др.), полевые (полевая мышь, на Дальнем Востоке большая полевка и др.). Переносчиками возбудителя могут быть клещи (гамазовые, краснотелки, иксодовые) и блохи. Человеку инфекция передается в основном, по-видимому, нетрансмиссивными путями — алиментарным (с пищевыми продуктами, загрязненными выделениями грызунов), аспирационным (при вдыхании загрязненного воздуха), а также через поврежденную кожу и слизистые оболочки. Контакты с инфицированными грызунами возможны при заготовке леса, уборке овощей, садоводческих работах.

Очаги Гл встречаются в разных ландшафтных зонах, но наиболее характерны для широколиственно-лесных и лесостепных, отчасти подтаежных и южнотаежных ландшафтов Русской равнины (в пределах ареала главного носителя — рыжей полевки), а также для зоны широколиственных лесов Дальнего Востока. По долинам рек вместе с местообитаниями рыжей полевки очаги Гл заходят в степную зону. Очагов этой инфекции, по-видимому, нет в Субарктике и области сплошной многолетней мерзлоты.

Известны две другие геморрагические лихорадки, сходные с Гл по клиническим признакам, — *крымская* (Гк) и *омская* (Го). Первая встречается спорадически в южных степных и полупустынных районах Европейской России (Краснодарский край, Ростовская, Астраханская области) в пределах ареала клещей из рода *Hyalomma*; передается трансмиссивным путем. Вторая распространена в северной лесостепи Западной Сибири; переносчиками вируса служат клещи *Dermacentor pictus*, реже *D. marginatus* *Ixodes apronophorus*, паразитирующие на диких грызунах. Очаги приурочены к приозерным травяно-болотным местообитаниям; заболевания связаны главным образом с промыслом ондатры, возможно непосредственное заражение от грызунов.

К вирусным природно-очаговым инфекциям относится также *вильейский энцефаломиелит* (Вэ), эндемичный для Центральной Якутии. Большинство случаев заболевания

отмечено в долине р. Видлой, единичные случаи известны в других районах Лено-Видлойской ландшафтной провинции. Источником вируса — мышевидные грызуны, заражение происходит через объекты, загрязненные их выделениями.

Среди бактериальных природно-очаговых инфекций широким распространением и разнообразием способов заражения выделяется *лептоспироз* (Лс) — острое заболевание, поражающее печень, почки, сердечно-сосудистую и нервную системы. Возбудитель — лептоспиры из семейства *Spirochaetaceae* — отличается высокой экологической пластичностью и обширным ареалом. Известно 18 серогрупп, которым соответствуют разные виды лептоспир. Заболевания Лс наблюдаются во многих районах, но имеют преимущественно спорадический характер. Максимальное число заболеваний за год по стране составляет 1,8 на 100 тыс. В 1970–1986 гг. высокой заболеваемостью Лс резко выделялись Чечено-Ингушетия (среднегодовая — 10,0, максимальная — 27,0 на 100 тыс.) и Северная Осетия (6,9 и 27,8 соответственно). По максимальным годовым показателям несколько уступали Удмуртия (23,7), Оренбургская область (18,9), Башкирия (18,1), Кабардино-Балкария (13,0), Ульяновская область (12,2), Пензенская область (12,0) — при средних многолетних порядка 1,5–2,5 на 100 тыс.

В природных очагах основными хозяевами возбудителя Лс являются грызуны (58 видов, в том числе 53 мышеобразных и хомякообразных). Важнейшими источниками инфекции служат полевки рыжая, экономка, красно-серая, темная (пашенная), ондатра, водяная крыса, полевая мышь, бурозубки. Кроме того, носительство лептоспир установлено у хищных, рукокрылых (всего у более 100 видов млекопитающих), у 6 видов птиц, 2 рептилий, некоторых земноводных. В антропоургических очагах источники инфекции — домашние животные, особенно свиньи, а также домашние олени, собаки. Заражение человека осуществляется главным образом через воду открытых водоемов, загрязненную дикими или сельскохозяйственными животными (при употреблении сырой воды, купании, работе в воде и т. п.), а кроме того, при сельскохозяйственных работах на пастбищах, в тундре — от близкого контакта с северным оленем и употребления в пищу сырого мяса и крови оленей. В городах причиной инфицирования может оказаться употребление в пищу продуктов, загрязненных крысами и мышами.

Формированию природных очагов Лс благоприятствуют обилие влаги, теплая погода, нейтральная реакция почвенных растворов (что способствует сохранению возбудителя). Природные очаги Лс приурочены в основном к средней полосе Европейской России (включая подтайгу и отчасти южную тайгу), подтайге и лесостепи Западной Сибири, зоне широколиственных лесов Дальнего Востока. Однако наибольшую эпидемиологическую опасность в отношении Лс представляют домашние животные. Широко распространены антропоургические и смешанные очаги, которые затрудняют анализ собственно природных предпосылок заболевания. Максимальный риск заражения наблюдается в предгорно-степных животноводческих районах Северного Кавказа. Относительно высокая потенциальная опасность существует в лесостепи и зоне широколиственных лесов (особенно в Поволжье и Приуралье), где сочетаются природные и хозяйственные предпосылки заражения Лс. На основной, распаханной, части степной зоны риск заболевания снижается, но возможны локальные очаги в речных долинах и гидроморфных понижениях. Для таежной зоны в целом типична низкая потенциальная опасность заражения, хотя в восточноевропейской и западносибирской тайге существуют поймен-

ные очаги природного и антропоургического характера, основной риск связан с промыслом ондатры, а также инфицированностью крупного рогатого скота. В Субарктике заболеваемость людей Лс крайне редка, но потенциальная опасность заражения местами значительна: существуют очаги антропоургические (северный олень) и природные (главным образом в долинах рек, связанные в основном с полевой-эконожкой). Практически безопасны в отношении Лс ландшафты пустынь, арктической тундры, гольцовых высокогорий, а также сфагиновые болота.

К бактериальным природно-очаговым инфекциям относится *столбняк* (Ст) — тяжелое поражение нервной системы, вызываемое столбнячной палочкой (*Clostridium tetani*). Возбудитель Ст широко распространен в природе, он обитает в кишечнике животных (главным образом травоядных), а иногда и человека, не вызывая заболеваний. Попадая в почву с фекалиями, столбнячная палочка способна годами сохраняться в ней в споровой форме. Инфекция обусловлена проникновением возбудителя в раны в результате травматизма — бытового, сельскохозяйственного и особенно вероятного во время военных действий. В обычных условиях заболевания регистрируются лишь в единичных случаях. Средняя годовая заболеваемость в России в 1970–1986 гг. составила 0,12 на 100 тыс., максимальная — 0,18. Наиболее высокая заболеваемость зарегистрирована в южной половине Европейской России, особенно в Предкавказье, где средняя многолетняя величина приближалась к 0,5, а максимальная достигала 1,53 в Чечено-Ингушетии, 1,22 в Калмыкии, 0,8–1,0 в Ставропольском и Краснодарском краях, Северной Осетии и Кабардино-Балкарии.

В распространении Ст наблюдается закономерное зональное уменьшение риска с юга на север. Отчасти это связано с интенсивностью развития животноводства, но немаловажной природной предпосылкой являются условия сохранения возбудителя в почве. Существует прямая связь между уровнем заболеваемости и обсемененностью почвы столбнячной палочкой. Последний показатель составляет в Мурманской области 2,5%, Карелии — 6,5%, Архангельской области — 9,8%, Воронежской — 14,5%, Ростовской — 24,0%, Ставропольском крае — 30,7%. Наиболее благоприятную среду для возбудителя столбняка представляют черноземы. На Кубанской равнине их обсемененность достигает 60–80%. Сочетание природных предпосылок с интенсивностью развития животноводства определяет наиболее высокую степень риска в степной полосе Предкавказья, а также в Терско-Кумской полупустыне, достаточно высокую или среднюю — в степных и лесостепных ландшафтах Русской равнины, значительно пониженную — в зоне широколиственных лесов Русской равнины, еще более низкую — в подтайге и тайге. В Западной Сибири опасность Ст низкая даже в черноземной зоне. В северных районах Сибири заболеваемость Ст почти не наблюдается.

Еще одна бактериальная природно-очаговая инфекция — *псевдотуберкулез* (Пт) — характеризуется образованием во внутренних органах узелков, внешне сходных с туберкулезными. Ее возбудитель — бактериальная палочка (*Pasteurella pseudotuberculosis*). Пт первоначально был установлен в притихоокеанских районах Дальнего Востока — от Камчатки до Приморья и Сахалина, но впоследствии вспышки заболевания в отдельные годы были зарегистрированы и в других районах, в том числе в Европейской России. Источниками Пт служат преимущественно дикие и синантропные грызуны — крысы серая и черная, мыши домовая, лесная, полевая, полевки обыкновенная и рыжая, зем-

лосей, зайцы, кролики, реже — домашние животные (кошки, собаки, крупный рогатый скот, лошади). Инфекция передается человеку алиментарным путем с пищей и водой, загрязненными выделениями больных животных, а также через дыхательные пути и поврежденную кожу. Природные закономерности распространения Пт недостаточно изучены.

К относительно немногим природно-очаговым зооантропонозам, возбудителями которых являются простейшие, относится токсоплазмоз (Тп). Болезнь вызывается токсоплазмой и протекает как в острой, так и в хронической форме, поражая нервную систему, лимфатические узлы, печень и другие органы. Возбудитель обнаружен у более 180 видов диких и домашних животных. Основные носители — полевки рыжая, обыкновенная, красная, красно-серая, темная, экономка, мышшь-малютка, водяная крыса, мышшовка лесная, хомяк обыкновенный, буроzubки обыкновенная и малая, кутора, крот, синантропные грызуны, крупный рогатый скот, кошки, собаки. Главный способ заражения алиментарный, возбудитель попадает в организм человека при уходе за домашними животными, употреблении сырой воды из открытых водоемов, загрязненных продуктов.

Ареал распространения Тп очень широк, но не обнаруживает четкой зональной приуроченности. Очаги имеют природный и антропогенный характер. В Субарктике Тп связан с оленями, собаками, свиньями; многие жители инвазированы или перенесли заболевание в прошлом. Наиболее типичен Тп для Западной Сибири, где встречается от лесотундры до лесостепи, но потенциальная опасность заболевания относительно низкая.

К природно-очаговым инфекциям с наиболее стертыми природными очагами принадлежат бруцеллез и сибирская язва. Сибирская язва (Ся) — бактериальная инфекция (возбудитель — *Bacillus anthracis*), в прошлом имевшая широкое распространение, в современную эпоху встречается очень редко. Средняя годовая заболеваемость в России (1970–1986 гг.) — 0,06, максимальная за год — 0,11 на 100 тыс. (Поспелов, 1987). Наивысшими показателями за данный период выделялась Калмыкия (1,0 и 5,3 соответственно), следующие места занимали Северная Осетия, Чечено-Ингушетия и Дагестан (0,3–1,1 и 2,0–2,8). Основные источники Ся — травоядные домашние животные, дикие копытные и грызуны (полевка обыкновенная, полевая мышшь). Возбудитель Ся в течение очень длительного времени сохраняется в почве в споровой форме, создавая стойкие почвенные очаги. Сохранению очагов способствуют старые скотомогильники; активизация очагов особенно усиливается после паводков в поймах рек. Заражение Ся происходит через выделения больных животных, при обработке шкур.

Наибольшая потенциальная опасность заражения создается при сочетании благоприятных условий для сохранения возбудителя (гумусированные почвы с нейтральной реакцией) и его циркуляции (обширные пастбища овец и других сельскохозяйственных животных, особенности быта населения). Таким образом, природные условия влияют на распространение Ся косвенно — через развитие пастбищного животноводства. Кроме того, заболевания Ся могут возникать за пределами очагов от употребления завезенных продуктов животноводства. Фактическая зона наиболее высокого риска охватывает овцеводческие степные районы Северного Кавказа и Предкавказья, ландшафты полупустынь и пустынь. Значительную потенциальную опасность представляют ландшафты сухих степей юга Русской равнины. К районам с относительно низкой потенциальной

опасностью можно отнести типичные степи, лесостепь. Еще реже случаи заражения Ся наблюдаются в подтайге, южной и средней тайге.

Возбудитель бруцеллеза (Бр) — бактерии рода *Brucella*. Заболевание может длиться годами и протекать в тяжелой форме. Средняя годовая заболеваемость в России составляет около 0,4 на 100 тыс. Максимальная годовая заболеваемость зарегистрирована в Ставропольском крае (8,1 на 100 тыс.) и Северной Осетии (6,0) при средней многолетней около 2,5. Далее следуют Дагестан, Оренбургская область и Калмыкия (средняя — 1–2, максимальная — 2,4). Источниками Бр могут служить многие животные, как дикие (олени, лось, косуля, лань, зайцы, грызуны, насекомоядные), так и домашние (крупный и мелкий домашний скот, северный олень), но практическую опасность для человека представляют последние. Передача инфекции осуществляется через молоко, при работе на бойнях и пастбищах. Основные предпосылки заражения — высокая численность домашнего скота (в особенности крупного рогатого) и его инфицированность. Область наибольшего риска охватывает степи Северного Кавказа и Восточного Предкавказья, полупустыню, сухие степи Русской равнины и Зауралья. Остальные степные районы Русской равнины, а также лесостепь и зону широколиственных лесов можно отнести к области средней потенциальной опасности, подтайгу и южную тайгу — к низкой.

В классификации природно-очаговых зооантропонозов особо выделяются паразитарные болезни — гельминтозы. Возбудителями этих болезней являются паразитические черви, которые в процессе жизненного цикла сменяют двух или трех хозяев, причем одним из окончательных (дефинитивных) хозяев оказывается человек. Различаются две группы таких болезней. В одну из них входят инвазии, для которых промежуточными хозяевами служат беспозвоночные, а дополнительными — рыбы. Циркуляция возбудителя и заражение человека происходят по общей схеме: окончательный хозяин (им могут быть человек и плотоядные млекопитающие) выделяет с фекалиями яйца гельминтов, которые попадают в пресноводные водоемы, где из них формируются коридидии, последние заглатываются промежуточными хозяевами (рачками или моллюсками), в организмах которых образуются процеркоиды; пресноводные беспозвоночные служат пищей многих видов рыб, которые являются дополнительными хозяевами возбудителя, проходящего стадию личинки — плероцеркоида. Употребление в пищу сырой, малосоленой или слабопробавленной рыбы становится причиной заражения человека. Опасность заражения усугубляется антисанитарными условиями на мелководьях водоемов и участием в циркуляции возбудителей в качестве окончательных хозяев некоторых диких и домашних животных (песцов, лисиц, собак и др.).

Наиболее распространенные гельминтозы из рассматриваемой группы — дифиллоботриоз и описторхоз. Возбудителями дифиллоботриоза (Дф) служат более десяти видов паразитических червей лентецов из рода *Diphyllobothrium*, из которых главный — лентец широкий (*D. delatum*). Промежуточные хозяева лентеца — пресноводные рачки родов *Cyclops* и *Diaptoms*. Дополнительные — рыбы (щука, налим, окунь, ерш, хариус, озерная форель, в Сибири и на Дальнем Востоке — сиговые), дефинитивные — человек, собака, кошка, лисица, песец, медведь. Формирование очагов Дф связано с хорошо прогреваемыми, слабопроточными мелководьями, благоприятными для развития рачков. В активных очагах некоторые виды рыб (например, щука, налим) могут быть инвазированы лентецом на 80–100%.

Если судить о распространении Дф по материалам медицинской статистики, относимся к субъектам РФ, получится довольно хаотичная картина: заболеваемость более 100 на 100 тыс. зафиксирована в Республике Саха, Хакасии, Красноярском крае и Пермской области, от 30 до 100 — в республиках Бурятия, Карелии, Коми, областях Сахалинской, Тюменской, Псковской, Астраханской, Ленинградской (Плюшева и др., 1995). Однако средние цифры маскируют специфику размещения очагов Дф и дифференциацию территории по степени потенциальной опасности заражения. Наиболее активные природные очаги Дф приурочены к низовым крупным северным рек, приозерным местностям (особенно в области Балтийского шита, Ладожского, Чудского и других больших озер Северо-Запада), а также к искусственным водохранилищам. В подобных очагах инвазивность местных жителей достигает 60–80% (долины Надыма, Таза, юго-восточное Приладожье и др.). Высокая зараженность Дф наблюдается также в низовьях Печоры, Амура, на территории, примыкающей к Верхнекамскому водохранилищу, и т. д. И даже в «благополучных» областях центра Европейской России, где средняя статистическая заболеваемость Дф не превышает 1 на 100 тыс., существуют зоны повышенного риска, связанные с водохранилищами (в том числе полоса, примыкающая к каналу Москва–Волга).

Описторхоз (Оп) вызывается паразитическими трематодами (*Opisthorchis felineus*). Промежуточный хозяин паразита — пресноводный моллюск *Bithinia leachi*. Дополнительные хозяева — рыбы из семейства карповых (язь, елец, плотва, лещ, красноперка, чебак и др.), окончательные — человек, собака, кошка, лисица, песец. Крупнейшая система очагов Оп приурочена к Обь-Иртышскому бассейну — главным рекам и низовьям их притоков. Наибольшей заболеваемостью в стране выделяются Тюменская и Томская области, где в отдельных административных районах она достигает 20% и более, а также Омская, Новосибирская, Курганская области, Алтайский край. В Европейской России основные очаги расположены на Каме, отчасти на Волге и Печоре. Редкие случаи заболевания отмечались в бассейнах Северной Двины, Днепра, Немана, Дона. Во многих регионах, в частности в подтайге Северо-Запада, болезнь не регистрировалась; в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке известны лишь завозные случаи.

Только в бассейне Амура распространены эндемичные для этой территории природно-очаговые гельминтозы — *клонорхоз* (Кл), *метагонимоз* (Мг), *нанофиетоз* (Нф), вызываемые трематодами (возбудителями являются соответственно *Clonorchis sinensis*, *Metagonimus yokogawai*, *Nanophyetus salmincola*). Промежуточные хозяева — моллюски. Клонорхоз и метагонимоз распространены по среднему и нижнему течению Амура, по Уссури, в некоторых районах на юге Сахалина. Дополнительными хозяевами паразита служат амурский сиг, дальневосточный сазан и другие рыбы. Окончательными — человек, собака, кошка, волк, лисица, а также тигр. Среди аборигенного населения наблюдается высокая инвазивность соответствующими гельминтами. Нанофиетоз распространен главным образом по горным притокам Амура, дополнительные хозяева — амурский хариус, ленок, таймень, кета, опасность заражения сравнительно невысока.

Отдельно надо отметить *парагонимоз* (Пг), также эндемичный для Амура и его притоков. Промежуточным хозяином гельминта *Paragonimus ringeri* служат моллюски, дополнительными — узкопальные раки или пресноводные крабы. Гельминт паразитирует в легких лисицы, волка, собаки, кошки, свиньи. Вероятность заражения людей невелика, поскольку местное население не употребляет в пищу раков.

Другая группа паразитарных природно-очаговых зооантропонозов характеризуется участием в циркуляции возбудителя в качестве промежуточных хозяев млекопитающих. Одно из наиболее опасных заболеваний этого типа — *альвеококкоз* (Ак), вызываемый паразитированием в печени человека личинки ленточного червя *Alveococcus multilocularis*. Окончательными хозяевами паразита в естественных условиях служат дикие птицы, главным образом лисица и песец, а также горностай, волк, шакал. Их кормовую базу образуют промежуточные хозяева паразита — полевки рыжая, красная, экономка, большая, северная, узкочерепная, темная, лемминги, ондатра, водяная крыса, обыкновенная слепушонка, обыкновенный хомяк, степная неструшка, длиннохвостый суслик, песчанки большая и когтистая. Однако во многих случаях главную опасность для человека в качестве источника Ак представляют собаки. Заражение людей происходит алиментарным путем: при обработке шкур лисиц, песцов, горностая, близком контакте с инвазированными собаками, употреблении в пищу ягод, дикого лука, обсемененных яйцами гельминта.

Очаги Ак часто имеют сложный, смешанный характер. Природные предпосылки инвазирования определяются высокой плотностью окончательных хозяев и их прокормителей — грызунов. Такие условия могут создаваться в Субарктике, где основную эпидемиологическую роль играет песец, и в лесостепи, отчасти степи (особенно западносибирской), где главным источником заражения выступает лисица. Особым, антропогенным, типом очагов Ак выделяется Лено-Вилуйская равнина, где средняя годовая заболеваемость Ак в 1950–1965 гг. составила 10,7 на 100 тыс., а в некоторых районах достигала 400–900 на 100 тыс. (Альперович, 1966). В этом регионе основным источником гельминта являются собаки. Из других регионов по уровню заболеваемости Ак заметно выделяется юг Западной Сибири — лесостепные и степные районы. В Субарктике высокая инвазивность песца, лисицы, лемминга, полевки-экономки свидетельствует о значительном уровне риска заражения Ак; данные о заболеваемости известны для различных районов этой зоны, включая Чукотку и Камчатку.

Эхинококкоз (Эк) также вызывается личинками паразита из группы ленточных червей — эхинококка. В природных очагах его источниками служат волк и копытные, но к настоящему времени первичные природные очаги стертые и основная опасность заражения людей исходит от контактов с собаками и сельскохозяйственными животными. Заболеваемость людей Эк относительно невелика, но потенциальная опасность существует во многих районах, главным образом в степных ландшафтах Предкавказья и юга Русской равнины. В Субарктике наблюдается инвазивность Эк у северных оленей, собак, волка, но предпосылки для заболевания людей, по-видимому, невелики.

К рассматриваемой группе гельминтозов относится также *трихинеллез* (Тр). Возбудитель болезни (представитель нематод) обнаружен у более 30 видов диких млекопитающих, однако человек заражается главным образом от свиней, и ландшафтная приуроченность Тр выражена неясно. По-видимому, первичные природные очаги существовали главным образом в лесостепи и степи. В настоящее время основной способ заражения — употребление плохо проваренного мяса свиней и других животных. В тайге наряду со свиной (в том числе завезенной из других районов) источником заражения может быть также плохо проваренное мясо бурого медведя и барсука, а в районах охотничьего промысла и звероводства — мясо свиней, которым скормливают

тушки пушных зверей. На побережьях арктических морей возможно заражение Тр от употребления мяса белого медведя, моржа и тюленя.

Тениархисоз (Тн) — гельминтоз, вызываемый паразитированием ленточных червей из семейства *Tenidae*, также не обнаруживает ясных ландшафтных закономерностей в своем распространении, но характерен в основном для Субарктики. Способ заражения — употребление сырого или плохо проваренного мяса оленей и крупного рогатого скота.

В приведенный обзор не вошли некоторые зооантропонозы, нетипичные для России, недостаточно изученные или утратившие свою актуальность. Так, к настоящему времени полностью оздоровлены очаги чумы — страшной бактериальной инфекции прошлого. На территорию России заходила периферия огромного центральноазиатского ареала этой болезни — в восточном Забайкалье, в Горном Алтае, в Прикаспии. Основные хранители возбудителя чумы — сурки, суслики, песчанки; переносчики — блохи. Из других трансмиссивных бактериальных инфекций, характерных для аридных пустынно-степных ландшафтов, следует назвать *клецевые спирохетозы* (Кс); возбудитель — несколько видов спирохет, резервуары — грызуны (главным образом песчанки), переносчики — клещи рода *Ornithoforus*. Только аридным ландшафтам (до 47° с. ш.) присущ *внутренний (висцеральный) лейшманиоз* — трансмиссивное заболевание, передаваемое человеку москитами от шакала и собаки.

К широко распространенным бактериальным инфекциям относится *листериоз* (листереллез), поражающий центральную нервную систему. Инфицированность обнаружена у многих диких и домашних млекопитающих, птиц, пресноводных рыб, ракообразных, членистоногих. Из домашних животных чаще всего поражаются овцы, а также крупный рогатый скот, свиньи, олени, но люди заболевают очень редко, хотя у них обнаруживаются антитела в отношении листериоза.

Природные предпосылки распространения *малярии* (возбудитель из рода *Plasmodium*, переносчик — комары рода *Anopheles*) существуют во многих районах умеренного пояса. Основные очаги в нашей стране были оздоровлены, но вероятность их оживления не исключена; кроме того, известны случаи заболевания завозного происхождения.

В причерноморских ландшафтах, относящихся к северной периферии влажных субтропиков (район Сочи), известны отдельные случаи заболевания *анкилостомидозом*. Этот гельминтоз широко распространен в тропиках и субтропиках и вызывается нематодой из семейства *Ancilostomatidae*. От яйца до личинки развитие паразита происходит на почве, а далее — в кишечнике человека.

В 1981 г. в Карелии впервые были зарегистрированы случаи заболевания новой для нашей страны природно-очаговой болезнью, получившей название *карельской лихорадки*. В 1985 г. она была выявлена в Вологодской и Смоленской областях (Скворцова и др., 1988). Инфекция передается человеку трансмиссивным путем, переносчиками служат мошки и комары.

Для познания закономерностей распространения ПОВ ключевое значение имеет *медико-географическая оценка животного населения*. Как уже отмечалось, источниками зооантропонозов могут быть многочисленные представители различных фаунистических групп. Эпидемиологическое значение в большей или меньшей степени имеют почти все виды млекопитающих, населяющих территорию России. К ним относятся различные представители отряда насекомоядных, в том числе еж обыкновенный (воз-

можный носитель вируса Кэ), крот обыкновенный, многочисленные *бурозубки* (Кэ, Лс, Пт, Тл, Тп и др.); есть данные об участии в циркуляции некоторых возбудителей ПОВ представителей рукокрылых; более существенна эпидемиологическая роль зайцеобразных, в том числе зайцев беляка и русака (Кэ, Ку, Тл, Пт, Бр).

Важнейшее медико-географическое значение имеют многочисленные представители отряда грызунов, в особенности мелкие мышевидные, которые служат резервуарами возбудителей большинства зооантропонозов (Кэ, Кр, Ку, Тл, Гл, Гк, Гб, Лс, Пт, Тп, Ак и др.) и прокормителями их переносчиков — членистоногих. В этой группе млекопитающих следует особо выделить широко распространенные виды полевок (рыжую, красную, красно-серую, экономку и др.), все виды семейства мышиных, а также ондатру, водяную крысу. В тундре носителями возбудителей некоторых ПОВ могут быть лемминги, в лесных ландшафтах наряду с упомянутыми мышевидными грызунами — белка и бурундук, в безлесных степных и лесостепных ландшафтах — суслики, сурки, тушканчики, хомячки, песчанки.

Установлена эпидемиологическая значимость большинства видов отряда хищных, в особенности из семейства псовых. Лисица, песец, отчасти волк и остальные представители этого семейства играют главную роль в циркуляции вируса Бш, возбудителя Ак, могут служить источниками Лс, Эк, Тр и др. Носителями вируса Бш являются также представители семейства куньих (куница, норки европейская и американская, горностай, колонок). К возможным источникам того же заболевания относятся бурый медведь и рысь. Медведь, барсук, а кроме того, лисица, рысь служат резервуарами возбудителя Тр.

Парнокопытные, в том числе олени, лось, лань, косуля, принадлежат к источникам Бр, для кабарги, кабана установлено носительство Тр, северный олень выделяется в качестве возможного источника Эк, Тп.

Отдельные виды млекопитающих в своем распространении связаны с определенными ландшафтами и группируются в разнообразные территориальные комплексы. На рис. 30 и 31 схематически отображены ареалы некоторых характерных видов. Более полное представление о территориальных комплексах населения млекопитающих может дать специальное районирование, построенное на ландшафтном принципе (рис. 32). В основу его положена система ландшафтно-экологических мезорегионов, которые сгруппированы в ландшафтно-фаунистические провинции с учетом специфики видового состава населения млекопитающих (при этом в отдельных случаях пришлось устанавливать новые рубежи). Провинции объединены в шесть ландшафтных зон.

Для субарктической зоны, объединяющей тундру и лесотундру, характерны лемминги, песец и северный олень — в совокупности они определяют медико-географическую специфику этой зоны. В лесотундру заходят некоторые виды лесных полевок, а также крупных млекопитающих.

К северобореальной зоне отнесены северо- и среднетаежные ландшафты. По своему животному населению эта зона существенно отличается от лежащих южнее лесных ландшафтов, отнесенных к южнобореальной зоне. Фауна млекопитающих северобореальной зоны имеет типично таежный облик, причем в ней господствуют сибирские виды. Среди мышевидных грызунов доминируют лесные полевки, наиболее типична красная полевка. Почти нет лугово-полевых грызунов, лесные мыши редки. Плотность



населения мышевидных грызунов значительно ниже, чем в южнобореальной зоне. Существенный фактор, влияющий на состав фауны млекопитающих этой зоны, — крайне слабая хозяйственная освоенность, в силу чего сюда не распространились многие виды, связанные с сельскохозяйственными угодьями (в том числе полевка обыкновенная, полевая мышь и др.), а также заяц-русак, лесной хорек и ряд других представителей, обычных для южнобореальных ландшафтов. С другой стороны, в силу той же причины здесь еще сохранились некоторые типичные таежные млекопитающие, практически исчезнувшие в более южных ландшафтах, в частности северный олень. Следует заметить, что в рассматриваемой зоне практически отсутствуют главные переносчики трансмиссивных ПОВ — иксодовые клещи (лишь спорадически они встречаются в средней тайге), тогда как в южнобореальной зоне они характеризуются наиболее высокой плотностью.

Южнобореальная зона охватывает южнотаежные, подтаежные и широколиственно-лесные ландшафты (на крайнем западе к ней отнесены также фрагменты среднетаежной подзоны). Фаунистическая общность этой зоны во многом определяется хозяйственным освоением территории, способствовавшим распространению на север ряда представителей фауны широколиственных и смешанных лесов и сокращению ареалов многих таежных обитателей. О некоторых отличительных особенностях населения млекопитающих этой зоны можно судить по уже приведенным сопоставлениям. Надо лишь отметить существенно более высокую плотность и видовое разнообразие животных — основных резервуаров возбудителей ПОВ, а также значительные региональные различия по этим показателям в пределах зоны. В лесах восточноевропейской части зоны наиболее массовым, доминирующим представителем фауны мелких млекопитающих является рыжая полевка; широко распространены также обыкновенная бурозубка, лесная и желтогорлая мыши, на распаханых территориях — обыкновенная полевка, полевая мышь. Для лесных ландшафтов Южной Сибири типичны красная, красно-серая, в западной части

Рис. 32. Ландшафтно-фаунистическое районирование населения млекопитающих.

Субарктическая зона (тундра и лесотундра). Провинции: 1 — Кольская, 2 — Восточно-Европейская и Западно-Сибирская, 3 — Восточно-Сибирская и Чукотская.

Северобореальная зона. Провинции (с — северотаежные, ср — среднетаежные, л — лугово-лесные, г — горно-таежные): 4 — Кольско-Карельская (с), 5 — Двинско-Печорская (с-ср), 6 — Западно-Сибирская (с-ср), 7 — Среднесибирская (с-ср), 8 — Верхонно-Колымская (с-г), 9 — Центрально-Якутская (ср), 10 — Байкальско-Становая (г), 11 — Камчатская (л-г), 12 — Нижнеамурская (ср-г), 13 — Сахалинская (ср-г).

Южнобореальная зона. Провинции (ср — среднетаежные, ю — южнотаежные, п — подтаежные, ш — широколиственно-лесные, г — горно-лесные): 14 — Карело-Сухоноская (ср-ю), 15 — Двинско-Камская (ср-ю), 16 — Волго-Балтийская (п-ш), 17 — Камско-Уральская (п-ш), 18 — Северо-Кавказская (г), 19 — Приуральско-Зауральская (ю), 20 — Обско-Енисейская (ю), 21 — Обско-Иртышская (п), 22 — Приангарская (ю), 23 — Предсаянская (п), 24 — Алтайско-Саянская (г), 25 — Забайкальская (г), 26 — Среднеамурская (п-ю), 27 — Сихотэ-Алиньская (г), 28 — Уссурийская (ш).

Лесостепная зона. Провинции: 29 — Восточно-Европейская, 30 — Предуральская, 31 — Урало-Иртышская, 32 — Предалтайская, 33 — Кузнецкая, 34 — Минусинская.

Степная зона. Провинции: 35 — Волго-Донская, 36 — Предкавказская, 37 — Заволжская, 38 — Зауральская, 39 — Обско-Иртышская, 40 — Селенгинская и Баргинская, 41 — Тувинская и Убсу-Нурская, 42 — Чуйская.

Полупустынная и пустынная зона: 43 — Прикаспийская провинция. Характеристику провинций см. в табл. 14-16.

рыска, полевки, обыкновенная буротубка, местами лесная мышь. Наиболее специфична по видовому составу фауна ландшафтов Приморья и Приамурья: как среди крупных, так и среди мелких млекопитающих имеются виды, отсутствующие в других регионах России, в циркуляции возбудителей ПЮБ основную роль играют мыши полевая и восточноазиатская лесная, полевки большая, красная, красно-серая.

Лесостепная зона в силу своего переходного положения отличается сложным сочетанием лесных и степных местообитаний, в значительной степени трансформированных в лугово-полевые. Поэтому здесь можно встретить представителей как лесной (бореальной), так и степной фауны. Каких-либо специфических лесостепных видов не существует.

Степная зона выделяется особенно большим разнообразием обитателей открытых пространств, и прежде всего грызунов. Типичные представители — суслики, сурки, тушканчики, хомячки, некоторые полевки, пеструшка и др. К числу эпидемиологически значимых видов крупных млекопитающих следует отнести лисицу, корсака, волка.

Ландшафты полупустынь и пустынь, занимающие на территории России относительно небольшую площадь и сходные по видовому составу населения млекопитающих, в данном случае объединены в одну зону. Ее наиболее типичные обитатели относятся к отряду грызунов и представлены некоторыми видами сусликов, тушканчиков, песчанок. Из копытных изредка можно встретить лишь сайгака. Более многочисленны хищные, в том числе лисица, корсак, светлый хорек.

Более подробные сведения о составе фауны млекопитающих по каждой ландшафтно-фаунистической провинции приведены в табл. 14–16. Исходя из назначения данного краткого обзора фауны, при составлении таблиц не ставилась цель охватить все без исключения виды млекопитающих каждой провинции. Основное внимание уделено зоологически значимым представителям. В общий перечень видов не вошли рукокрылые, обитатели высокогорий, некоторые очень редко встречающиеся виды, а также такие типичные синантропные грызуны, как крысы и домовая мышь. Для горно-таежных провинций, гор Южной Сибири и Северного Кавказа указаны лишь обитатели горно-лесного пояса. Значком «+» отмечены виды, обитающие в данной провинции; тот же знак взят в скобки в тех случаях, когда соответствующий вид представлен лишь на части территории провинции, заходя в нее на периферии своего ареала (например, куница лесная и норка европейская в таежных провинциях Западной Сибири), или же представители вида, находясь на границе ареала, временно заходят в соседнюю провинцию (например, забеги медведя, рыси и других таежных хищников в Субарктику). Знаком «- (-)» обозначены виды, отсутствующие в данной провинции.

Ранее уже отмечалось, что, наряду с млекопитающими, носителями возбудителей некоторых ПЮБ могут быть различные виды птиц, а отчасти также рептилий и земноводных. Так, установлена зараженность воробьиных, ласточек, скворцов, грачей Ку-ли-хорадкой, скворцов и грачей лептоспирозом, ряда других видов туляремией; на Дальнем Востоке у ласточек наблюдалась эпизоотия псевдотуберкулеза и т. д. О роли рыб и некоторых пресноводных беспозвоночных в качестве промежуточных хозяев паразитарных гельминтов было уже достаточно сказано.

Основными хранителями и переносчиками трансмиссивных зооантропонозов служат кровососущие иксодовые клещи (семейство *Yxodidae*) (рис. 33). Главные прокормители

Таблица 14. Млекопитающие Субарктики и северобореальной зоны

Вид	Ландшафтно-фаунистические провинции (согласно рис. 32)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Крот обыкновенный (<i>Talpa europaea</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Бурозубка-крошка (<i>Sorex minutissimus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— малая (<i>S. minutus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— когтистая (<i>S. unguiculatus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— крупнозубая (<i>S. daphnophodon</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— средняя (<i>S. coeculentus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— арктическая (<i>S. arcticus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— обыкновенная (<i>S. araneus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Кутюра обыкновенная (<i>Neomys fodiens</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Пищука северная (<i>Ochotona hyperborea</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Заяц-беляк (<i>Lepus timidus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Белка обыкновенная (<i>Sciurus vulgaris</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Бурундук (<i>Eutamias sibiricus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Суслик длиннохвостый (<i>Citellus undulatus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Сурок обыкновенный (<i>Marmota bobac</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Летяга (<i>Pteromys colarus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Мышь-малютка (<i>Microtus minutus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— восточноазиатская (<i>Apodemus srostonius</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Ондатра (<i>Ondatra zibethica</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Водная крыса (<i>Arvicola terrestris</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Полевка-лемушка (<i>Microtus oeconomus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— земная (<i>M. agrestis</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— обыкновенная (<i>M. arvalis</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— Миддендорфа (<i>M. middendorffi</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— северная (<i>M. hyperboreus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— ункошерстная (<i>M. gregalis</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— красно-серая (<i>Clathronomys rufocanus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— рыжая (<i>C. glareolus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— красная (<i>C. rutilus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Лемминг норвежский (<i>Lemmus lemmus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— субарктический (<i>L. sibiricus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
— кавказский (<i>Licrostomus torquatus</i>)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

их преимагинальных стадий (личинки и нимфы) — мелкие мышевидные грызуны, взрослых особей — крупные млекопитающие, в том числе дикие и домашние копытные. Некоторые виды паразитируют на птицах. На территории России известны десятки видов искодовых клещей, только в Азиатской части страны — 43 (Вершинина, 1974). Подавляющее большинство искодовых клещей участвуют в циркуляции возбудителей природно-очаговых инфекций, но непосредственное эпидемиологическое значение имеют те из них, которые нападают на человека. Приведем краткие сведения о наиболее важных видах.

Ixodes persulcatus — типичный представитель тайги, характеризуется наиболее широким ареалом, охватывающим южную половину тайги, подтайгу и широколиственные леса; по байрачным лесам, колкам проникает в лесостепь и степь; основной переносчик вируса Кэ, а также возбудителей Ку, Тл, Пт, Го.

I. ricinus — европейский лесной вид, доходящий на востоке до Волги, носитель возбудителей Кэ, Гк, Ку, Тл, Пт.

Dermacentor pictus распространен главным образом в подтайге и лесостепи, хранитель и переносчик Кэ, Кр, Тл, Го, Пт, Лс.

D. marginatus типичен для лесостепи, степи, полупустыни, хранитель и переносчик Кр, Ку, Гк, Го, Кэ, Тл, Лс.

D. silvarum характерен для южных районов тайги и лесостепи от Алтая до Тихого океана, распространяется на север по мере освоения тайги, хранитель и переносчик Кр, Кэ, Тл.

D. nuttali — эндемик монгольских степей, заходящий в степи Южной Сибири — от Алтая до Забайкалья, участвует в циркуляции и передаче возбудителей Кр и Тл.

Haemaphysalis concinna распространен главным образом в Приморье и Приамурье, а также в предгорьях Алтайско-Саянской горной страны, хранитель и переносчик Кэ, Кр, Тл.

H. japonica douglasii характерен для хвойно-широколиственных и особенно широколиственных лесов Дальнего Востока, сохраняет и переносит возбудителей Кэ, Тл, Кр.

H. longicornis (*H. neumanni*) встречается в широколиственных лесах Дальнего Востока, участвует в передаче возбудителей Кр и Кэ.

Эпидемиологическое значение некоторых искодовых клещей для человека до конца не выяснено; многие из них лишь редко нападают или вовсе не нападают на человека, но активно паразитируют на диких млекопитающих, а также птицах, вызывая эпизоотии и поддерживая природные очаги инфекционных болезней. Таковы, например, среди представителей рода *Ixodes* широко распространенные *I. trianguliceps* (Кэ, Ку), *I. aproniphorus* (Тл, Ку), типичный для черневой тайги и дальневосточных хвойно-широколиственных лесов *I. pavlovskii* (Кэ), южные, преимущественно степные, виды *I. crenulatus* (Ку, чума) и *I. laguri* (Тл, Кэ, Гл) и др.

Отдельно следует упомянуть о нескольких видах, присущих только Кавказу и прилегающим районам Предкавказья, — носителях возбудителей Гк, Ку, а также некоторых других инфекций: *Rhipicephalus bursa*, *R. sanguineus*, *Hyalomma plumbens*, *Dermacentor daghestanicus*.

В распространении некоторых зооантропонозов (например, Ку, Тл) определенную роль играют представители других семейств клещей, а именно аргасовых и гамазидных.



Рис. 11. Распространение искодовых клещей.

Видовое разнообразие клещевого населения увеличивается к югу, но наибольшая численность клещей наблюдается в ландшафтах южной тайги, подтайги и широколиственных лесов. Особенно благоприятно для них сочетание нарушенных лесов с участками сельскохозяйственного освоения, где образуются наилучшие местообитания для мышевидных грызунов в соседстве с пастбищами для домашнего скота. Густые темнохвойные леса малоблагоприятны для клещей, практически нет их на обширных безлесных таежных болотах. В пределах таежной зоны клещи распространяются на север главным образом вслед за сельскохозяйственным освоением, а также по долинам рек (с местообитаниями ондатры и водяной крысы); в средней тайге они распространены спорадически, а в северной практически отсутствуют, так же как в Субарктике и безлесных высокогорьях. К югу — в пределы степей — клещи распространяются по опушкам степных боров, байрачных лесов, колков, по влажным впадинам, а также вдоль дорог; распаханное поле неблагоприятно для них. Из регионов с наивысшей численностью ископаемых выделяются предгорья и низкогорья Сихотэ-Алиня, Алтайской системы, подтаежное Предуралье.

В формировании экологической обстановки многих ландшафтов немаловажную роль играют кровососущие насекомые (гнуся). В тайге известно около 200 видов кровососущих насекомых из отряда двукрылых. К ним относятся комары, мошки, мокрецы и слепни. Каждая из этих групп представлена десятками видов, но основную массу гнуса составляют комары (до 80%), преимущественно рода *Aedes*. Укусы этих насекомых не только оказывают раздражающее действие, но и могут вызывать интоксикацию организма. Массовое нападение двукрылых на людей в тайге сильно снижает производительность труда и нередко исключает возможность отдыха вне защищенных помещений. Так, при строительстве Братской ГЭС в дни интенсивного нападения мошек на многих объектах полностью прекращались работы (Прохоров, 1979). Производительность труда на лесозаготовках из-за нападения гнуса снижалась на 50% и более.

Многие представители гнуса служат переносчиками возбудителей ПЮБ, в частности Тл и Ся. Комары, кроме того, по-видимому, способны переносить возбудителей Кэ, Кя, Кд, комар *Anopheles maculipennis* может поддерживать очаги малярии в случае их возникновения.

Распространение различных видов гнуса и их активность подчинены зональной закономерности. В арктической и типичной тундре практически присутствуют только комары, мошки появляются лишь в южной тундре, а мокрецы и слепни — в лесотундре, но активность их еще низка. Общая продолжительность периода максимальной активности гнуса в тундре составляет 30–35 дней, в лесотундре возрастает до 50–55 дней. Для тайги и подтайги типичны все четыре группы кровососущих двукрылых; максимальная активность комаров наблюдается в северной подзоне, а мокрецов и слепней — в южной. Продолжительность периода максимальной активности в северной тайге составляет 55–65 дней, а в южной и в подтайге достигает 100–115 дней (примерно такая же продолжительность в лесостепи).

В течение лета разные виды кровососущих двукрылых развиваются в различной последовательности, некоторые (особенно мошки) дают по несколько поколений за лето, так что период нападения гнуса на человека оказывается достаточно продолжительным,

а основная его часть совпадает с комфортным температурным периодом. По наблюдениям в южной (среднетаежной) Карелии, первая группа кровососущих комаров вылетает в середине мая, вторая появляется в конце мая–первой половине июня, третья — во второй половине июля и августе, так что общая продолжительность лета комаров составляет 3–4 месяца (до середины сентября), а в северных районах республики сокращается до 2–2,5 месяца. Вылет мокрецов начинается в конце мая–первой декаде июня и заканчивается в конце сентября–первой половине октября, максимум их активности наблюдается в июле–августе. Лёт мошек происходит с конца мая до сентября (максимум в конце июня–начале июля). Первые слепни появляются в начале июня, массовый лёт наблюдается с середины июня до середины или конца августа (Лутта и др., 1964).

В средней тайге Западной Сибири период массовой активности гнуса приходится на май–сентябрь; в северной тайге этот период значительно короче. Первыми появляются комары, затем мошки, слепни и последними — мокрецы. Наблюдаются три пика массового нападения: середина июня (доминируют комары), июль (слепни и мошки), август (мошки и мокрецы) (Вашков и др., 1970).

Об интенсивности нападения гнуса на человека могут дать представление следующие цифры. В прионежских лесах Карелии в июне было зарегистрировано 5289 одновременных нападений комаров, мошек и мокрецов на человека в течение 5 мин, в июле — 1653, в августе — 1085, в сентябре — 55 (Лутта и др., 1964).

Среди мух также встречаются кровососущие (жигалки), но здоровью человека больше вреда приносят личинки мух, попадающие с продуктами питания в желудок и кишечник, вызывая отравления.

Ядовитые животные встречаются среди представителей различных систематических групп, в том числе рыб и кишечнополостных, обитающих в морях, омывающих Россию (преимущественно на юге Дальнего Востока). Из наземных животных к наиболее опасным относятся некоторые змеи, и прежде всего гадюки — обыкновенная (*Vipera berus*), широко распространенная в лесных ландшафтах (за исключением севера Сибири и Приморья), и степная (*V. ursini*), ареал которой охватывает степную зону и большую часть лесостепи до Алтая на востоке. Кроме того, известны два вида щитомордников — палласов, или обыкновенный (*Ancistrodon halys*), который встречается на юге страны — от степного Заволжья до низовьев Амура, и восточный (*A. blomhoffi*), обитающий в Приамурье и Приморье. Щитомордники считаются менее ядовитыми, чем гадюки, укусы их болезненны, но последствия проходят через 5–7 дней.

Наиболее обширную группу животных, относящихся к ядовитым, хотя и не представляющих большой опасности для здоровья человека, составляют многочисленные виды перепончатокрылых — пчелы, шмели, шершни. Из ядовитых паукообразных, более типичных для южных, аридных территорий, в российских степях и полупустыне встречается тарантул (*Lycosa singoriensis*), его укусы болезненны, но не опасны для человека.

Региональные медико-географические особенности отдельных территорий освещены в многочисленных публикациях. Одна из лучших монографий по этой тематике охватывает Север ЕТР (Токаревич и др., 1975); следует отметить также серию работ по некоторым районам юга Дальнего Востока и Сибири (Медико-географическая характеристика Нижнего Приамурья, 1972; Медико-географические аспекты проблемы освоения

хемы БАМа, 1977; Природно-очаговые заболевания в Амурской области, 1975; Природно-очаговые болезни в Приморском крае, 1975, Хлебович, 1972). К тому же периоду относятся и первые карты ПОБ в региональных атласах (Алтайского края, Забайкалья, Сахалина, Тюменской области) и специализированный «Медико-географический атлас Красноярского края» (Поспелов, 1970). Впоследствии В. П. Поспелов (1987) опубликовал медики-географический атлас Европейской части СССР, основанный на медики-статистической информации по административно-территориальному делению. Разрозненная информация по распространению отдельных ПОБ содержится в материалах всесоюзных и региональных медики-географических конференций, различных тематических сборниках и других изданиях.

Еще в 1964 г. Б. В. Вершинский опубликовал нозогеографическую карту СССР, на которой схематически показано распространение болезней с природной очаговостью. Позднее Б. Б. Прохоров (1979) разделил территорию Азиатской России на типы природной среды по уровню комфортности жизни населения с учетом ПОБ. Однако пока еще не разработано достаточно детального медики-географического районирования всей страны с соответствующей картой. Это обстоятельство побудило автора настоящей книги предпринять попытку наметить схему районирования территории России по природным предпосылкам распространения зооантропонозов. Районирование построено на ландшафтной основе и по существу может рассматриваться как медики-ландшафтное, или ландшафтно-нозогеографическое. По детальности оно соответствует мезорегиональному уровню: в качестве основных таксонов приняты медики-ландшафтные провинции, сгруппированные в девять зон (рис. 34, табл. 17).

В качестве основных критериев районирования приняты зоогеографические предпосылки распространения ПОБ и ландшафтные условия циркуляции возбудителей. Учитывалась фактическая заболеваемость населения, а отчасти и наличие антител к возбудителям в крови людей и животных. Использованы доступные литературные, картографические и статистические материалы по различным регионам, а также по территориальному распространению отдельных нозоформ, например туляремии (Олсуфьев, Доброхотов, 1965), бешенству (Ботвинкин, 1992) и др. Следует отметить, что неравномерная медики-географическая изученность страны сказалась в неодинаковой детальности проработки системы регионов. Слабоизученные и малонаселенные пространства севера Азиатской России представлены на карте районирования (рис. 34) обобщенными контурами, каждому из которых соответствует целая группа провинций, более или менее сходных в нозогеографическом отношении.

Природные предпосылки зооантропонозов обнаруживают отчетливую зональную изменчивость в своих территориальных сочетаниях. Соответственно и степень потенциальной опасности тех или иных заболеваний изменяется согласно ландшафтной зональности.

Для Субарктики типичны локальные очаги Ак, Дф, Оп, часто с высоким уровнем потенциальной опасности. Имеются определенные предпосылки заболеваемости Тр, Лс, типичной тундре уровень потенциальной опасности, как правило, ниже. Субарктические ландшафты практически безопасны в отношении Кэ, Кр, Гд, Ст.

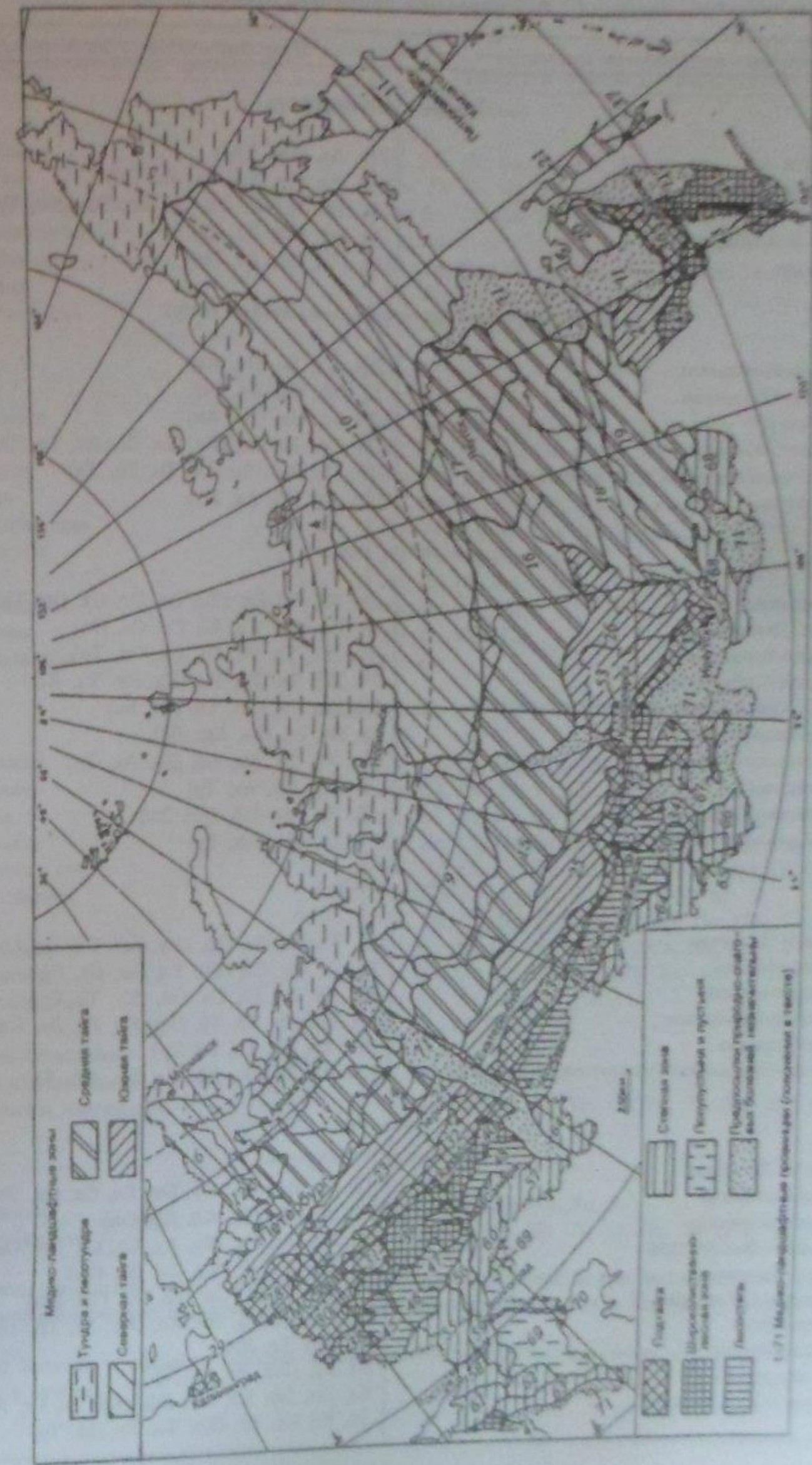


Рис. 34. Районирование природно-очаговых болезней.

Таблица 17. Районирование природно-очаговых болезней

Медико-ландшафтная провинция	Природно-очаговые зооантропонозы
<i>Тундра и лесотундра</i>	
1. Кольский	Дф, Ак, (Бш, Тл?)
2. Нижнекамская	Дф, Ак, (Тл, Бш, Ку, Лс, Эж)
3. Западно-Сибирский	Ак, Дф, Тл, Лс, Оп, Тп, Тн, Эж, (Бш, Тр, Ся)
4. Восточно-Сибирский	Ак, Дф, (Тл, Лс, Ся)
5. Чукотский	Ак, (Тл, Бш, Лс, Пт)
<i>Северная тайга (включая луговой-лесную зону)</i>	
6. Кольско-Карельский	Дф, (Тл, Лс, Оп, Ак)
7. Двинско-Мезенский	Тл, Дф, (Тл, Лс, Оп)
8. Печерский	Дф, Тл, Оп, (Лс, Ак)
9. Западно-Сибирский	Оп, Дф, Тп, Эж, (Ку, Тл, Лс, Ак, Тр, Тп)
10. Восточно-Сибирский группа провинций	Дф, (Тл, Бш, Лс, Ак, Тр, Тп, Тн)
11. Камчатский	(Кр, Ку, Дф, Ак, Пт)
<i>Средняя тайга</i>	
12. Карельский	Дф, Кз, Гл, Кз, (Тл, Лс, Ст, Ся, Оп, Тр)
13. Онего-Двинский	Тл, Дф, (Кз, Гл, Лс, Ст, Ся, Оп)
14. Канско-Вытегорский	Дф, (Кз, Тл, Лс, Ст, Ся, Оп, Тр)
15. Западно-Сибирский	Оп, Дф, Тр, Тп, Тн, (Кз, Ку, Тл, Лс)
16. Тунгусско-Алданский группа провинций	Дф, Ак, Тр, (Кз, Тл, Бш, Лс)
17. Лено-Вилуйский	Ак, Вл, Тл, (Кз, Бш, Лс)
18. Байкальско-Становой	(Кз, Ку, Тл, Бш, Лс, Дф, Ак, Тр)
19. Забайкальский	(Кз, Кр, Дф, Ак, Тр)
20. Нижнеамурский	Дф, Кл, Мг, Нф, (Кз, Эж)
21. Северо-Сахалинский	Лс, Тл, (Кз, Дф, Тр)
<i>Южная тайга</i>	
22. Северо-Западный	Кз, Тл, Гл, Лс, Дф, (Ку, Бш, Ся, Пт, Оп)
23. Волго-Вятский	Кз, Гл, Лс, Ся, (Ку, Тл, Бш, Ст, Дф)
24. Предуральский	Кз, Дф, Лс, Гл, Ся, Оп, (Ку, Тл, Ст)
25. Западно-Сибирский	Оп, Дф, Кз, Тл, Тр, (Кр, Ку, Гл, Лс, Ся, Ак, Тп)
26. Приангарский	(Кз, Кр, Ку, Тл, Лс, Тр)
27. Зейско-Бурейский (южнотаежно-подтаежный)	Кз, (Кр, Гл, Лс, Дф, Кл, Мг, Нф, Тр)
<i>Подтайга</i>	
28. Северо-Западный	Тл, Лс, Дф, (Кз, Ку, Бш, Гл, Ст, Ся, Пт)
29. Прибалтийский	Бш, Лс, Ст, (Гл, Ся, Дф, Оп)
30. Верхневолжский	Тл, Бш, Лс, Гл, (Кз, Ку, Ст, Ся, Дф, Оп)
31. Мещеро-Ветлужский	Тл, Гл, (Кз, Лс, Ку, Ся, Дф, Оп)
32. Предуральский	Кз, Гл, Лс, Ст, Ся, Дф, Оп, (Тл, Бш)
33. Западно-Сибирский	Тл, Кз, Кр, Дф, Оп, Ак, (Ку, Лс, Тр, Тп, Го)
34. Саларский	Кз, (Кр, Тл, Лс)
35. Предкавказский	Кз, Кр, (Бш, Лс, Ак, Тр)
36. Приамурский	Кз, Бш, Дф, Кл, Мг, Нф, (Кр, Тл, Гл, Лс, Ак, Тр)
37. Южно-Сахалинский	Лс, Кз, Ку, Тл, (Кр, Тс, Пт, Дф, Тр)

Медико-ландшафтная провинция	Природно-очаговые зооантропонозы
<i>Широколиственно-лесная зона</i>	
38. Среднерусская	Тл, Бш, Лс, Ст, Ся, Гл, (Кз, Ку, Дф, Оп)
39. Приволжская	Бш, Гл, Лс, Ку, Тл, Ся, Дф, (Кз, Ст, Оп, Тр)
40. Заволжско-Предуральская	Гл, Кз, Тл, Бш, Лс, Ся, Дф, (Ку, Ст, Оп)
41. Северо-Кавказская	Гл, Лс
42. Амурско-Зейская	Кз, Кр, Бш, Тл, Гл, Лс, Пт, (Кл, Мг, Пт, Тр, Тп)
43. Уссурийская	Кз, Кр, Гл, Лс, Пт, (Тл, Бш, Ка, Тс, Кл, Мг, Нф, Пт)
44. Сихотэ-Алиньская	Кз, (Кр, Тл, Гл, Пт)
<i>Лесостепь</i>	
45. Среднерусская	Тл, Бш, Ст, Лс, Ся, (Ку, Гл, Дф, Оп, Тр)
46. Окско-Донская	Тл, Бш, Ку, Лс, Ст, Ся, (Гл, Тп, Тр)
47. Приволжская	Бш, Лс, Ку, Тл, Гл, Ст, Ся, (Кз, Дф, Тп)
48. Заволжская	Гл, Бш, Лс, Ся, (Кз, Ку, Тл, Ст, Дф, Оп)
49. Западно-Сибирская	Оп, Ак, Кз, Кр, Бш, Лс, Го, (Ку, Тл, Ся, Тр)
50. Предкавказская	Тл, Кз, Кр, Бш, Оп, Лс
51. Кузнецкая	Лс, Кз, Кр, Бш, (Ся)
52. Канско-Ачинская	Кр, Кз, (Тл, Лс)
53. Минусинская	Кр, Кз, (Лс, Ся)
54. Западно-Саянская	Кз, Кр
<i>Степная зона</i>	
55. Среднерусская	Бш, Ст, Ся, (Ку, Тл, Гл, Лс, Дф, Оп)
56. Приволжская	Бш, Ся, Ку, Лс, Гл, Ст, Дф, (Тл, Оп, Тп)
57. Заволжская	Гл, Ку, Бш, Лс, Ст, Ся, Бр, (Тл, Оп, Дф)
58. Нижнедонская	Бш, Лс, Ст, Ся, Бр, (Ку, Тл, Гл, Гк, Дф, Оп)
59. Волго-Донская	Бш, Ку, Гл, Ст, Дф, Бр, (Тл, Лс, Ся, Оп, Эж)
60. Нижнезаволжская	Бш, Дф, Ку, Гл, Лс, Ст, (Тл, Оп, Эж)
61. Кубанская	Ст, Бш, Лс, Бр, (Ку, Тл, Гк, Ся, Оп, Дф)
62. Староопольская	Бр, Ку, Ся, Лс, (Тл, Бш, Гл, Ст, Дф, Оп)
63. Предкавказская	Лс, Ст, Ся, Бр, Бш, Эж, (Ку, Тл, Ак)
64. Западно-Сибирская	Бш, Кр, Лс, Оп, Ак, (Тл)
65. Алтайская	Кз, Тл, Лс, (Кр)
66. Центрально-Алтайская	Кр, (Кз)
67. Тувинская и Абаканская	Кр, Ся, (Кз, Лс)
68. Селенгинская и Баргинская	Кр, Бш, Лс, Ся, Ак, Тр, Тп, Тн, Эж, (Кз, Ку, Тл)
<i>Полупустыня и пустыня</i>	
69. Прикаспийская	Бш, Ся, Бр, (Ку, Тл, Лс, Кз)
70. Волго-Ахтубинская	Тл, Бш, Ся, Дф, Ку, Ст, Лс, Оп, Бр, (Гл, Гк)
71. Горно-таежные и высокогорные ландшафты с практическим отсутствием или незначительными предпосылками природно-очаговых заболеваний (на юге возможны локальные очаги Кз, Кр, Тл и др.)	

Примечание. Болезни с наиболее высокой потенциальной опасностью выделены курсивом, с наиболее низкой — даны в скобках.

В северной тайге наиболее распространенные зооантропонозы — Тд, Лс, Дф, Оп, реже (местами) — Гд, Ак, Тр, Тн, Эк. Потенциальная опасность заболевания, как правило, невысока, исключения представляют крупные речные очаги Дф и Оп. Практически не выражены природные очаги Кэ, Кр, Ку, Бш, Ся.

В средней тайге число опасных ПОБ возрастает, так же как и степень потенциальной опасности. Типичен, в частности, Кэ, хотя не во всех регионах и преимущественно с высоким риском заражения. Относительно распространенными заболеваниями являются Тд, Лс, Дф, Оп, в некоторых провинциях — Гд, Ст, Тр, Ак, для отдельных провинций эндемичны Кл и другие гельминтозы (Дальний Восток), Вэ (Центральная Якутия).

Для южной тайги характерны Кэ, Лс, Тд, локально Дф, Оп, нередко с высоким уровнем потенциальной опасности, относительно ниже риск заболеваемости Ку, Гд, Ст, Ся, в некоторых регионах — Кр, Бш, Ак, Тр.

Подтайга в медико-географическом отношении близка к южной тайге. Здесь также значительна потенциальная опасность Кэ, Тд, Гд, Лс, несколько ниже — Дф, Оп, но выше Кр (в азиатской части зоны), Бш. Для большинства других зооантропонозов (Ку, Ст, Ся, Ак, Тр) природные предпосылки относительно менее выражены.

В зоне широколиственных лесов Русской равнины существуют достаточно устойчивые предпосылки распространения Тд, Бш, Гд, Лс, Ся, местами Ст, Дф; относительно невысок уровень опасности Ку, Оп, в сравнении с подтайгой значительно уменьшается риск заражения Кэ. Зона широколиственных лесов Дальнего Востока в медико-географическом отношении заметно отличается от своего восточноевропейского аналога. Здесь наблюдается высокая потенциальная опасность по Кэ, имеется определенный риск заболеваемости Кр, Гд, Лс, в меньшей степени — Тд, Бш, Ку, Пг, но существуют природные очаги ПОБ, известных только на юге Дальнего Востока: Тс, Кя, Кл, Мг, Нф, Пг.

Для лесостепной зоны можно отметить повышенный уровень риска заболеваемости Тд, Бш, Лс, Ся, в Западной Сибири — также Кэ, Кр, Оп, Го, Ак, в Европейской России — Ку, Ст.

В степной зоне наибольшую потенциальную опасность представляют Бш, Лс, Ся, местами (особенно в европейской части) — Ку, Тд, Гд, Ст, Дф, Бр, в Сибири — Кр. Риск заболеваемости Кэ незначителен.

В полупустыне и пустыне существуют очаги Бш, Ся, Бр, местами Гк, Кс, в Волго-Ахтубинской пойме — Тд, Ку, Лс, Дф, Оп.

В каждой зоне при наличии общих нозогеографических особенностей обнаруживаются более или менее значительные внутренние региональные различия. Некоторые представления о них дает схематическая характеристика медико-ландшафтных провинций в табл. 17.

1.7. Стихийные природные явления и деструктивные процессы в ландшафтах

В научной и массовой литературе много говорится об опасных и особо опасных, необычайных и небывалых, экстремальных, стихийных, катастрофических природных явлениях, о стихийных бедствиях, природных катастрофах, природных чрезвычайных ситуациях. Во всех этих понятиях, несомненно, есть нечто общее, и все они имеют отношение к экологической географии, поскольку касаются существенных особенностей географической среды обитания людей. Однако, к сожалению, перечисленные термины не всегда употребляются в одинаковом смысле, они не имеют четких определений и не существует полной ясности о их соотношениях.

Приведем некоторые примеры. Д. Л. Арманд с соавторами (1973) причисляет к стихийным природным бедствиям вулканические извержения, землетрясения, цунами, засухи, суховеи, ураганы, эрозию, дефляцию, наводнения, сели, лавины и катастрофические подвижки ледников. Е. П. Борисенков и В. М. Пасецкий (1988) называют необычайными природными явлениями (по существу отождествляя их с экстремальными) засухи, нашествия вредителей, дождливое лето, дождливую осень, морозы в конце лета, холодные зимы, мягкие зимы, «небывалые» половодья, возвраты холодов в начале лета, «великие» бури и грозы, градобития, землетрясения, эпидемии, эпизоотии и голод. В новейшем «Справочнике по опасным природным явлениям...» (1997) даны сведения об экстремальных температурах воздуха и скоростях ветра, сильных снегопадах и метелях, интенсивных осадках и ливнях, сильных туманах, пыльных бурях, экстремальных уровнях воды в реках, а также довольно поверхностная информация о снежных лавинах, селевых потоках, карсте и землетрясениях.

Как видим, приведенные выборочные примеры позволяют квалифицировать ряд природных явлений и процессов (землетрясения, наводнения, засухи и др.) одновременно в качестве опасных, экстремальных, стихийных. По-видимому, к ним приложимы и некоторые другие аналогичные эпитеты. Впрочем, некоторые явления из числа упомянутых, а именно эпидемии, эпизоотии и голод, вообще нельзя относить к природным явлениям: они представляют собой лишь их последствия. Что же касается «необычайности» перечисленных явлений, то такое представление вряд ли можно считать научным, оно основано всего лишь на ограниченном житейском опыте одного или немногих поколений людей. Как свидетельствует хроника «необычайных» природных явлений, составленная Е. П. Борисенковым и В. М. Пасецким (1988), экстремальные природные явления современности уже неоднократно наблюдались в течение прошедшего тысячелетия.

Для современной эпохи характерно усиление внимания ученых и широкой общественности к опасным явлениям иного рода, корни которых связаны с человеческой деятельностью и имеют техногенную природу. Именно к ним чаще всего прилагают эпитет «экологические». Возникли понятия об экологических бедствиях и катастрофах, чрезвычайных экологических ситуациях, экологическом риске и т.п., которые пока еще не приведены в единую систему с четким научным содержанием, что позволяет трактовать их по-своему каждому автору. Нередко в подобных терминах наблюдается смешение категорий природного и техногенного характера. Так, С. М. Мягков и К. А. Кош

лов (1993) определяют чрезвычайные ситуации (ЧС) как нарушение нормальной жизнедеятельности вследствие внезапных природных или техногенных воздействий (катастроф, аварий и т. п.), выражающихся в социальном, экономическом, экологическом ущербе и требующих для их ликвидации особых управленческих усилий. В сводках Государственного Комитета СССР по чрезвычайным ситуациям в конце 80-х годов фиксировалось по 300–350 ЧС ежегодно, в том числе 3/4 техногенного и только 1/4 природного происхождения, а в 1992 г. в России было отмечено уже 800 ЧС, из них 91% техногенного происхождения. Ежегодное число природных ЧС колеблется в пределах 50–170. На их долю приходится лишь около 2% пострадавших и 1% погибших в ЧС (Мягков, Козлов, 1993).

Из приведенных цифр ясно следует резкое увеличение удельного веса техногенных аварий и катастроф по сравнению с опасными природными явлениями в ЧС, происходящих на территории России, что, однако, не дает оснований пренебрегать последними. Важно подчеркнуть, что две указанные выше категории причин ЧС имеют принципиально разный характер — не только по своему происхождению, но и по возможностям предвидения и предупреждения, по закономерностям проявления в пространстве и во времени. Опасные природные явления не зависят от человека, он не в состоянии предотвратить их и может лишь в той или иной мере смягчить их последствия. Техногенные ЧС в определенной степени управляемы, они зависят от самого человека, от социально-экономических условий, они учащаются в периоды социально-экономического неблагополучия, что мы и наблюдаем в настоящее время. Между стихийными природными явлениями и техногенными ЧС отсутствует прямая взаимосвязь и территориальная взаимоприуроченность. Поэтому попытки построить «комплексное», а по существу эклектичное, районирование территории России по природным и техногенным ЧС представляются малоперспективными.

Об экологическом значении техногенных факторов речь пойдет во второй части книги, здесь же мы рассматриваем только вопросы экологической опасности, связанные с природными процессами и явлениями. Очевидно, прежде всего необходимо разобраться в тех понятиях и терминах, которые упомянуты в начале этой главы.

Наиболее расплывчатый характер имеет такое общее понятие, как «опасные» природные явления. Строго говоря, безопасных природных явлений не существует, и при неумелом, неосторожном общении с природой любой компонент ландшафта, любое отдельное природное явление — даже самое полезное — могут оказаться опасными для человека. Купание в природных водоемах, принятие солнечных ванн, подледный лов рыбы, рекреационные прогулки в лесу, туристические походы на байдарках и многое другое — все это сопряжено с определенным риском. Напомним о ядовитых грибах, ядовитых клещах, кровососущих насекомых, гадюках, хищных зверях. Однако опасности этого рода вряд ли следует связывать со стихийными силами природы. В подобных случаях ответственность за возможные последствия несет сам человек, ибо такой опасности можно избежать.

Принципиально иного рода опасности для человека таит в себе природные явления, обычно называемые стихийными (СПЯ). Согласно одному из определений, стихийными называются «такие экстремальные природные явления, которые уничтожают материальные ценности, созданные человеком, угрожают жизни и здоровью людей» (Бабаханов,

1990, с. 172). К особенностям СПЯ часто относят их внезапность и непредсказуемость, кратковременность проявления при высокой интенсивности. Все это верно лишь отчасти. СПЯ подчинены определенным закономерностям и характеризуются регулярной, хотя и не строго периодичной повторяемостью, продолжительность их может быть самой разнообразной — от мгновенных подземных толчков до длительного бездождья и т. п.

Н. А. Бабаханов, как это следует из приведенного определения, связывает СПЯ с экстремальными проявлениями природных процессов. Такое определение не вызывает принципиальных возражений, но требует некоторых уточнений и дополнений. Во-первых, оценка явления как экстремального с экологической или социально-экономической точки зрения может не вполне совпадать с естественнонаучным определением экстремальных явлений как «отклонений от многолетних средних показателей закономерно проявляющихся природных процессов, типичных для данной территории» (Бабаханов, 1990, с. 172). Пороговые значения тех или иных процессов (понижения температуры воздуха, подъема уровня воды в реках и т. п.), опасные в экологическом или народнохозяйственном отношении, могут наступать, еще не достигнув своего естественного экстремума. Далее, понятие экстремальности применительно к СПЯ можно трактовать как своего рода аномальные явления, наступающие не в «свое» время или возникающие не на «своем» месте. Каждому ландшафту присущ закономерный годовой цикл функционирования, с последовательной сменой процессов, явлений, сезонных и суточных состояний. Но сроки наступления тех или иных явлений и состояний подвержены колебаниям, и если явление (снегопад, мороз и т. п.) «выбивается из графика», наступает раньше или позже «нормального», т. е. среднего многолетнего срока, оно нередко воспринимается как стихийное. Так, например, средняя суточная температура воздуха -8°C , нормальная для С.-Петербурга в январе, может обернуться настоящим стихийным бедствием, случись, даже на короткое время, в начале вегетационного периода. Температура воздуха -50°C — обычное явление для Восточной Сибири, к которому адаптировались местные жители, но для окрестностей Петербурга она могла бы оказаться экологической катастрофой.

Экстремальные явления вполне нормальные выражения колебательного характера многих процессов, происходящих в ландшафте, особенно в его наиболее подвижном воздушном компоненте. Однако далеко не все СПЯ обусловлены экстремальными проявлениями колебательных природных процессов. СПЯ, создающие значительную экологическую угрозу, могут возникнуть в результате постепенного, внешне незаметного накопления неблагоприятных изменений в компонентах ландшафта в ходе их естественной эволюции (например, эрозионное развитие рельефа, деградация многолетней мерзлоты, заболачивание).

Хотя СПЯ не зависят от человека, последний способен непреднамеренно содействовать их проявлению и даже провоцировать их, давая толчок возникновению или усилению деструктивных процессов в ландшафте, в частности эрозии, селевым потокам, пыльным бурям, термокарсту. Подобная роль человеческой деятельности наиболее ощутима в ландшафтах с неустойчивым гравитационным равновесием.

В литературе встречается мнение о локальном характере СПЯ, однако с этим трудно согласиться. Известны СПЯ самого разнообразного территориального масштаба — от локальных и узкорегionalных (например, наводнения) до макрорегиональных (напри-

мер, сильные засухи). Во многих случаях определение территориального масштаба СПЯ может иметь условный характер, поскольку эффект его не замыкается в рамках какой-либо ограниченной территории и лишь уменьшается по мере удаления от источника. Так, экологический эффект сильных вулканических извержений (типично локальное явление) приобретает глобальное значение.

Степень опасности СПЯ, их социально-экономическая и экологическая значимость могут быть весьма разнообразными и определяются размерами ущерба, причиненного населению и хозяйству соответствующей территории. Известны довольно многочисленными попытки ранжировать СПЯ в зависимости от размеров этого ущерба, однако до сих пор не найдены надежные критерии для такого ранжирования. Н. А. Бабаханов считает необходимым разграничивать понятия СПЯ и стихийные бедствия (СБ). К последним он относит, «как правило, непредсказуемые катастрофические природные процессы, сопровождающиеся разрушительными действиями самой природы, материальных ценностей в огромных масштабах и человеческими жертвами» (Бабаханов, 1990, с. 172). Свой вариант ранжирования «особо опасных» природных явлений предложил В. Р. Алексеев (1994), однако сам же признал его условность. То же можно сказать о различиях между СПЯ и СБ по Н. А. Бабаханову. В самом деле, что, например, следует принять за начало отсчета разрушений «в огромных масштабах» и какое число жертв следует считать критическим для перехода от СПЯ к СБ? По этому вопросу нет недостатка в рекомендуемых количественных показателях, однако они не имеют под собой какой-либо объективной основы и являются сугубо субъективными.

Характер и размеры ущерба от СПЯ в большой степени зависят от социально-экономических условий — уровня экономического развития, науки, техники и способности общества предусмотреть, предотвратить стихийные бедствия, найти и осуществить эффективные методы защиты. Поэтому естественно, что в современную эпоху социально-экономические последствия многих СПЯ оказываются значительно менее тяжелыми, чем даже в недалеком прошлом. Так, еще в XIX в. из-за засух и других стихийных бедствий (поздних заморозков, сильных дождей, градобитий) в России было 85 голодных лет (Борисенков, Пасецкий, 1988), в том числе в самом конце столетия (особенно 1889–1892, 1897 гг.). Сильные засухи вызывали голод и в начале нынешнего столетия (1901, 1921 гг.). Однако не менее жестокие засухи 1946 и 1972 гг. не повлекли за собой столь тяжелых последствий. В «переходный» период конца XX в. негативный эффект СПЯ стал более ощутимым. Следует также заметить, что систематическое повторение тех или иных СПЯ, например проливных дождей или (напротив) недостатка влаги во время вегетации в течение ряда лет, может нанести более серьезный ущерб народному хозяйству и благополучию населения, нежели кратковременные «разовые» СПЯ, расцениваемые как катастрофические.

В оценке социально-экономического ущерба от СПЯ необходимо особо выделить экологический аспект. Практически всякие негативные последствия СПЯ имеют экологическое значение — прямое или косвенное. Непосредственные экологические последствия выражаются в гибели людей, ухудшении их здоровья. Но и всякий материальный ущерб (потеря урожая, разрушение жилищ и т.п.) в конечном счете приводит к ухудшению условий жизни людей. Так, еще в недавнем прошлом засухи и неурожай как их следствия сопровождалась эпидемиями, эпизоотиями и падежом скота, что резко отри-

цательно сказывалось на благосостоянии населения, приводило к голоду и массовой гибели людей.

К этим, достаточно общеизвестным, экологическим аспектам проявления СПЯ необходимо добавить еще один, а именно ущерб, наносимый ими самой среде обитания людей. Деструктивные действия многих СПЯ (вулканических извержений, ураганов, пожаров, оползней и др.) непосредственно затрагивают различные компоненты ландшафта, в том числе рельеф и биоту. Происходящие при этом изменения в ландшафте могут в определенной степени ухудшить качество среды обитания (например, потеря продуктивных угодий, гибель лесов, загрязнение водоемов). Указанные обстоятельства необходимо учитывать при классификации СПЯ и при оценке наносимого ими ущерба.

Многообразие СПЯ диктует необходимость классифицировать их по многим признакам. Различаются две группы признаков, имеющие самостоятельное значение. Первая относится к характеру и степени социально-экономического ущерба от СПЯ; вторая группа — собственные признаки СПЯ, характеризующие сущность самих явлений. Выше уже коротко упоминалось о попытках классифицировать (точнее, ранжировать) СПЯ по признакам первой группы. Подробнее следует остановиться на естественнонаучной классификации СПЯ, которая и должна лежать в основе оценки их вероятности и интенсивности, разработки прогноза и мероприятий по предотвращению и защите.

Возможны различные подходы к естественнонаучной классификации в зависимости от того, каким критериям придается приоритетное значение: в какой среде происходят явления (воздушной, водной, наземной, подземной и т. п.), каковы закономерности их проявления в пространстве и времени, степень отклонения от нормы, повторяемость, продолжительность, взаимная связь. Обычно принято различать типы СПЯ по их связи с компонентами ландшафта — климатические, гидрологические, геоморфологические или атмосферные, гидросферные, литосферные (например, Алексеев, 1994). Подобный, самый простой, подход к классификации может иметь определенное значение, однако он явно недостаточен хотя бы уже потому, что многие СПЯ оказываются комплексными, происходят в результате взаимодействия разных компонентов ландшафта и никак не раскладываются «по полочкам». Таковы, например, селевые потоки, наводнения, лесные пожары.

Комплексная естественнонаучная классификация СПЯ должна быть генетической, основываться на происхождении, причинности и глубинной внутренней сущности рассматриваемых явлений. В генетической классификации СПЯ следует учитывать не только экстремальные проявления природных процессов, способные вызвать ощутимый «разовый» эффект в виде больших жертв и материальных потерь, но и постоянно идущие, относительно медленные, но потенциально опасные процессы, приводящие в конечном счете к нежелательным с социально-экономической и экологической точек зрения перестройкам в ландшафте (например, деградация многолетней мерзлоты, эрозия, карстообразование). Разработка классификации должна начинаться с выявления первичных причин, т. е. факторов СПЯ. Первичная причина вызывает в ландшафте своего рода цепную реакцию, захватывая взаимосвязанные компоненты. При этом основной экологический эффект может быть связан уже с вторичными процессами. Так, опустошительные наводнения бывают следствием обильного выпадения атмосферных осадков, а менее опустошительное нашествие саранчи — наоборот, крайнего их недостатка. В

обоих случаях причины стихийного бедствия надо искать в аномальном характере атмосферных процессов.

Первопричины СПЯ лежат в сущности вне ландшафта и носят двойной характер. Факторы первого рода в своей основе имеют космическую природу и «входным» компонентом ландшафта для них служит атмосфера. Факторы второго рода связаны с тектоническими процессами в глубинах литосферы и «входными» компонентами в этом случае оказываются формы рельефа и слагающие их горные породы. Те и другие факторы характеризуются определенной изменчивостью во времени, что и создает возможность экстремальных ситуаций в функционировании ландшафта. Главные источники СПЯ космического происхождения — ритмические колебания солнечной активности, изменения сил тяготения в системе Земля—Солнце—Луна; их важнейшие географические следствия — изменчивость температурного режима атмосферы, глобальной системы циркуляции воздушных масс и атмосферного увлажнения.* Колебания атмосферных процессов неизбежно сказываются в других компонентах ландшафта, при этом изначальная ритмичность, обусловленная космическими причинами, претерпевает сложные трансформации и повторяемость экстремальных явлений в разных компонентах не имеет строгой периодичности.

Различаются три группы СПЯ «чисто атмосферного» характера, т. е. связанные непосредственно с экстремальными проявлениями процессов, происходящих в воздушной среде:

- 1) термические (сильные зимние морозы, ранние и поздние морозы и заморозки, экстремально высокие температуры);
- 2) аэродинамические, или циркуляционные (бури, ураганы, тайфуны, смерчи);
- 3) гидрометеорные (продолжительные обложные дожди, ливни, интенсивные снегопады, град, гололед, туманы).

Некоторые атмосферные СПЯ возникают как сочетания перечисленных групп или как совместное выражение двух или трех экстремальных явлений: метели и снежные заносы — сочетание снегопадов и сильных ветров, суховеи — ветры в сочетании с высокой температурой и низкой влажностью воздуха, атмосферные засухи — длительный недостаток атмосферных осадков при относительно высоких температурах в течение вегетационного периода. В особую категорию СПЯ следует выделить грозы, сопровождаемые ударами молнии, обусловленными электрическими разрядами в атмосфере.

Проявления атмосферных СПЯ не ограничиваются воздушной средой и могут дать толчок стихийным процессам в других компонентах ландшафта, вызывая цепочку последовательных изменений. Термические ритмы в атмосфере непосредственно сказываются на гидрологических процессах, в частности на образовании ледостава, с которым связаны ледяные зажоры и заторы на реках, в свою очередь могущие служить причиной наводнений, а также наледей. От интенсивности выпадения осадков зависят уровень воды в реках и озерах, паводки и половодья, нередко переходящие в наводнения. Сильные ветры могут быть причиной нагонных наводнений, в том числе и в результате подъема уровня морских вод у низких побережий.

* Мы не касаемся здесь таких непосредственных космических воздействий, как падение метеоритов и астероидов, столкновения комет.

Атмосферные факторы стимулируют экзогенные геоморфологические процессы, которые также могут рассматриваться как СПЯ, а нередко — как катастрофические. Колебания температуры воздуха способствуют деградации многолетней мерзлоты, сопровождаемой солифлюкцией (сползанием по склонам влажного талого грунта и образованием характерных форм микрорельефа), термокарстом (образованием просадочных и провальных впадин в результате вытаявания подземного льда). Совместное влияние термического оттаивания мерзлых толщ и механического воздействия речных или морских вод приводит соответственно к размыву земной поверхности с образованием оврагов (термоэрозия) и к отступанию морских берегов (термоабразия). Атмосферные осадки, стекающие по поверхности суши в виде плоскостного и руслового стока, служат фактором эрозионных процессов, интенсивность которых находится в прямой зависимости от характера и интенсивности атмосферных осадков (особенно ливневых дождей, больших запасов и интенсивного таяния снега). Эрозия может приобрести катастрофические масштабы. Прямое следствие аэродинамических процессов — дефляция — представляет собой СПЯ явно деструктивного характера, особенно в такой экстремальной форме, как пыльная буря. Результаты прямого или косвенного влияния колебаний атмосферных процессов — усиление таяния и отступление горных ледников, лавины, сели, оползни.

Достаточно очевидная, хотя и сложная, зависимость существует между СПЯ биотического характера и их атмосферными первопричинами: экстремальные отклонения температурного режима, увлажнения через влияние на кормовую базу животных могут привести к вспышкам размножения, нашествиям насекомых-вредителей (например, саранчи), грызунов, к эпизоотиям.

Стихийность проявления СПЯ, обусловленных эндогенными (тектоническими и вулканическими) факторами, имеет двойной характер — прямой и косвенный. Непосредственное действие катастрофических землетрясений и вулканических извержений относится к числу самых разрушительных СПЯ. Более широк спектр косвенных проявлений медленных эпейрогенических движений земной коры, заметный эффект которых сказывается не сразу. Последствия этих процессов, накапливающиеся в течение геологических эпох, выражаются в существовании крупных форм рельефа и, следовательно, участков с различным гравитационным потенциалом. Тем самым создаются предпосылки для развития ранее упоминавшихся денудационных экзогенных процессов, которые реализуются в различных ландшафтах при нарушении гравитационного (а в условиях многолетней мерзлоты и термического) равновесия. Таким образом, конечный результат СПЯ этого типа, которые по их месту в ландшафте можно именовать геоморфологическими, определяется взаимодействием эндогенных и экзогенных географических факторов. В отличие от атмосферных СПЯ, имеющих преимущественно колебательный и обратимый характер, денудационным процессам свойственна однонаправленность, т. е. необратимость, выражающаяся в переносе материала только в направлении действия силы тяжести (если не считать некоторых случаев ветрового переноса). Перемещение твердых, грязекаменных, снежных масс под воздействием силы тяжести часто сопровождается большими разрушениями и человеческими жертвами, что дало основание говорить об «эколого-геоморфологическом» риске (Ананьев, 1992).

Оценивая СПЯ с точки зрения их роли в экологически неблагоприятном изменении ландшафта как среды обитания людей, целесообразно особо выделить группу деструк-

стихийных процессов. Уже отмечалось, что некоторые СПЯ, имеющие ритмический характер, вызывают те или иные относительно кратковременные нарушения в нормальном функционировании ландшафта, не приводят к его необратимым изменениям. Подобные «нарушения» можно считать нормальными явлениями для определенных типов ландшафтов. Например, экстремальные понижения температуры, воспринимаемые нами как стихийное бедствие, — нормальные проявления в ритмах функционирования таежных ландшафтов; «катастрофические» засухи — типичное явление для полупустыни. Подобные и многие другие СПЯ не следует оценивать как деструктивные для соответствующих ландшафтов. Природный процесс можно рассматривать как деструктивный для геосистемы, если он ведет к ее необратимому, пусть даже медленному, но с экологической точки зрения нежелательному изменению. Практически к ним можно отнести все денудационные процессы. Особый характер эколого-геоморфологического риска состоит в том, что именно денудационные процессы в условиях гравитационной неустойчивости ландшафта могут быть легко спровоцированы или активизированы вмешательством человека в результате нерациональной обработки почвы, непродуманного размещения инженерных сооружений, добычи полезных ископаемых и т. д.

Некоторые деструктивные процессы в указанном смысле слова могут быть обусловлены и перемещениями воздушных масс, вызванными термодинамической неустойчивостью в атмосфере и достигающими разрушительной силы (ураганы, тайфуны, смерчи). Что касается обратимости или необратимости вызываемых ими нарушений, например ветровалы в лесах, то это зависит от конкретной ситуации.

Характер СПЯ на территории России не претерпел сколько-нибудь существенных изменений, по крайней мере, за последнее тысячелетие. Об этом свидетельствует, в частности, хроника экстремальных природных явлений за указанный период, составленная Е. П. Борисенковым и В. М. Пасецким (1988). Однако общие колебания климата вызвали периодическое усиление или ослабление тех или иных СПЯ. Во второй половине нашей эры в Европе произошла смена трех больших климатических эпох, на фоне которых наблюдались колебания климата с различными частотами и амплитудами, что предопределило достаточно сложный ход истории СПЯ. То же можно сказать о характере эндогенных процессов в земной коре и их стихийных проявлениях на поверхности.

В X–XI вв., в конце эпохи так называемого малого климатического оптимума (потепление), русское сельское хозяйство страдало от засух. В конце XII в. начался переход к «малому ледниковому периоду» — участились продолжительные и холодные зимы, дождливые летние сезоны, возвраты холодов, наводнения. На Руси свирепствовали голод и эпидемии, продолжавшиеся и в начале XIII в. В дальнейшем чередовались периоды улучшения и ухудшения климата, усилилась его изменчивость. Черты «малого ледникового периода» — холодные зимы и переувлажненность — особенно ярко проявились в первой половине XV в., на которую приходится один из самых продолжительных голодных периодов на Руси (1420–1422 гг.). Резкое похолодание как на Руси, так и в Западной Европе наблюдалось в последней трети XVI — начале XVII в. Жесткие зимы характерны и для XVIII в.

В первой половине XIX в. началась эпоха потепления, продолжающаяся и в настоящее время. Однако большая изменчивость климата и частые СПЯ метеорологического

происхождения типичны и для XIX в.; для него отмечено 70 засух, 53 дождливых лета, 51 холодная зима, 36 сильных наводнений, 45 возвратов холодов в начале лета, 59 великих бурь и гроз, 63 года с эпидемиями и эпизоотиями, 85 голодных лет (Борисенков, Пасецкий, 1988). Начало XIX в. ознаменовалось исключительно холодными зимами и летними засухами в Европейской России. Засухи иногда охватывали не только южные, но и центральные, а отчасти и северные губернии (например, 1824, 1832, 1833, 1840 гг.). Но чаще засухи на юге и востоке сочетались с обильными дождями, сильным ветром, холодом, градобитиями в других губерниях. Засухи сопровождалась нашествиями саранчи, грызунов, пожарами, эпизоотиями, падежом скота, приводили к гибели урожая и голоду, способствовали распространению эпидемических заболеваний. Холодные и дождливые годы также были неурожайными и голодными. Только три года первой половины XIX в. не считались голодными. В 1830 г. от холеры умерло 42 000 чел., в 1831 г. — 100 000.

1840-е годы также характеризуются контрастностью метеорологических условий, засухами на юге, обильными осадками в западных и центральных районах Европейской России; последние обусловили очень высокие половодья и наводнения (1844, 1845, 1847 гг.). Настоящим стихийным бедствием явились градобития: в 1843 г. они уничтожили не менее 210 000 десятин посевов, в 1847 г. — 125 000, в 1848 г. — 65 000, в 1849 г. — 150 000 десятин. Продолжали свирепствовать эпидемии, в 1848 г. холера унесла 668 000 жизней.

С середины XIX в. резко уменьшилось число морозных дней, но СПЯ атмосферного происхождения не стали более редкими. Практически во второй половине столетия ежегодно в тех или иных районах, на большем или меньшем пространстве случались засухи, продолжительные интенсивные дожди, наводнения, бури, градобития и как следствие — неурожай и голодные годы, а также землетрясения. В качестве примера приведем выборочные данные о числе стихийных бедствий за отдельные годы (Борисенков, Пасецкий, 1988):

	1851	1853	1854	1857
бури	53	46	58	74
градобития	357	376	322	836
землетрясения	6	5	2	6
наводнения	27	54	36	18
нашествия вредителей	19	22	21	35

Только в 1851 г. от удара молнии погибло 582 чел., 368 — при обвалах, 12 — при бурях и наводнениях, 271 замерз. Жертвами сильной вьюги в центральных губерниях (Тульской, Орловской, Калужской, Курской) в 1850 г. стали 1200 чел.

В 1860-е годы очень мягкие зимы чередовались с холодными. В западных и центральных районах летом часто отмечались обилие дождей, наводнения, гибель посевов. В Поволжье в летнее время преобладали жара и засуха (особенно в 1862 и 1863 гг.). Ежегодные неурожай отмечались в 70–80-е годы, особенно сильная засуха на юге России была в 1885 г.

Для последнего десятилетия XIX в. примечательна серия засух: сильнейшая из них была в 1891 г., за нею последовали засухи 1892, 1895, 1898, 1900 гг. Вместе с тем

наблюдалась большая межгодовая и сезонная контрастность в ходе атмосферных СПЯ и в их региональных проявлениях. Летним засухам сопутствовала серия холодных зим с 1892/1893 по 1895/1896 г., но зима 1898/1899 г. была очень теплой во всем умеренном поясе Евразия, а последующий зимний сезон снова оказался очень холодным. Засухам на юге Европейской России, как правило, соответствовало холодное и дождливое лето в северной половине этой территории, однако летом 1896 г. выпали обильные осадки на юге, а в окрестностях Петербурга была засуха, горели торфяники. В 1900 г. лето почти повсеместно было жарким и засушливым; в центральных губерниях горели леса и торфяники.

Начало XX в. характеризовалось типичным для всей предшествующей эпохи набором СПЯ атмосферного происхождения: очень холодные зимы сменялись мягкими, с неустойчивой погодой, с чередованием морозов и оттепелей; наблюдались сильные метели и снежные заносы, весенние возвраты холодов и поздние заморозки, наводнения (одно из наиболее сильных — в бассейнах Оки и Днепра в 1908 г.), грозы, ураганы (в 1904 г. во время урагана в Москве погибло 9 чел.), обильные затяжные дожди и ливни, почти ежегодные засухи в отдельных районах (наиболее сильные в 1901, 1905, 1906 гг.).

Таким образом, исследования экстремальных атмосферных явлений не позволяют выявить сколько-нибудь строгую последовательность их смены и периодичность. Внешне история СПЯ представляется довольно хаотичной, известны случаи, когда они распространялись на обширную территорию и происходили синхронно в Западной Европе и России, например чрезвычайно суровые зимы начала XIX в. или 1990/1991 г., но чаще наблюдались региональные контрасты в различных территориальных масштабах. Такие СПЯ, как градобития, могут происходить почти одновременно в разных районах, но имеют локальное проявление. Бури, смерчи случаются эпизодически в самых разных районах.

Уже отмечалось, что не всякое СПЯ и не всегда можно расценивать как стихийное бедствие. В современную эпоху СПЯ не стали более редкими, чем в историческом прошлом, однако число человеческих жертв от большинства из них уменьшилось. Изменились и критерии оценки материального ущерба. Если в прошлом главными критериями были неурожай, гибель посевов и скота, то теперь акцент смещается на разрушения инженерных сооружений — жилых, промышленных, транспортных и др. Приведем выборочные примеры из хроники стихийных бедствий последних лет. В 1992 г. официально зарегистрировано 189 природных катастроф, в том числе 32 землетрясения (не причинивших, впрочем, серьезного ущерба, силой 5–6 баллов), 18 лавин, 3 сели, 1 оползень. В природных катастрофах погибло 86 чел., в том числе под селями и лавинами — 8, и пострадало 4390 чел. В 1993 г. было зарегистрировано 19 землетрясений, также не имевших существенных последствий. В разных районах страны отмечались лавины, сели, обвалы, оползни, ураганы, смерчи, метели, ливни, градобития, наводнения. Жертвами лавин стали 27 чел., наводнений — 15, ураганов — 5, обвалов и осыпей — 2, отрыва прибрежных льдов — 2, шквалов — 1.

При всей очевидности пространственно-временной пестроты и непредсказуемости СПЯ, они подчинены географическим закономерностям, которые определяют макро- и мезорегиональные различия в вероятности наступления, частоте и интенсивности различных явлений.

Атмосферные макропроцессы имеют в значительной степени зональный характер, что уже было показано в гл. 1.2. Правда, характеристика их территориальных различий основана на средних многолетних показателях. Но величины экстремумов распределяются по территории в общих чертах аналогично средним значениям. Так, наиболее холодные зимы «в среднем» свойственны субарктическому и бореальному (таежному) поясам, в особенности внутриконтинентальных секторов (табл. 2, рис. 9). Там же наблюдаются и самые низкие абсолютные минимумы температур (табл. 2). Подобным же образом бури и ураганы наиболее вероятны там, где фиксируется наивысшая средняя годовая или (что более надежно) сезонная и месячная скорость ветра.

Хотя распространение экстремально низких температур существенно зависит от локальных условий (наличие замкнутых впадин, близость водоемов и др.), общие зональные и провинциальные закономерности выявляются достаточно четко. Самые низкие величины абсолютного минимума температуры воздуха (от -60 до -70°C) наблюдаются в резко и крайне континентальных ландшафтах тайги и Субарктики Сибири. Для северной половины Европейской России типичны величины от -50 до -55°C , для южной — от -40 до -50°C . Уровень экстремально низких температур особенно сильно снижается под влиянием морей: в Прибалтийской подтаежной провинции — до -35°C , на Курильских островах — до -26°C , а на субтропическом побережье Черного моря — до -15°C . Надо подчеркнуть, что уровень опасности экстремально низких температур определяется не их абсолютной величиной, а степенью отклонения от «нормы», т. е. средней величины для данного района. Аналогичным образом уровень экстремально высоких температур в общих чертах изменяется в том же направлении, что и средние летние температуры, т. е. в основном зонально (Справочник..., 1997).

Не останавливаясь подробно на СПЯ, связанных с экстремальным выпадением жидких и твердых осадков,* заметим лишь, что в них также отчетливо проявляются макро- и мезорегиональные закономерности. Вся северная часть страны относится к поясу избыточного увлажнения, что находит свое выражение в годовом количестве осадков (рис. 10) и коэффициенте увлажнения (рис. 12). Не случайно летопись СПЯ дает наибольшую частоту экстремально влажных годов и сезонов, эпизодических ливней, сильных снегопадов именно для этого пояса. Можно говорить о гумидном типе атмосферных СПЯ в отличие от аридного типа, которому присуща нарастающая к югу и к центру континента повторяемость засух и других сопутствующих им явлений.

В некоторых атмосферных явлениях, подверженных сильному влиянию локальных факторов, зональность, а также долготная секторность выражены не столь четко. Примером сложного сочетания влияния региональных и локальных факторов может служить распространение сильных туманов (при которых дальность видимости не превышает 100 м в течение не менее 12 ч). Максимальное годовое число дней с сильными туманами наблюдается в высокогорьях с влажным климатом: на Южном Урале — 100, на Полярном Урале и в западной части северного склона Большого Кавказа — 57. В равнинных условиях сильные туманы чаще всего случаются на побережьях относительно холодных морей, особенно на Сахалине и Курильских островах (местами до 5–6 в год) и на некоторых участках полярных морей (до 3). В локальных условиях внутриматериковых

* Сведения о максимальном годовом числе дней с интенсивными осадками, ливнями, крупным градом, сильными снегопадами, гололедом приводятся в том же «Справочнике...» (1997).

стенных, а также полупустынных районов наблюдалось до 2 дней в год с сильными туманами. В тасжской зоне такие туманы практически не бывают (за редким исключением).

Очень сильные ветры наблюдались практически повсеместно на территории страны. Продолжительный ветер со скоростью более 20 м/с (что соответствует 9 баллов и выше по шкале Бофорта) принято называть *бурей*, или *штормом*. Кратковременный ветер такой же силы — *шквал*. *Ураганом* считается ветер со скоростью 30 м/с и более (12 баллов). Возникновение бурь и ураганов связано главным образом с контрастами атмосферного давления в циклонах (на холодных фронтах) или на периферии антициклонов. За последние 60 лет ураганные ветры со скоростью 40 м/с, а местами и более, наблюдались почти по всему Тихоокеанскому побережью, а также в некоторых районах, примыкающих к Баренцеву, Карскому и Черному морям, в высокогорьях и на юге Сибири. За период 1972–1985 гг. максимальное годовое количество дней с ветрами со скоростью 30 м/с и более (с порывами 40 м/с и более) в течение 6 ч и более составило на Полярном Урале 68, на юге Сахалина — 57, на Курильских островах — 42, местами на открытых побережьях тихоокеанских морей — свыше 10, в районе Новороссийска — 5–6, во многих районах Европейской России, Западной и Южной Сибири — от 1 до 3.

Среди разнообразных локальных проявлений экстремально сильных ветров выделяется *новороссийская бора* — сильный ветер, возникающий при зимних вторжениях холодного воздуха, который переваливает через Мархотский перевал и движется вниз по горному склону, часто достигая скорости 40 м/с и более в Новороссийске и 60 м/с на перевале. В Новороссийске отмечается в среднем 46 дней в году с борой. Продолжительность боры чаще 1–3 сут, реже — до недели. Ветер сопровождается разрушениями. Так, в 1993 г. сила ветра доходила до 37–42 м/с, были повреждены жилые дома, портовые сооружения, затонули или были выброшены на берег суда.

Самые разрушительные ветры — *тайфуны*, тропические циклоны. Их катастрофическому воздействию подвержены страны Юго-Восточной Азии. По числу жертв они, наряду с наводнениями, занимают первое место в мировой статистике стихийных бедствий. В 1970 г. в Бангладеш во время тайфуна погибло более 1 млн. чел. Тайфуны иногда достигают берегов Приморья, Сахалина и Курильских островов, реже Камчатки, сопровождаясь ливневыми дождями, вызывающими наводнения, сильным волнением на море, нагонами воды в прибрежной полосе. На Сахалине, например, отмечается от 2 до 8 тайфунов ежегодно, преимущественно в августе, сентябре; они перемещаются со скоростью 30–50 км/ч, скорость ветра достигает 40–50 м/с, дожди продолжаются 4–5 сут, и за это время выпадает более 100 мм осадков.

К разрушительным атмосферным явлениям относятся также *смерчи* — сильные вихри, при которых скорость ветра может достигать 300 м/с. Смерчи возникают в условиях меридионального переноса воздушных масс, на фронтальных зонах между контрастными по свойствам арктическими и тропическими массами. Образующийся при этом вихрь с вертикальной осью имеет диаметр от десятков метров до 1 км, длина пути — 100–120 км. Смерчи наблюдаются эпизодически в разных районах, кроме Арктики и горных хребтов, однако намечается несколько зон с их наибольшей повторяемостью. Согласно Ф. Ф. Брюханову и др. (1989), в Восточной Европе выделяются четыре смерчопасные зоны: одна проходит через Литву, Белоруссию и Правобережную Ук-

раину, другая — через Подмоскowie, Мещеру, Воронеж, низовые Днепра и Крым, третья приурочена к побережью Крыма и Приазовью, четвертая — к бассейну Камы. В относительно узкой полосе прохождения смерча происходят катастрофические разрушения, нередко сопровождаемые человеческими жертвами.

Ущерб, вызываемый бурями и ураганами, определяется не только механическим воздействием движущихся воздушных масс и может усугубляться их термическими свойствами, влагосодержанием, а также способностью переносить большие массы твердого вещества и снега. Так, влияние боры в значительной мере возрастает из-за сильного снижения температуры, которое может вызывать обледенение судов и других сооружений. Примером противоположного характера служат суховеи.

Суховеи называют длительный ветер, возникающий на периферии антициклона с высокой температурой воздуха и низким влагосодержанием. В «Справочнике...» (1997) в качестве признаков суховея приняты температура воздуха 25°C и выше, относительная влажность 30% и ниже, скорость ветра 5 м/с и более, продолжительность 3 дня и более. В прикаспийской полупустыне максимальное годовое число периодов с суховеями достигает 10–13 при максимальной продолжительности одного периода до 29 дней. Для степной зоны типичны соответственно 4–10 периодов с максимальной продолжительностью 4–10 дней. Для лесостепи и европейской широколиственно-лесной зоны — 1–3 периода с максимальной продолжительностью 2–6 дней. В тайге и подтайге суховеи крайне редки и лишь в некоторых районах наблюдалось по 1–2 непродолжительных периода.

Пыльные бури типичны для аридных и субаридных ландшафтов. Во время пыльной бури миллионы тонн пыли, состоящей из почвенных частиц, могут быть перенесены на тысячи километров. Возникновению пыльных бурь особенно способствует нерациональная распашка почвы в условиях ее частого иссушения из-за недостатка атмосферной влаги. В результате происходит уничтожение верхнего слоя почвы на обширных пространствах, а отложение пыли в других районах вызывает гибель посевов, заносы на дорогах и т. д. «Классический пример» — знаменитая пыльная буря в США 11 мая 1934 г., поразившая площадь в 300 млн. га, причем около 45 млн. га пахотных земель почти полностью погибли; за сутки было унесено 300 млн. т почвенных частиц. Сильные пыльные бури, сопровождающиеся человеческими жертвами, известны и на юге России. В частности, в мае 1892 г. такая буря охватила пространство от Черного моря до Петербурга. Если принять в качестве признаков пыльной бури перенос пыли ветром продолжительностью не менее 6 ч, при скорости 15 м/с и более, то в период 1970–1992 гг. максимальное годовое число дней с этим явлением составило в пустынных, полупустынных и многих степных районах Предкавказья и юга Русской равнины 2–3; несколько реже пыльные бури наблюдались в степях юга Сибири (Справочник..., 1997).

Перенос снега ветром над земной поверхностью называется *метелью*. Для образования метели достаточно силы ветра 4–5 баллов (примерно 6–8 м/с). При увеличении силы ветра до 15–20 м/с метель превращается в *снежную бурю*, хотя строгой границы между этими понятиями не существует. Сильные метели и снежные бури с давних времен наносили значительный ущерб хозяйству России; в прошлом они нередко вызвали массовую гибель скота и человеческие жертвы (о катастрофических последствиях подобной бури 1850 г. уже упоминалось). Снежная буря 31 марта 1852 г. охватила

территорию от Петербурга до Афин. По наблюдениям с 1970 по 1992 г. максимальное годовое число дней с сильными метелями (продолжительностью 12 ч и более, при скорости ветра 15 м/с и более) составило на Полярном Урале 54, в горах Путорана — 40, в других горных районах — несколько меньше. Для подавляющего большинства равнинных ландшафтов, включая пустыни и полупустыни, типичны величины 1–3 дня, лишь в тундре и некоторых пунктах Тихоокеанского побережья — до 4–5 дней, в предаттайских степях — до 5–10.

Ярким примером атмосферных СПЯ комплексного характера, в котором обнаруживается неблагоприятное сочетание ряда метеорологических факторов, может служить засуха. Ее конечным результатом и как бы синтетическим индикатором является резкий дефицит почвенной влаги в течение вегетационного периода, т. е. почвенная засуха, от которой непосредственно зависит судьба урожая. Основной причиной почвенной засухи служит недостаток атмосферных осадков в период вегетации в сочетании с повышенной температурой воздуха, усиливающей потребность растений во влаге и транспирацию. Однако имеют значение и другие, предшествующие и сопутствующие, атмосферные процессы и явления: малоснежная зима, сухая весна, поздние заморозки, летние суховеи; негативный эффект засухи текущего года усугубляется засухливостью предшествующего лета. Анализ метеорологических процессов предшествующих сезонов может дать определенные основания для прогноза и предупреждения засух, смягчения возможного хозяйственного ущерба. Повторяемость и интенсивность засух обнаруживают закономерную зональную изменчивость: в лесостепи они случаются 1–2 раза в десятилетие, в степной зоне — 5–6 и проявляются сильнее. Нередко засухи повторяются в течение нескольких лет подряд, например в Европейской России в 1906–1908, 1938–1939 гг.

Зональные закономерности проявляются также в повторяемости гроз. Плотность грозных разрядов на землю ($\text{км}^2/\text{год}$) составляет в Субарктике менее 0,5, на юге таежной зоны достигает 4, в широколиственно-лесной зоне Восточной Европы и лесостепи Западной Сибири — 5–6, в восточноевропейской лесостепи — до 7, в степной зоне уменьшается, особенно на востоке, до 3–4. В горах этот показатель увеличивается по сравнению с равнинами (например, на Кавказе 5–7).

Грозовые электрические разряды (молнии) могут служить непосредственной причиной лесных пожаров, хотя в подавляющем большинстве случаев (по-видимому, не менее 85%) лесные пожары возникают по вине человека. Тем не менее пожары природного происхождения причиняют большой материальный ущерб и могут привести к гибели людей. Распространению лесных пожаров способствуют продолжительная жаркая и сухая погода, сильные ветры. Весной чаще случаются низовые пожары, уничтожающие лесную подстилку, напочвенный покров и повреждающие корни деревьев; летом и осенью, особенно при усилении ветра, — также верховые пожары, охватывающие и древесный полог. Пожарам наиболее подвержены сухие типы лесов (сосновых и лиственничных). В России пожары охватывают ежегодно сотни тысяч гектаров леса. В 1990 г., например, было зарегистрировано 25 300 пожаров, охвативших 1,7 млн. га. Почти половина их пришлась на южные районы Восточной Сибири (Иркутская область, Бурятия, Якутия, Красноярский край). Только в Иркутской области выгорело 565 тыс. га леса. В 1998 г. катастрофические лесные пожары охватили северную часть Сахалина и Нижнее Приамурье. За период 1983–1993 гг. наиболее пострадали от лесных пожаров

Тюменская, Томская, Новосибирская, Иркутская, Сахалинская области и Хабаровский край, где пожарами было пройдено от 1,5 до 4,6% всей лесной площади. В большинстве других регионов Азиатской России этот показатель составил 0,3–0,7%. Среди многолесных областей наименее пострадали леса Архангельской и Вологодской областей (менее 0,05%) (Государственный доклад..., 1994). Лесные пожары чаще возникают вблизи населенных пунктов, но наибольшие площади леса выгорают в отдаленных районах, куда затруднена доставка людей и средств тушения. Хозяйственный и экологический ущерб от лесных пожаров не ограничивается потерей лесных ресурсов. В горах пожары стимулируют усиление денудационных процессов (в том числе образование каменистых осыпей). В результате лесных пожаров в атмосферу поступают десятки миллионов тонн летучих и миллионы тонн твердых веществ; задымление воздуха вызывает уменьшение солнечной радиации, достигающей земной поверхности.

Наводнения относятся к числу наиболее разрушительных стихийных бедствий. Число жертв самых сильных тропических наводнений превышало 1 млн. чел. В России наводнениям принадлежит первое место среди СПЯ по размерам причиняемого ущерба. Наводнения чаще всего связаны с резким увеличением расхода воды и экстремальным подъемом ее уровня в реках. Причинами такого подъема служат весенние половодья, вызванные таянием снегов; паводки, обусловленные интенсивным выпадением жидких осадков; ледяные заторы и зажоры. Экстремально высокие подъемы уровня воды, вызываемые указанными причинами, могут наблюдаться повсеместно на реках страны. Наивысшие подъемы над условным нулем (близким к минимальному уровню) наблюдались на крупнейших сибирских реках, достигая в нижнем течении Нижней Тунгуски 3690 см, в низовьях Лены — 3265, на Енисее и Подкаменной Тунгуске — более 2000 см. В основном они были связаны с весенними половодьями, а на Лене также с затором. Для большинства других крупных и некоторых средних рек, не зарегулированных озерами или искусственными водохранилищами, характерны экстремальные уровни в пределах 1000–1500 см, реже несколько выше. К таким рекам относятся Печора, Северная Двина, Ока, Сура, Дон, Б.Иргиз, Уфа, Обь, Тура, Конда, Васюган, Чулым, Томь, Катунь, Ишим, Омь, Анабар, Алдан, Амга, Витим, Алекма, Яна, Индигирка, Кольма, Амур, Бурей. На многих средних реках Русской равнины, а из больших рек Сибири — на Иртыше, верхней Оби, Ангаре, максимальное превышение уровня над нулевым находится в пределах от 500 до 800–1000 см. На реках Карелии и Кольского полуострова, зарегулированных озерами, экстремально высокие подъемы уровня составляют 300–400 см, на Неве — 380 см. Относительно невысокие подъемы (300–500 см, местами ниже) наблюдаются на реках Забайкалья и некоторых других районов.

Однако величина подъема уровня воды сама по себе еще не определяет угрозу наводнения и его возможные масштабы. Важными предпосылками являются глубина речной долины, рельеф окружающей территории, строение речной сети, уклон русла, скорость течения. Один из опасных регионов — Западно-Сибирская равнина с ее плоским рельефом, слабыми уклонами речных русел, что способствует подпруживанию притоков, а иногда и обратному течению рек во время паводков и половодий. В бассейне Амура сильные наводнения бывают каждые 2–3 года, примерно 1 раз в 7 лет они приобретают катастрофический характер; эти наводнения обусловлены обильными муссонными дождями, вызывающими частые паводки. Недавний пример катастрофического

подъема уровня, вызванного затором льда, — наводнение на р. Лене в районе г. Ленска в 1908 г.

В Европейской России речные наводнения происходят довольно часто, захватывая различные территории, причем иногда повторяются в течение нескольких лет. Так, в 1856 г. сильные осенние паводки наблюдались в центральных районах (включая бассейны Волги и верхней Оки). В 1858 г. здесь прошли весенние половодья, сопровождавшиеся человеческими жертвами. А летом 1859 г. сильные ливни вызвали кратковременное наводнение в Москве, нанесшее большой ущерб городскому хозяйству. В качестве более близких примеров можно привести данные за 1993 г. В апреле-мае наблюдались высокие подъемы воды на Северной Двине, Западной Двине, Калаусе, Куме, верхней Оби, Тоболе. Наибольший ущерб нанесло наводнение на р. Урал у г. Оренбурга, где произошел прорыв дамб, оказались затопленными сельскохозяйственные угодья и разрушенными 1200 домов, были человеческие жертвы. Очень высокие уровни воды наблюдались в бассейне Камы, на Бие, Катунь; наводнение на Селенге сопровождалось значительными разрушениями и затоплением сельскохозяйственных угодий.

В горах наводнения могут происходить вследствие прорыва завальных и внутриледниковых озер. Они случаются довольно редко и имеют локальное значение, но носят катастрофический характер.

В особый тип выделяются нагонные наводнения в приморских районах, а также на берегах озер и водохранилищ. Наибольшей известностью пользуются катастрофические наводнения в устье Невы на территории С.-Петербурга. Со времени основания города наводнения, при которых подъем уровня воды в устье Невы превышал 2 м, наблюдались более 60 раз (преимущественно осенью, иногда зимой). Самые катастрофические наводнения происходили в 1703, 1777, 1824 и 1924 гг. В 1777 г. уровень воды поднялся на 310 см, в 1824 г. — на 410 см, было затоплено 75 км², погибло 569 чел. В 1924 г. вода поднялась на 369 см. За последние десятилетия самым значительным было наводнение 1955 г., когда уровень воды поднялся на 282 см и под водой оказалось около 50 км² городской территории.

Всего на территории бывшего СССР наводнениям подвержено около 0,5 млн. км² площади. Помимо прямого ущерба от разрушения и повреждения зданий и других сооружений, уничтожения урожая, порчи промышленной продукции, а также необходимости больших затрат на спасательные и восстановительные работы, наводнения причиняют не поддающийся точной оценке косвенный ущерб, связанный с затратами на переселение людей и освоение компенсационных земель, с недоиспользованием плодородных пойменных земель, подвергающихся систематическому затоплению, и т. д.

Негативный эффект наводнений во многом усиливается хозяйственной деятельностью, в том числе сведением лесов, нерациональной обработкой почвы, что ведет к усугублению неравномерности поверхностного стока и увеличению максимального стока. Определенную роль играют также неудачные инженерные решения при гидротехническом строительстве — сооружении плотин, дамб и т. п. Однако именно гидротехнические сооружения, и прежде всего водохранилища, наряду с разумным хозяйственным использованием территории, агротехническими и лесокультурными мероприятиями служат главными средствами защиты от наводнений.

В группе стихийных природных процессов, направляемых силой тяжести, первое место по их деструктивному значению занимают экзогенные геоморфологические

процессы, в которых активным фактором выступает вода, выпадающая из атмосферы и стекающая по земной поверхности под действием той же силы тяжести. Под эрозией в широком смысле слова подразумеваются: а) *плоскостной смыв* — снос минеральных частиц струйками стекающих дождевых или талых вод и б) *линейная эрозия* — разрыв земной поверхности постоянными или временными водотоками с образованием речных долин, оврагов, балок. Эрозии подвержены обширные пространства на поверхности суши. В сравнении с другими СПЯ катастрофического характера процесс этот представляется медленным, но непрерывность его проявления в течение столетий и тысячелетий приводит к весьма серьезным хозяйственным и экологическим последствиям. К тому же при сочетании определенных условий вполне ощутимые негативные результаты эрозионных процессов становятся очевидными и для невооруженного глаза. Ежегодно реки мира выносят в океаны 20–30 (по некоторым подсчетам до 50) млрд. т взвешенных частиц, или в среднем порядка 200–300 т/км² твердого материала, что соответствует смыву слоя почвы около 0,1 мм. Однако в некоторых районах Земного шара ежегодный вынос твердого материала из ландшафта достигает 3000 т/км² и более.

Основными природными предпосылками для развития эрозионных процессов служат расчлененный рельеф со значительными уклонами, легкоразмываемые почвогрунты и горные породы, ливневые осадки, интенсивное таяние снега. Такое сочетание условий определяет гравитационную неустойчивость ландшафтов, и главным стабилизирующим фактором, противостоящим эрозии, оказывается растительный покров, который закрепляет почву и сильно сокращает поверхностный сток. Поэтому в лесных ландшафтах эрозия развита слабо. Основная причина резкой интенсификации эрозионных процессов — хозяйственная деятельность человека: в результате сведения растительности и распашки уничтожается главное стабилизирующее начало ландшафта, а кроме того, ухудшается структура почвы. Так, на облесенных склонах Приволжской возвышенности объем выноса твердого материала в 20–45 раз меньше, чем на распаханных, в Каменной степи средний смыв почв за год под лесом составляет 4–10 т/га, а на распаханных склонах — 250–450 т/га (Региональные системы..., 1972). Травяной покров также имеет существенное противозерозионное значение. Поверхностный сток с задернованных склонов в несколько раз, а с посевов многолетних трав в десятки раз меньше, чем с распаханных склонов.

Наиболее интенсивной эрозии подвержены сильно распаханные ландшафты лесостепных и степных возвышенностей, сложенных лессовидными породами. Здесь процент эродированных почв на пахотных землях местами достигает 50–70. На крутых распаханных склонах смыв почв составляет 100–200, а в некоторых районах — 350 т/га в год и более. Здесь же наблюдается и наиболее густая сеть оврагов, на Среднерусской возвышенности местами зафиксированы величины 1,6–3 км/км². Максимальная скорость роста оврагов в отдельных случаях доходит до 8–10 м в год. В сухих степях и полупустыне смыву подвержено до 40% пахотных почв. В лесостепных и степных ландшафтах Западной Сибири эрозионные процессы выражены слабее в силу уменьшения атмосферного увлажнения и меньшей расчлененности поверхности, ежегодный смыв с пахотных почв снижается до 10–20 т/га. В сухих забайкальских степях, пустыне и полупустыне происходит дальнейшее ослабление эрозионных процессов и более актуальной становится дефляция.

Потенциальная опасность смыва почв и оврагообразования существует в ряде лесных ландшафтов, однако практически эта опасность реализуется при нерациональном хозяйственном использовании земель и становится все более ощутимой к югу — отчасти в южной тайге, но преимущественно в подтайге и зоне широколиственных лесов. В отдельных районах смыв с пашни достигает 75–150 т/га, а доля почв, подверженных смыву, — 10–20%, в более редких случаях — до 50%.

Основной ущерб эрозия причиняет сельскому хозяйству. В мире эрозии подвержено не менее 6–7 млн. км² обрабатываемых земель, а на территории бывшего СССР — примерно 0,3 млн. км², в том числе около 45 тыс. км² занято оврагами. Степень смыва почвенного слоя может быть различной — вплоть до его полного уничтожения. Эрозия сопровождается аккумуляцией наносов во впадинах и водоемах, увеличением мутности речных вод. Овражная эрозия не только «съедает» плодородные земли, но и несет в себе угрозу разрушения различных сооружений, дорог, жилых зданий, а кроме того, приводит к понижению уровня грунтовых вод и усугубляет недостаток почвенно-грунтовой влаги в засушливых ландшафтах. Все это ведет к локальному ухудшению качества среды обитания людей.

Основные меры борьбы с эрозией — применение рациональных методов обработки земель (в том числе контурная пахота), улучшение структуры почвы, создание защитных лесных полос, залужение склонов.

К опасным деструктивным процессам относятся *оползни* — скольжение масс горных пород по склону под действием силы тяжести в результате переувлажнения пород поверхностными или подземными водами, а также подмыва реками. Оползни чаще возникают на крутых склонах речных долин, сложенных чередующимися водоупорными (глинистыми) и водоносными (песчано-галечными, трещиноватыми карбонатными) породами. Образованию оползней способствует хозяйственная деятельность — строительные работы, дорожные выемки, чрезмерный полив сельскохозяйственных культур, создание водохранилищ. Оползни широко распространены по высокому правобережью Волги (склоны Приволжской возвышенности), по берегам волжских водохранилищ, в долинах Оки, некоторых рек бассейна Волги в пределах Приволжской возвышенности, в долине Дона. Высокой оползневой опасностью выделяются береговые склоны Черноморского побережья Большого Кавказа. Оползни относятся к наиболее разрушительным стихийным бедствиям катастрофического характера. Согласно мировой статистике, по максимально возможному числу жертв они уступают лишь наводнениям, тайфунам, землетрясениям и цунами.

Наиболее распространенные деструктивные экзогенные СПЯ в горных ландшафтах — *лавины* и *сели*. Образование лавин обусловлено нарушением неустойчивого равновесия, свойственного снежному покрову, залегающему на склонах гор. Толчок к нарушению этого равновесия могут дать обильные снегопады, метели, оттепели, интенсивное таяние снега, приводящее к появлению в нем воды, изменение свойств снега в результате его перекристаллизации. Известны различные генетические и морфологические типы лавин. Лавины могут сходить по склону без определенного русла (так называемые осовые) или по своим постоянным путям (лотковые лавины). Скорость движения лавин достигает 80–100 м/с, объем отложившейся массы снега одной лавины — до 2–6 млн. м³, мощность — 20–50 м. В снежной толще лавин содержится большее или

меньшее количество захваченных обломков горных пород, стволов деревьев, дернины. Периодический сход лавин на одних и тех же участках ведет к замене хвойных лесов производными мелколиственными или к образованию безлесных прочесов. У подножий гор могут накапливаться лавинные снежники, нередко перекрывающие русла рек, образуются ямы выбивания, бугры и конусы выноса из обломочного материала. Лавины нередко стимулируют формирование селевых потоков.

Лавины обладают большой ударной силой, разрушают инженерные сооружения, вызывают прекращение движения на дорогах, под ними гибнут люди. Наиболее высокая лавиноопасность создается при сочетании глубоко расчлененного (преимущественно высокогорного) рельефа, обильного выпадения снега и его интенсивного метелевого переноса. Согласно классификации, разработанной в Проблемной лаборатории снежных лавин географического факультета Московского университета, на территории СССР было выделено три типа лавиноопасных районов (Карта лавиноопасных районов..., 1971).

Районы со значительной лавинной опасностью характеризуются частым сходом лавин (более половины имеющихся логов представляют пути движения лавин), лавины сходят ежегодно или по нескольку раз в год, сюда относятся альпийские высокогорья и сильно расчлененные среднегорья с высотой снежного покрова более 70 см, реже — многоснежные низкогорья.

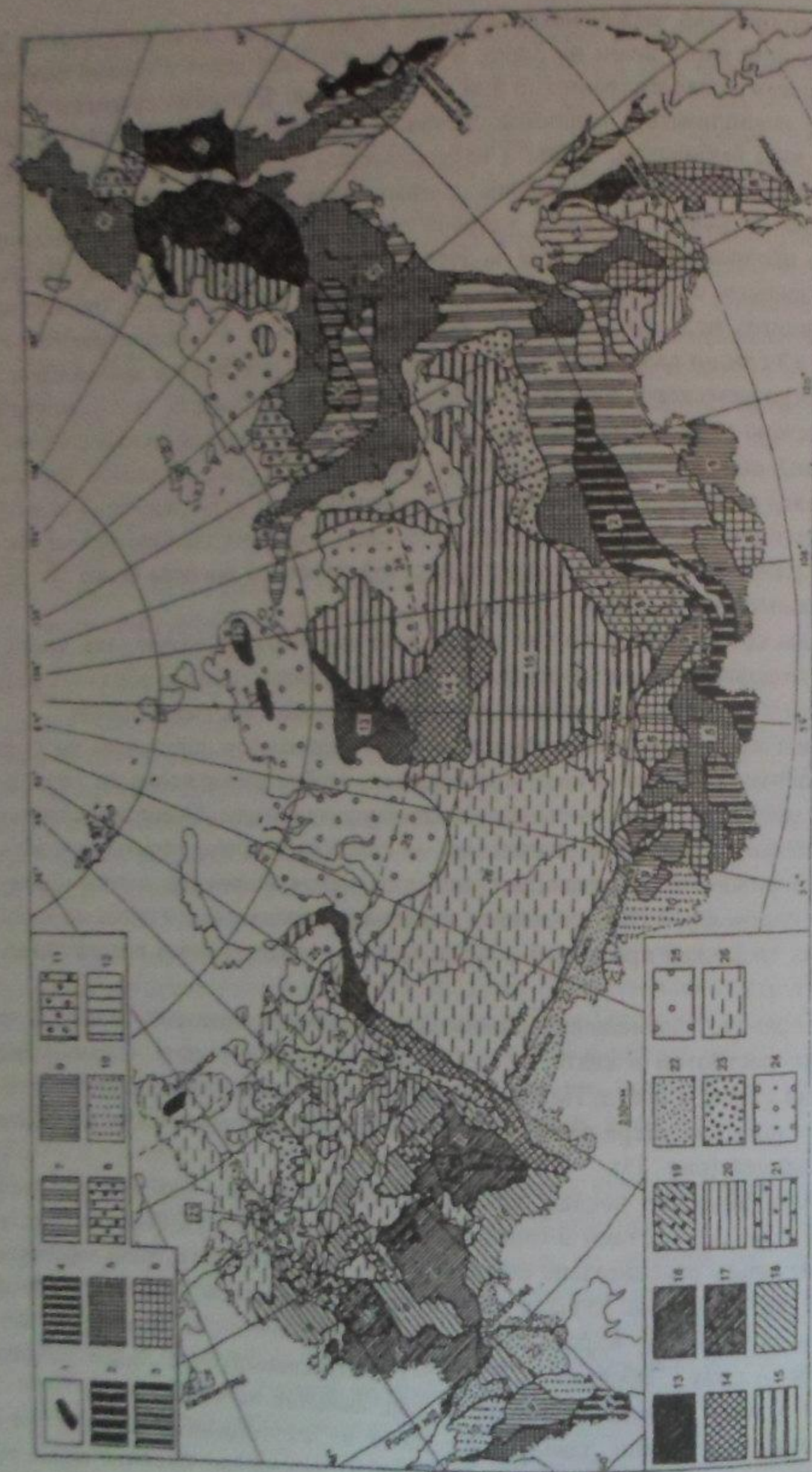
Районы со средней лавинной опасностью имеют разреженную сеть лавин, или при густой сети лавины сходят не ежегодно; сюда относятся главным образом среднегорные ландшафты с пониженной снежностью или небольшой расчлененностью.

Районы со слабой лавинной опасностью отличаются локальным распределением лавиноопасных участков в силу относительно слабой расчлененности рельефа или же редкого схождения лавин — только в многоснежные годы. Особо выделяются районы с потенциальной лавинной опасностью — главным образом горные склоны с густым лесным покровом, задерживающим снег и способствующим его равномерному распределению (например, в Сихотэ-Алине); в настоящее время лавины здесь не наблюдаются, но сход их возможен при вырубке лесов и других хозяйственных воздействиях (выемка грунта и т. п.).

Как правило, размещение площадей с различной степенью лавинной опасности отличается пестротой в связи со сложностью горного рельефа, многообразием форм, экспозиций склонов и т. д. Поэтому на мезорегиональном уровне различные ландшафтные провинции характеризуются сочетанием категорий лавиноопасности с выделением преобладающей (рис. 35).

Катастрофические последствия схода лавин наиболее ощутимо проявляются на Северном Кавказе, местами в горах Южной Сибири, Дальнего Востока. Так, в 1992 г., когда отмечалась относительно невысокая лавинная активность, было зарегистрировано 18 лавин на Северном Кавказе (в том числе в Северной Осетии 11, Дагестане 3, Кабардино-Балкарии 2, Карачаево-Черкессии и Ингушетии по 1) и несколько в Туве, Кузнецком Алатау, Забайкалье. В 1993 г. интенсивный сход лавин наблюдался на Северном Кавказе, Сахалине, Камчатке; под лавинами погибло 27 чел.

Для предупреждения лавин производится их искусственный спуск путем обстрела из минометов, подрыва динамитом; для защиты населенных пунктов, дорог создаются



специальные инженерные сооружения — туннели, навесы, лавинорезы, направляющие стенки.

Сель — бурный грязекаменный горный поток, приуроченный к руслу реки или временного водотока и несущий различный обломочный материал — от ила до огромных валунов. Селевые потоки отличаются внезапностью и кратковременностью, обычно они продолжаются в течение нескольких часов. Главной причиной селей служат сильные ливни, а также интенсивное таяние снега и ледников в горах. При этом необходимой предпосылкой является накопление масс обломочного материала. Сели могут возникать в результате прорыва естественных и искусственных плотин у высокогорных озер и снежно-ледяных дамб, особенно в сейсмичных районах. Нередко селеопасность усиливает деятельность человека — вырубка лесов, препятствующих развитию эрозии в горах, а также разрушение естественного покрова горных пастбищ, создание отвалов горных пород при добыче полезных ископаемых. Объем выносимого селями твердого материала достигает 6 млн. м³. Селевые потоки уничтожают леса, разрушают мосты, дороги, жилые и производственные постройки.

Сели наиболее типичны для высокогорий с резко расчлененным рельефом, густой сетью речных долин, из которых селеопасны более половины, интенсивными процессами разрушения горных пород, частыми обвалами, нередко также высокой сейсмичностью (Большой Кавказ, Прибайкалье, Становое нагорье, Камчатка). Таяжные среднегорья Южной Сибири характеризуются невысокой селеопасностью. В горах Приамурья и Приморья селевая опасность слабая и потенциальная, что определяется стабилизирующими противозерозионными функциями лесной растительности. В горах Субарктики и северной тайги селевая опасность относительно низкая, причем сели чаще приобретают

Рис. 35. Деструктивные природные процессы в ландшафтах.

Области высокой сейсмической опасности и современного вулканизма: 1 — вулканические извержения, землетрясения силой 9 баллов и более, цунами, значительная лавинная и локально селевая опасность; 2 — землетрясения 9 баллов и более, значительная и умеренная лавино- и селеопасность, обвалы, каменные осыпи; 3 — землетрясения 8 баллов, лавиноопасность различной степени, реже сели; 4 — землетрясения 8 баллов, значительная селеопасность, локально лавины, обвалы, карст.

Области повышенной сейсмической опасности (вероятность землетрясений силой 6-7 баллов): 5 — значительная и умеренная лавиноопасность, умеренная и слабая селеопасность, обвалы, на Большом Кавказе и местами в горах Южной Сибири карст; 6 — слабая или потенциальная лавино- и местами селеопасность, локально карст; 7 — различная степень проявления гравитационных (обвалы, осыпи) и мерзлотных процессов; 8 — карст, локально гравитационные процессы и потенциальная лавиноопасность; 9 — овражная эрозия и плоскостной смыл преимущественно средней (в Предкавказье значительной) степени, дефляция; 10 — дефляция, пыльные бури; 11 — мерзлотные процессы с предпосылками антропогенной активизации; 12 — слабое проявление деструктивных процессов.

Асейсмичные области (с малой вероятностью землетрясений силой более 5 баллов): 13 — значительная и средняя лавино- и реже селеопасность, обвалы, каменные осыпи; 14 — слабая или потенциальная лавино- и реже селеопасность, локально обвалы, осыпи; 15 — локальные проявления гравитационных, мерзлотных процессов, карста; 16 — значительная овражная эрозия, плоскостной смыл, с потенциальной возможностью расширения; 17 — то же и карст; 18 — овражная эрозия и плоскостной смыл средней степени, на юге дефляция; 19 — то же и карст; 20 — локально овражная эрозия и плоскостной смыл, с потенциальной возможностью расширения; 21 — то же и карст; 22 — дефляция (с пыльными бурями); 23 — карст; 24 — карст и термокарст; 25 — мерзлотные процессы с высокой потенциальной опасностью антропогенной активизации; 26 — слабое проявление деструктивных процессов.

характер водоснежных потоков, формирующихся в результате интенсивного весеннего снеготаяния (Карта селопасных районов СССР, 1975; Перов, 1976).

Методы прогнозирования селей разработаны слабо, и сели трудно предупредить. Основные меры борьбы с ними сводятся к укреплению горных склонов путем облесения и террасирования, сооружению подпорных стенок и плотин в речных руслах, ловушек-фильтров для обломочного материала, ливнотводов. Однако эти, в значительной степени паллиативные, меры должны сочетаться с радикальной рационализацией природопользования в селевом бассейне.

Карст, в отличие от рассмотренных процессов механической денудации, можно определить как химическую денудацию. Активным агентом карста, так же как и эрозии, служит вода, но ее разрушительное действие выражается в растворении горных пород — карбонатных (известняки, доломиты, песчаный мел), сульфатных (гипсы, ангидриты) и галогенных (каменная соль). Поэтому карст распространен в гумидных ландшафтах, фундамент которых сложен карстующимися породами, в аридных условиях он наблюдается редко и лишь в гипсоносных и соленосных породах. Следствием карстовой денудации является образование специфических отрицательных форм рельефа — поверхностных и подземных. Наиболее типичные карстовые формы на равнинах умеренных широт — воронки диаметром до 250 м и глубиной до нескольких десятков метров, часто с водопоглощающими понорами на дне. Воронки, сливаясь, образуют карстовые котловины и более глубокие и обширные (сотни км²) впадины — поля. Среди форм поверхностного карста следует отметить также карстовые овраги, сухие долины (суходолы) с подземным руслом, слепые балки, карстовые провалы, колодцы, шахты. К формам подземного карста относятся пещеры и карстовые полости. Большинство карстовых форм имеют древнее происхождение (ископаемый, или погребенный, карст). Интенсивность карстовой денудации зависит от многих факторов и весьма разнообразна. Ее можно выразить в виде средней толщины слоя денудации за определенный промежуток времени. Так, на Валдайской возвышенности скорость карстовой денудации составляет 8–18 мм за 1000 лет, на Ижорской возвышенности — 26 мм за тот же отрезок времени, на Северо-Западном Кавказе — до 250 мм, в Пермской области — 43 мм в карбонатных и 303 мм в гипсоносных породах (Гвоздецкий, 1981).

В районах интенсивного развития современных карстовых явлений последние приобретают характер деструктивных СПЯ. Примером может служить образовавшийся в 1939 г. карстовый провал глубиной 52 м на Бугульминско-Белебеевской возвышенности, поглотивший трактор вместе с трактористом во время вспашки. В 1920 г. крупный провал диаметром 140 м и глубиной 50 м возник в низовьях р. Сухоны, в 1953 г. — на Сылвенском кряже, в 1957 г. — на Приволжской возвышенности (Гвоздецкий, 1981).

Карстовые явления широко распространены на территории России (рис. 35). В пределах Русской равнины они характерны преимущественно для районов развития палеозойских карбонатных и гипсоносных толщ (Беломорско-Кулойское плато, Онего-Валдайская гряда, Ижорская возвышенность, северная часть Среднерусской возвышенности, Окско-Циинский вал, Жигули, Высокое Заволжье, Предуралье). Широким распространением разнообразных карстовых форм рельефа характеризуется северный склон Большого Кавказа. Основные карстовые районы Азиатской России расположены в некоторых горных системах Южной Сибири (Алтай, Восточный Саян, Прибайкалье,

Хамар-Дабан), на Алданском плато, в периферических частях Среднесибирского плоскогорья (главным образом на юге).

Большим своеобразием отличаются экзогенные геоморфологические процессы в области многолетней мерзлоты. Наличие льда в многолетнемерзлых породах определяет их неустойчивость к нарушению термического равновесия в мерзлой толще. Повторное сезонное оттаивание и промерзание деятельного слоя приводит к выпучиванию твердых тел, в том числе столбов и других сооружений, и формированию бугров пучения разных размеров, включая гидролакколиты, или булгуниахи, с ледяным ядром и высотой до 40 м. Особенно типичным и широко распространенным процессом в области многолетней мерзлоты является *термокарст* — образование просадочных впадин в результате вытаивания подземного льда. Бессточные впадины, как правило, заполняются озерами; относительно теплые озерные воды способствуют дальнейшему расширению и углублению озерных котловин. Береговые обрывы, сложенные льдонасыщенными породами, подвергаются термоабразии — механическому воздействию прибоев в сочетании с термическим действием воды и воздуха. Этот процесс ведет к отступлению берегов на некоторых участках Арктического побережья Восточной Сибири и к исчезновению отдельных островов. На склонах крутизной 3–10°, сложенных тонкодисперсным пылеватым материалом, при его оттаивании и полном насыщении влагой, происходит *солифлюкция* — медленное (обычно несколько сантиметров в год) течение (сползание) почвогрунта. Иногда солифлюкция приобретает катастрофический характер, скорость сплывов достигает 1 м/ч, солифлюкция может переходить в оползни и способствовать формированию селей в долинах горных рек.

В естественных условиях геокриологические процессы протекают относительно медленно, хотя и неравномерно в пространстве и во времени. Потенциальная опасность этих процессов в значительной мере сдерживается естественным растительным покровом, играющим роль главного терморегулятора. Хозяйственная деятельность служит причиной резкой активизации криогенных процессов, особенно из-за механического нарушения мохово-лишайникового покрова в Субарктике, а в тасжской зоне — уничтожения лесов. Имеют значение также перераспределение снега и изменение его плотности, осушение и обводнение поверхности, создание выемок и насыпей. Термокарстовые просадки глубиной в несколько метров в результате хозяйственной деятельности образуются в считанные годы. Антропогенное воздействие стимулирует термоэрозию: вследствие незарегулированного сброса вод в течение одного летнего сезона могут возникнуть овраги протяженностью в десятки и сотни метров и глубиной 2–3 м. На склонах с нарушенным растительным покровом резко усиливается солифлюкция, изменение режима грунтовых и речных вод приводит к появлению наледей в долинах рек, по трассам автомобильных и железных дорог. При удалении снежного покрова усиливается морозное пучение и образование бугристого рельефа, что ведет к выпучиванию (вымораживанию) и деформации фундаментов, трубопроводов, опор ЛЭП и т. д. Интенсивно осваиваемые территории в области многолетней мерзлоты, где ведется добыча нефти, газа и других полезных ископаемых, нередко превращаются в бедленды (Конищев и др., 1995).

Потенциальная опасность антропогенного нарушения теплового равновесия в мерзлых породах и активизации деструктивных процессов в криолитозоне существует по-

вместе. Однако наиболее неустойчивы ландшафты аккумулятивных равнин, сложенных сильнольдистыми (до 50% и более) породами, пронизанными ледяными жилами. Такие ландшафты расположены почти сплошной полосой в Субарктике и отчасти в северной тайге вдоль берегов полярных морей — от Большеземельской тундры до Кольмо-Индигирской низменности, а также на Лено-Виллойской равнине (рис. 35).

Землетрясения — наиболее разрушительные стихийные природные процессы эндогенного (внутриземного) происхождения. Ежегодно на Земле наблюдаются сотни тысяч землетрясений, но лишь немногие подземные толчки и колебания земной поверхности приобретают катастрофический характер. Тем не менее по размерам причиняемого ущерба и числу человеческих жертв землетрясения занимают одно из первых мест среди стихийных бедствий. Эффект разрушительного действия землетрясений усугубляется тем, что к зонам высокой сейсмической активности часто приурочены густонаселенные территории. Жертвами сильнейших землетрясений иногда становились сотни тысяч людей. Только в начале XX в. во время землетрясения в Сицилии (1908 г.) погибло около 100 тыс. чел. Землетрясения в Японии 1911 и 1923 гг. унесли соответственно 100 тыс. и 150 тыс. чел. В результате одного из сильнейших землетрясений последнего времени — Спитакского в Армении (декабрь 1988 г.) — погибло 25 тыс. чел.

На территории России подземные толчки в разное время наблюдались почти повсеместно. Так, в XIX в. они отмечались в Европейской России от Кольского полуострова до южных границ страны, особенно часто в южных районах, где нередко причиняли большой ущерб. В северных и центральных районах подземные толчки случались редко и не сопровождались серьезными последствиями. Впрочем, землетрясение 1802 г., ощущавшееся на пространстве от Константинополя до Петербурга, вызвало разрушение нескольких домов в Москве.

Высокая сейсмическая активность связана с новейшими тектоническими движениями и приурочена к наиболее подвижным поясам земной коры — Средиземноморскому и Тихоокеанскому, а также к рифтовым системам (в частности, Байкальской).

Очаги землетрясений чаще располагаются на глубине 20–30 км, но нередко — сотен километров. Сила землетрясения в очаге выражается условной величиной — магнитудой (максимальная — 9). Интенсивность проявления землетрясения на земной поверхности зависит от глубины очага и определяется по условной 12-балльной шкале. Магнитуде 6 может соответствовать сила землетрясения на поверхности примерно от 4 баллов при глубоком залегании очага до 9 баллов при неглубоком; магнитуде 7 — 4 и 10 баллов, магнитуде 8 — 6 и 12 баллов. Землетрясения силой до 5 баллов обычно считаются слабыми, начиная с 6 баллов — сильными, с 8 баллов — разрушительными. Однако подобное ранжирование следует признать условным.

Основные сейсмические районы России расположены в восточной части страны. Восток Камчатки и Курильские острова относятся к зоне 9–10-балльных землетрясений. На Камчатке и вблизи ее берегов с начала XX в. сильнейшие землетрясения (магнитуда 7–8) произошли в 1904, 1907, 1911, 1915, 1917, 1923, 1927, 1936, 1946, 1952, 1958 гг. На Курильской гряде — в 1908, 1913, 1915, 1918, 1922, 1924, 1929, 1930, 1937, 1938, 1939, 1945, 1946, 1952, 1953, 1956, 1958, 1963 гг.; наиболее сильными были землетрясения 1918, 1952, 1958, 1963 гг. В северной и южной частях Курильской гряды 9-балль-

ные землетрясения случаются один раз в 200 лет, в центральной части — 1 раз в 500–1000 лет, 7-балльные — соответственно 1 раз в 30–40 и 100 лет.

Вторая высокосейсмичная зона, где также возможны землетрясения силой более 8 баллов, — Байкальско-Становая. Здесь, как и в предыдущей зоне, сильнейшие землетрясения отмечались еще в XVII–XIX вв. В Прибайкалье за последние полтора столетия наиболее сильными были 10-балльное землетрясение 1862 г., во время которого образовался залив Провал площадью около 200 км², и близкие по силе землетрясения 1902, 1912, 1959 гг. В Иркутске ощутимые подземные толчки наблюдаются в среднем 3 раза в год, а в 1959 г. — 10 раз, в 1829 г. было несколько десятков толчков. В Становом нагорье землетрясения силой 9, иногда 10 баллов отмечались в 1917, 1957, 1958, 1967 гг. На юго-западном продолжении Байкальской сейсмической зоны, в Восточном Саяне, также наблюдались сильнейшие землетрясения, в том числе 11-балльное в 1905 г. и 9-балльное в 1950 г. Землетрясения силой 8 баллов возможны на западе и северо-востоке Сахалина, в некоторых внутренних районах гор Северо-Восточной Сибири и Алтайско-Саянской горной системы, а также восточной части Большого Кавказа (рис. 35).

К областям повышенной сейсмичности, где возможны землетрясения силой 6–7 баллов, относятся почти все другие горные системы Северо-Восточной Сибири, Дальнего Востока и юга Сибири, а также Северный Кавказ с Предкавказьем. Остальная часть территории страны может считаться условно безопасной в сейсмическом отношении, хотя в некоторых районах (Балтийский щит и его южная окраина, Урал) существует вероятность проявления землетрясений силой 5–6 баллов, а возможно, и выше. За последние годы землетрясения наблюдались во всех сейсмически активных областях. Так, в 1992 г. на Курильских островах было зарегистрировано 12 землетрясений, на Камчатке — 10, на восточном склоне Северного Кавказа — 5, в Прибайкалье — 2. В 1993 г. произошло 19 землетрясений, также главным образом на Дальнем Востоке, силой от 2 до 8 баллов, не причинивших существенного ущерба. В 90-е годы самым катастрофическим оказалось землетрясение на северо-востоке Сахалина, разрушившее г. Нефтегорск.

Попытки прогнозирования землетрясений основываются на анализе предшествующих явлений — признаков деформации земной поверхности, изменения состояния вещества земной коры, электромагнитных полей, геохимических явлений. Пути предотвращения ущерба от землетрясений связаны главным образом с повышением сейсмостойкости сооружений.

Подводные землетрясения служат причиной возникновения цунами — гигантских волн, перемещающихся со скоростью до нескольких сотен километров в час. При подходе к берегу высота волны достигает 20–50 м, иногда более, имея вид отвесной водяной стены. Высота волны резко увеличивается при заходе в бухты. Цунами обрушиваются на побережье несколькими (до 9) валами с большой разрушительной силой. Скорость распространения волны снижается по мере уменьшения глубины океана. Время пробега цунами от момента зарождения до центральных островов Курильской дуги всего 10–15 мин, а до южных островов — от 15–20 мин до одного часа. Разрушительному действию цунами наиболее подвержены берега островных дуг западной части Тихого океана. Максимальное число жертв от цунами (в Японии) составило 215 тыс. чел. Цунами довольно часто наблюдаются на Камчатке и Курильских островах, реже — на

Сахалине. Особенно крупные волны этого типа отмечались в 1737, 1780, 1893, 1919, 1923, 1952, 1963 гг. Они причиняли большой ущерб, неоднократно смывали поселки, преобразовывали береговой рельеф. В 1952 г. волны цунами, обрушившиеся на о. Парамушир, достигали высоты 18–20 м; самая большая из трех волн стерла с лица земли г. Северо-Курильск. Цунами высотой 4–8 м бывают на побережье Курильских островов не реже 1 раза в 50 лет, высотой 2–4 м — не реже 1 раза в 25 лет, 1–2 м — каждое десятилетие, 0,5–1 м — каждые 5 лет. Существует сеть станций предупреждения цунами.

Восточная часть Камчатки и Курильские острова принадлежат к областям современного вулканизма. Здесь известно около 70 активных вулканов, извержения которых происходили в историческое время с разной периодичностью и неодинаковой интенсивностью. Приведем перечень главных действующих вулканов (в последовательности их расположения с севера на юг; в скобках указаны годы активных извержений):

Камчатка

Шивелуч (1854, 1879–1883, 1896–1898, 1928–1929, 1944–1950, 1964, 1980)
 Ключевская Сопка (1697, 1698, 1720, 1721, 1813, 1821, 1853–1854, 1896–1898, 1904, 1907, 1915, 1932, 1937, 1939, 1944–1945, 1951, 1958–1966, 1968–1969, 1972–1974, 1977–1979, 1980)
 Безымянный (1955–1956, 1961–1962, 1977, 1999)
 Толбачинский (1740, 1793, 1904, 1939–1941, 1954, 1975–1976)
 Кроноцкая Сопка (1922–1923)
 Малый Семичих (1851, 1852, 1945–1946, 1952)
 Карымская Сопка (1771, 1830, 1908, 1934–1935, 1945, 1962–1965, 1970–1971, 1976–1982)
 Жупановская Сопка (1776, 1882, 1925, 1929, 1940, 1956)
 Авачинская Сопка (1737, 1779, 1827, 1855, 1894–1895, 1901, 1926, 1938, 1945)
 Еоракская Сопка (1895–1896, 1957)
 Мутновская Сопка (1848, 1852, 1898, 1904, 1916, 1917, 1927–1928, 1938–1939, 1945, 1952, 1960, 1961, 1964)
 Ксудач (сильные извержения в 1907)

Курильские острова

Алаид (1790–1793, 1854, 1894, 1933–1934, 1972, 1981)
 Эбеко (1859, 1934–1935, 1962)
 Чикурочки (1853 сильное, 1958, 1974)
 Фусса (1854)
 Крекишина (1952)
 Севергина (1713, 1846, 1883, 1933)
 Сарычева (1778–1779, 1928, 1930, 1946 сильное, 1954, 1960, 1976)
 Заварского (1957)
 Тейя (1812, 1973)

Крупнейший и наиболее активный вулкан во всей Евразии — Ключевская Сопка. За последние 300 лет вулкан извергался более 50 раз, т. е. в среднем каждые 5–6 лет, иногда по несколько лет подряд, но бывали перерывы до 10–12 лет. Очень сильные извержения случаются нечасто, одно из последних относится к 1944–1945 гг., когда пос. Ключи (в 3 км от вулкана) был сплошь покрыт пеплом. Во время извержения 1907 г. за 2 сут было выброшено более 3 млрд м³ рыхлого материала. Из других

наиболее активных вулканов Камчатки следует отметить Карымскую Сопку, которая заметно активизировалась в XX в. (1 извержение каждые 5 лет), Мутновскую Сопку (1 извержение в 7 лет), Авачинскую Сопку (извергалась в среднем через 15 лет; значительный ущерб нанесло извержение 1945 г., но обошлось без жертв), вулкан Толбачинский (извергается сравнительно редко — в среднем 1 раз в 25 лет, но 4 извержения были очень сильными).

Вулкан Шивелуч проявляет значительную активность с середины XIX в.; очень сильным было извержение 1964 г., когда пеплом было покрыто около 100 км², но существенного ущерба не наблюдалось, поскольку вулкан расположен в безлюдной местности. Вулкан Безымянный «проснулся» лишь в 1955 г., но это первое извержение имело катастрофический характер, во время третьего извержения (1977 г.) образовался грязевой поток протяженностью 90 км. Некоторые вулканы Камчатки, извергавшиеся в историческом прошлом, напротив, не проявляют активности в последнее время. Например, известно лишь одно, но очень сильное извержение вулкана Ксудач в 1907 г. Слабую активность проявляют Кроноцкая Сопка, Жупановская Сопка, многие вулканы находятся в стадиях сольфатарной и фумарольной деятельности, выделяя горячие пары воды и газы.

Самые активные вулканы Курильских островов — Алаид (на о. Атласова) и Сарычева (на о. Магуа). За последние 200 лет каждый из них извергался в среднем по 1 разу в 25 лет. Сильнейшие извержения Алаида относятся к 1972 г., а вулкана Сарычева — к 1946 г. (когда пепел выпадал в Петропавловске-Камчатском).

Заметим, что извержениям обычно предшествуют подземные толчки — вулканические землетрясения. Прямой материальный ущерб от вулканических извержений относительно невелик только по причине слабой заселенности окружающей территории. Однако роль современного вулканизма как ландшафтообразующего процесса исключительно велика. Изливания лав и пирокластического материала видоизменяют рельеф, приводят к уничтожению почвенно-растительного покрова и нарушению устойчивого функционирования геосистем. Извержения вызывают таяние ледников и образование мощных грязевых потоков. Выбросы вулканической пыли и пепла повышают запыленность атмосферы, а тем самым увеличивают облачность и уменьшают солнечную радиацию.

Огромное разнообразие СПЯ на территории страны и региональная специфика их территориальных сочетаний могут быть отражены с достаточной полнотой в виде специализированного районирования. Разработка подобного районирования представляет весьма актуальную и самостоятельную задачу. Здесь мы ограничились лишь схемой, отображающей наиболее существенные региональные различия в характере деструктивных природных процессов (рис. 35).

1.8. Экологический потенциал ландшафтов

Из содержания предшествующих глав нетрудно заключить, что экологические качества природной среды различных регионов определяются множеством природных факторов, влияющих на условия жизни населения. Каждый из этих факторов в отдельности (например, термический режим, водообеспеченность и т. д.) можно оценивать с экологической точки зрения, выясняя степень его позитивного или негативного влияния на жизнь людей. Однако ни один из элементов ландшафта не может иметь самодовлеющего экологического значения, поскольку его экологический эффект зависит от характера многих других элементов. Один из простейших примеров, который уже приходилось упоминать ранее, — зависимость теплоощущения человека не только от температуры воздуха, но также от его влажности и скорости ветра. Надо подчеркнуть, что все основные природные экологические факторы воздействуют на человека совместно и одновременно, но вовсе не обязательно однонаправленно. Более того, влияние различных факторов может оказаться взаимоисключающим. Благоприятный климат может сочетаться с безлесием или аномальными геохимическими условиями; прекрасные предпосылки для бальнеологического лечения нередко сочетаются с суровым климатом и обилием гнуса и т. п. Вполне реальны такие ситуации, при которых какой-либо один неблагоприятный фактор, например безводие, частые стихийные бедствия, сводит на нет позитивное экологическое значение всех остальных.

Из сказанного следует, что экологическая оценка природной среды должна быть комплексной, т. е. учитывать всю совокупность действующих факторов. Однако проблема комплексной, или интегральной, экологической оценки природной среды представляет достаточно сложную задачу вследствие разнокачественности и несоизмеримости ее различных составляющих. Не существует такой единицы измерения, которая могла бы быть приложима ко всем компонентам природной среды.

Неоднократно предпринимались попытки обойти это препятствие с помощью балльной оценки. Суть ее сводится к тому, что сначала каждый элемент (независимо от их количества) оценивается отдельно, например по 5-балльной шкале, а затем все баллы суммируются и получается суммарная, как бы «комплексная» оценка. При этом необходимые показатели рассчитываются чаще всего для отдельных «точек», равномерно расположенных по изучаемой территории (в шахматном порядке или по углам градусных трапеций). Подобному приему присущи по меньшей мере два серьезных недостатка. Во-первых, принятие в качестве объектов оценки не целостных территориальных систем, а произвольных дискретных «точек» может привести к грубым ошибкам и просчетам; сеть подобных «точек» не гарантирует от существенных пробелов, между ними могут «просеяться» обширные территории со специфическими ландшафтами. Во-вторых, сложение баллов, относящихся к разнокачественным показателям, есть чисто эклектический прием, создающий лишь видимость интегральной количественной оценки, в лучшем случае приводящей к тривиальным результатам (вроде того, что в тайге условия жизни лучше, чем в тундре, а в лесостепи лучше, чем в тайге); в худшем же случае — к парадоксальным выводам, когда, например, Камчатка и Каракум получают одинаковый суммарный балл (Назаревский, 1984). Какую практическую пользу можно извлечь из подобных расчетов? Балльная шкала маскирует качественные различия в экологических

условиях разных территорий и не отражает причин, формирующих их. Подобная оценка не способствует поиску конструктивных решений для преодоления неблагоприятных сторон природной среды.

Избежать недостатков описанных искусственных приемов экологической оценки позволяет ландшафтный подход, при котором объектом оценки служат геосистемы как целостные территориальные образования, точнее — их экологический потенциал. Во «Введении» экологический потенциал ландшафта уже был определен как его способность обеспечивать потребности людей во всех необходимых природных условиях существования, т. е. создавать специфическую местную среду обитания. Понятие экологического потенциала приложимо к геосистемам любого уровня, и каждая из них может подлежать экологической оценке. Но особый интерес в этом отношении представляет собственно ландшафт как базовая территориальная единица, занимающая узловое положение в иерархии геосистем в качестве низовой ступени регионального уровня. В пределах ландшафта все частные экологические показатели по существу синтезированы в естественных границах на основе учета всеобщих географических закономерностей — широтной зональности, долготной секторности, высотной ярусности, азональности. Этим обеспечивается полный, без разрывов территориальный охват природной среды, что избавляет нас от необходимости прибегать к искусственным конструкциям в виде сетки пресловутых «точек».

В эколого-географическом отношении ландшафт интерпретируется как естественный экологический район, заключающий в себе закономерную взаимосвязанную совокупность местных природных условий жизни людей.

В формировании экологического потенциала ландшафта прямо или косвенно, с позитивным или негативным эффектом участвуют все географические компоненты и их отдельные элементы. К факторам, непосредственно действующим на человека, на функционирование его организма, состояние здоровья, относятся многие элементы климата (радиационный, температурный режим, давление атмосферного воздуха, ветер и др.), водный режим и химизм природных вод, характер биологической продукции, употребляемой в пищу, вредные растения и животные, многие стихийные природные явления, о которых уже говорилось в предыдущих главах.

Особо следует сказать несколько слов об экологических функциях почвы и рельефа. Экологическое значение почвы в основном косвенное, если не считать прямого воздействия почвенной пыли (в том числе солевой и радиоактивной) на дыхательные пути и органы зрения. Почва — одно из главных звеньев биогеохимического круговорота в ландшафте, она в значительной мере определяет качество питьевой воды и обеспечивает растения элементами минерального питания; эти ее важнейшие экологические функции нашли отражение в гл. 1.4. Почва служит средой для многих микроорганизмов, в том числе возбудителей некоторых кишечных инфекций, столбняка, сибирской язвы, а также для яиц гельминтов, личинок насекомых — переносчиков эпидемических болезней, клещей (в подстилке), патогенных грибов — возбудителей микозов. Следует, однако, подчеркнуть, что почвенные микроорганизмы выполняют и полезные, санитарные функции, разрушая трупы животных и различные органические отбросы.

Рельеф также преимущественно косвенный экологический фактор, но некоторые его особенности имеют непосредственное экологическое значение. В ряде случаев при

экологической оценке рельефа понятия «прямое» и «косвенное» влияния можно разграничить лишь условно, впрочем, как и позитивное и негативное. Так, пересеченность горного рельефа непосредственно влияет на увеличение энергозатрат при передвижении, на вероятность травматизма и в целом затрудняет хозяйственное освоение территории. Но горные ландшафты оказывают на человека определенное оздоравливающее действие, обладают своеобразной аттрактивностью и значительным рекреационным потенциалом. Общеизвестно, что в равнинных условиях расчлененный рельеф повышает рекреационный потенциал ландшафта, хотя в других отношениях оценивается преимущественно негативно. Увеличение высоты над уровнем моря сказывается на здоровье человека главным образом опосредованно, через климат (понижение атмосферного давления и недостаток кислорода, низкая температура воздуха при интенсивной инсоляции, сильные ветры). Говоря о косвенной экологической роли рельефа, можно сослаться, в частности, на исследования Б.В. Вершинского, установившего связь очагов туляремии, описторхоза, дифиллоботриоза с крупными (морфоструктурными) чертами рельефа Севера Европейской России (Токаревич и др., 1975).

Несомненно существенна, хотя и косвенна, экологическая роль геологического фундамента ландшафта, который служит первоисточником минеральных элементов биологического метаболизма (гл. 1.4), рельефообразующим фактором, влияет на развитие деструктивных процессов в ландшафте. Непосредственное экологическое значение может иметь естественное ионизирующее излучение земной коры.

Всесторонняя характеристика экологического потенциала ландшафта требует учета многих десятков или даже сотен показателей, однако для экологической классификации и сравнительной оценки ландшафтов необходимо отобрать из огромного множества возможных показателей относительно небольшое число важнейших критериев. Принципы такого отбора основываются, во-первых, на экологической неравнозначности, неравноценности различных природных факторов и, во-вторых, на существовании многообразных взаимных связей между ними, вследствие чего одни природные факторы могут выступать в качестве ведущих, или определяющих, по отношению к другим, которые оказываются в положении зависимых, или подчиненных, тем самым теряя самостоятельное оценочное значение.

Все природные экологические факторы по их значению для человека можно разделить на две большие группы. К первой относятся облигатные (обязательные), незаменимые факторы, без которых невозможно само существование жизни вообще, такие как воздух, тепло, вода, необходимые минеральные элементы, биологическая продукция.* Эти факторы должны присутствовать повсеместно и постоянно в их естественных сочетаниях. Отсутствие хотя бы одного из них сводит экологический потенциал ландшафта к нулю. Поэтому такие факторы можно назвать универсальными, они составляют основу экологического потенциала, хотя и не исчерпывают его полностью. Надо заметить, что человек предъявляет к экологическому потенциалу ландшафта значительно

* Под биологической продукцией надо иметь в виду не столько всю пригодную к употреблению «готовую» биомассу природного происхождения, сколько возможность использования биологического потенциала ландшафта в целях увеличения «отдачи» биологической продукции и перестройки ее качественного состава в желаемом направлении. Иными словами, биологическую продуктивность ландшафта следует рассматривать как индикатор местного продовольственно-ресурсного потенциала.

более высокие требования, чем другие животные: для него это не только совокупность первичных источников биологического существования, но и природные предпосылки для нормальной трудовой деятельности, отдыха, организации быта, культурного развития. Важно также подчеркнуть, что уровень экологического потенциала ландшафта определяется не самим фактом наличия всех облигатных элементов и не их максимальными количественными показателями, а некоторыми оптимальными значениями как для каждого в отдельности, так и для всех в совокупности. Напомним, что избыток тепла, влаги или микроэлементов экологически так же неблагоприятен, как и недостаток.

Вторую группу составляют факторы, которые можно назвать факультативными, или дополнительными. Они не имеют повсеместного распространения, не всегда характеризуются постоянством во времени и могут быть присущи отдельным ландшафтам или возникать эпизодически. Там, где эти факторы присутствуют, они очень часто могут оказаться в роли лимитирующих (в особенности — стихийные природные явления). Однако в некоторых случаях факультативные факторы повышают качество жизненной среды (высокие эстетические достоинства ландшафта, наличие природных лечебных средств и т. п.).

К оценке экологического потенциала ландшафтов можно подходить с разных точек зрения, например медико-географической, курортологической, рекреационной. В результате мы получим серию специализированных, или частных, оценок, построенных, очевидно, на различных критериях. Однако при всей возможной специфике подходов к выбору критериев среди последних есть такие, которые практически оказываются общезначимыми, что позволяет подойти к разработке комплексной, или общей, оценки экологического потенциала ландшафтов. В качестве главных критериев для такой оценки следует принять экологические факторы из числа облигатных, или универсальных, притом те из них, которые не только имеют важнейшее непосредственное экологическое значение, но и наиболее независимы и в известной мере служат ведущими (определяющими) для других.

Вряд ли необходимо доказывать, что по своему «экологическому весу» на передний план выступают гидротермические факторы — тепло- и влагообеспеченность. С ними связаны основные региональные экологические различия, от их сочетания зависят и важнейшие экологические особенности биоты (в том числе биологическая продуктивность ландшафта, наличие или отсутствие лесной растительности, потенциальная опасность природно-очаговых заболеваний), и биогеохимические условия, и многие стихийные природные явления.

Для характеристики соотношения тепло- и влагообеспеченности существуют гидротермические коэффициенты, предложенные разными авторами. Все они имеют условный характер. Одним из наиболее удачных следует признать предложенный Н. Н. Ивановым (1962) «индекс биологической эффективности климата» TK , где T — сумма активных (за период со средними суточными температурами выше $10^{\circ}C$) температур воздуха, выраженная в сотнях градусов, а K — коэффициент увлажнения Г. Н. Высоцкого — Н. Н. Иванова (отношение годовой суммы осадков к годовой испаряемости).*

* В качестве предельной величины K принимается 1,0, так как увеличение K сверх этого предела (т. е. дальнейшее возрастание избыточного увлажнения) не оказывает положительного биологического эффекта.

(через испаряемость) влажность воздуха, атмосферные осадки, рассматриваемые в их годовом ходе, а также годовые ресурсы солнечного тепла — и хорошо выражает общий экологический фон (во всяком случае, для ландшафтов умеренных и высоких широт, где исключены экстремально жаркие условия). С величинами *ТК* хорошо коррелируют другие важные показатели экологического потенциала ландшафта, в том числе биологическая продуктивность и интенсивность биогеохимического круговорота (А. Исаченко, 1991а, с. 200). Отметим хорошее совпадение с определенными градациями *ТК* известной схемы Б. Б. Прохорова (1979), в которой дано районирование территории Азиатской России по уровню комфортности природных условий, предпосылкам болезней и особенностям адаптации пришлого населения. Общие закономерности территориальной изменчивости *ТК* в пределах России схематически отображены на рис. 36.

Сказанное дает основание использовать значения *ТК* для сравнения и группировки ландшафтов в первом приближении по их экологическому потенциалу. Необходимо оговориться, что ранжирование ландшафтов по их экологическому потенциалу может иметь лишь условный, приблизительный характер, поскольку не существует единой количественной меры оценки всех составляющих этого потенциала. Поэтому, оценивая природные условия жизни населения по критерию «лучше-хуже», невозможно полностью избавиться от субъективизма и нет смысла добиваться большой детальности в шкале оценки. Ступени оценки устанавливаются экспертным путем, и число их не должно быть велико.

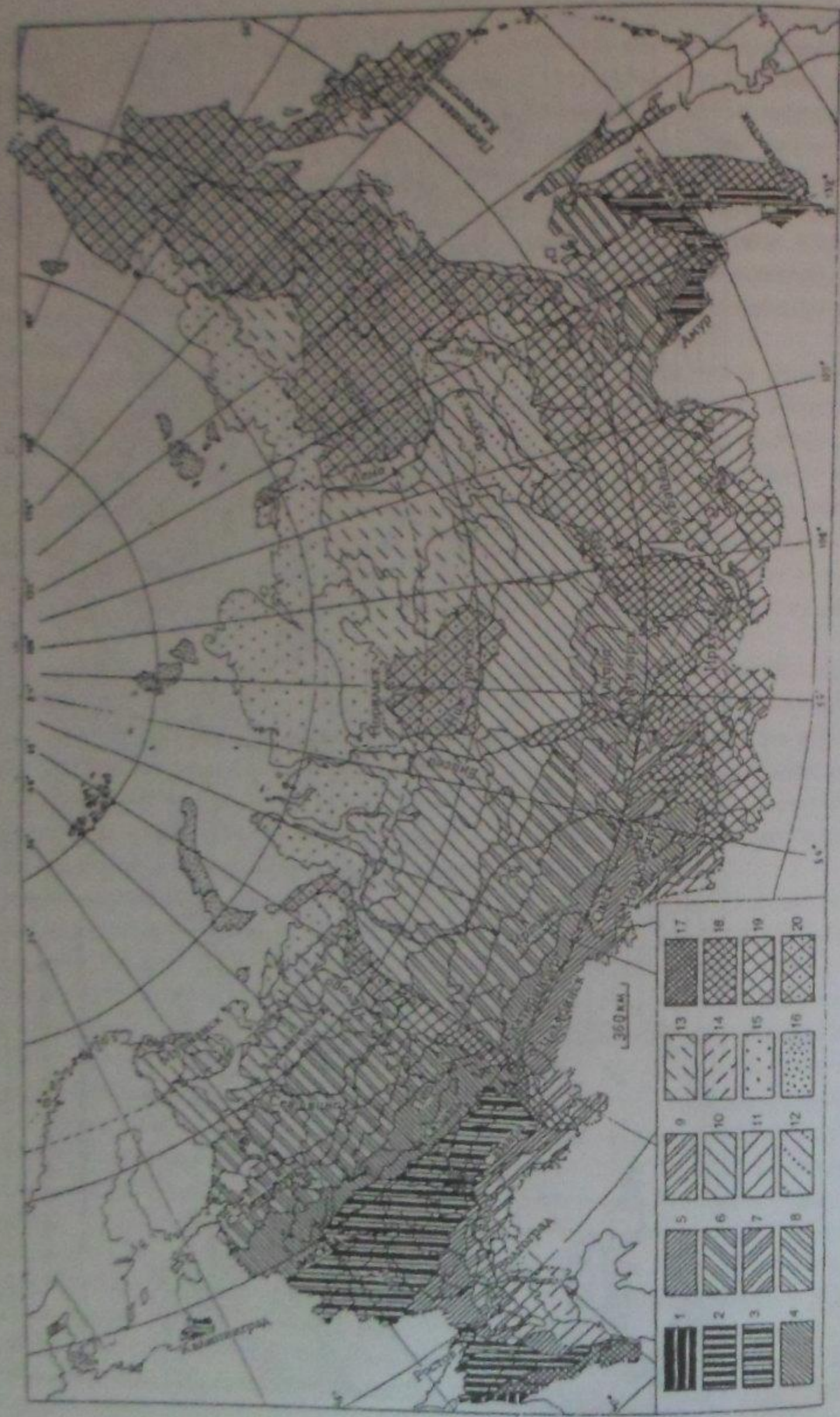
Таким образом, для первичной группировки ландшафтов по уровню их экологического потенциала мы принимаем индекс биологической эффективности климата *ТК*, который с целью получения более надежных результатов «подкрепляется» рядом сопутствующих, дополнительных, параметров климата (например, продолжительность комфортного периода), геохимической среды, биоты, а также корректируется некоторыми демографическими и медико-географическими характеристиками, такими как плотность населения, адаптируемость пришлого населения и др.

На карте изолиний *ТК* (рис. 36) хорошо заметна как бы осевая зона экологического оптимума («средняя полоса») с величинами *ТК* выше 20 в Европейской России и выше 18 в Западной Сибири. После перерыва в горах Южной Сибири эта полоса вновь появляется на юге Дальнего Востока. От зоны экологического оптимума величина *ТК*, а вместе с ней экологический потенциал ландшафта снижаются по двум направлениям. Главное из них — к северу, по мере общего сокращения запасов тепла, укорочения комфортного периода, удлинения и ужесточения дискомфорта. Противоположное — южное — направление характеризуется резким уменьшением водообеспеченности при одновременном усилении температурного дискомфорта из-за избытка тепла. Эта простая схема претерпевает существенное изменение лишь на крайнем юго-западе страны — в Предкавказье и на Северном Кавказе, где начинают проявляться признаки перехода к субтропикам и индекс *ТК* достигает наивысших значений (рис. 36). Здесь появляется отдельный «остров» экологического оптимума, территориально не связанный с основной «средней полосой».

Крайние ступени ухудшения экологических условий по недостатку и тепла и влаги рассматриваются как экстремальные. Впрочем, понятие экстремальности природной среды не имеет четкого и удовлетворительного определения, что отмечают многие авторы



Рис. 36. Показатель биологической эффективности климата.



Уровень экологического потенциала	ТК	Зональные типы ландшафтов	Сравнительная оценка природных условий обитания	Основные факторы экологического дискомфорта
1	30-42	Субсредиземноморские и северные влажнотропические	Наиболее благоприятные (оптимальные, комфортные)	Некоторый недостаток влаги в степях
2	24-30	Предкавказские степные и частично широколиственные-лесные	Благоприятные (ближе к оптимальным, прекомфортные)	Некоторый недостаток влаги в лесостепи
3	20-24	Широколиственно-лесные, восточноевропейские лесостепные и частично подтаежные ковыльные		Пониженная теплообеспеченность, избыточное увлажнение
4	18-20	Подтаежные (кроме южной части восточноевропейских)	Условно благоприятные (переходные от малоблагоприятных к благоприветным)	Недостаточное увлажнение
5	18-20	Западносибирские лесостепные, восточноевропейские степные типичные (кроме приволжских и завожжских)		Пониженная теплообеспеченность, избыточное увлажнение
6	16-18	Южнотаежные (кроме среднесибирских)	Малоблагоприятные (гликокомфортные)	Недостаточная влагообеспеченность
7	16-18	Приволжские и минусинские степные типичные		Низкая теплообеспеченность, избыточное увлажнение
8	12-16	Среднетаежные (кроме центральнокузнецких), средне-сибирские южнотаежные	Неблагоприятные (дискомфортные)	Низкая влагообеспеченность
9	12-16	Восточноевропейские сухостепные, западносибирские и завожжские степные типичные		Значительный недостаток тепла, избыток влаги
10	8-12	Северотаежные (кроме восточносибирских)	Абсолютно неблагоприятные (экстремальные)	Значительный недостаток влаги, избыток тепла
11	8-12	Полупустынные, сибирские сухостепные		Недостаток тепла и атмосферной влаги, мощная многолетняя мерзлота
12	8-10	Центральнокузнецкие среднетаежные	Относительно благоприятные в нижнем поясе, малоблагоприятные в среднем поясе	Значительный недостаток тепла, избыток влаги
13	6-8	Лесотундровые, восточносибирские северотаежные		Крайний недостаток влаги, избыток тепла
14	6-8	Пустынные	Относительно неблагоприятные в котловинах до экстремальных в высокогорьях	Крайний недостаток тепла и избыток влаги
15	< 6	Тундровые		Экстремально низкая теплообеспеченность
16	0	Арктические	Крайне неблагоприятные и экстремальные, в котловинах неблагоприятные	Расчлененный рельеф, деструктивные природные процессы, резкое уменьшение теплообеспеченности с высотой, часто недостаток влаги в котловинах и на подветренных склонах
17	22-25	Тропические в зонах широколиственных лесов и предубтропических степей		
18	14-20	Тропические в южной тайге, полатайге и лесостепи		
19	10-12	Тропические в средней тайге, средне- и высокогорные в степной зоне Южной Сибири		
20	5-10	Тропические в северной тайге и Субарктике		

Рис. 37. Экологический потенциал ландшафтов по мезорегионам.

(Максимова, Райх, 1979; Мовчин, 1997). А. П. Авцын (1972) различает три степени экстремальности — относительную (жизнь человека возможна, но сильно затруднена), абсолютную (жизнь практически невозможна) и суперэкстремальную (условия среды угрожают существованию человека как вида), но признает условность этого деления. Экстремальность условий обитания может определяться различными факторами, в том числе наличием геохимических аномалий, частым повторением стихийных бедствий и т.д., но при оценке экологического потенциала ландшафтов важно учитывать территориальные масштабы проявления подобных факторов, «радиус их действия». Во многих случаях лимитирующее экологическое значение тех или иных природных процессов и явлений ограничивается лишь локальными рамками. При оценке экологического потенциала геосистем на региональных уровнях приходится отвлекаться от наличия таких деталей, как отдельные участки, подверженные нагонным наводнениям, оползневым процессам или сильным заморозкам.

Среди географических макропроцессов, определяющих экстремальность природной среды на различных региональных уровнях, вплоть до уровня ландшафтных зон, на первое место надо поставить климат. Климатически обусловленные экстремально холодный, экстремально жаркий и экстремально влажный типы географической среды имеют глобальное значение. На территории России четко выражен первый из этих типов, которому соответствуют арктические ландшафты; второй тип представлен ландшафтами пустынь, заходящими в пределы страны на самой периферии их ареала. В данном случае указанные два типа ландшафтов естественно принять за своего рода полюсы, находящиеся на противоположных концах оси, по которой ведется отсчет степени удаления экологического потенциала ландшафта от условного оптимума. Переходы от экологического оптимума к экстремумам весьма постепенные и между ними можно выделить промежуточные ступени. Таким образом мы получаем первичный «экологический каркас» из шести ступеней, границами которых можно принять величины *ТК* 20, 16, 12, 8 и 4. Однако этот «каркас» нуждается в уточнениях и дальнейшей детализации.

Выше уже была отмечена важная прямая и косвенная экологическая роль рельефа. Этот компонент ландшафта, подобно климату, оказывает существенное влияние на различные составляющие экологического потенциала ландшафта и часто выступает в роли лимитирующего экологического фактора. Многообразные экологические функции рельефа особенно ярко проявляются в горных ландшафтах. Поэтому при оценке экологического потенциала представляется необходимым уже на самом высоком уровне разграничивать равнинные и горные ландшафты. Дальнейшее районирование последних ведется с учетом ряда специфических критериев, в том числе зонального положения горных поднятий, изменчивости гидротермических условий по высоте и экспозиции склонов, интенсивности деструктивных природных процессов.

Осуществить оценку экологического потенциала всех конкретных ландшафтов страны, число которых исчисляется тысячами, нереально. Объектами оценки в столь широких территориальных рамках могут быть лишь некоторые укрупненные категории ландшафтной дифференциации на территории всей страны — типологические или региональные. В первом случае оценка производится по классификационным объединениям ландшафтов — типам, подтипам, классам и т. д., во втором — по региональным геосистемам более высокого уровня, чем ландшафт, т. е. по ландшафтным мезо- или

макрорегионам. Первый опыт оценки экологического потенциала ландшафтов России основывался на типологическом подходе: в качестве первичных объектов были приняты классификационные подразделения ландшафтов, отображенные на «Ландшафтной карте СССР...» в масштабе 1:4 000 000 (1988). В результате оценки все ландшафты России были разделены на 42 группы по их экологическому потенциалу (А. Исаченко, 1991б). Эта схема была принята для «Эколого-географической карты России» в масштабе 1:4 000 000 (1996). В настоящей книге использован иной — региональный — подход. Такой выбор объясняется тем, что основными объектами анализа в книге служат региональные геосистемы и именно к ним приурочены многообразные экологические показатели как природного, так и антропогенного характера, содержащиеся в разных главах.

Разработанная согласно изложенным критериям карта (рис. 37) имеет несколько более генерализованный характер, чем опубликованная ранее (А. Исаченко, 1991б), но принципиально мало от нее отличается. На ней выделено 20 групп ландшафтных мезорегионов (провинций или подпровинций), ранжированных в примерном соответствии с уменьшением экологического потенциала по индексу *ТК*. При этом в отдельных случаях ландшафтные мезорегионы приходилось разукрупнять, т. е. относить к двум соседним оценочным группам. Так, провинции восточноевропейской подтайги в основном входят в группу 4 с относительно высоким экологическим потенциалом, но некоторые районы более южных провинций согласно величине индекса *ТК* были присоединены к группе 3 с наиболее высоким потенциалом. Принятым в этой схеме уровням экологического потенциала ландшафтов — от наиболее высокого до экстремально низкого — отвечают ступени сравнительной оценки природных условий жизни населения — от наиболее благоприятных до абсолютно неблагоприятных (см. легенду рис. 37). Обе оценочные шкалы с использованными определениями отдельных ступеней («высокий», «средний», «низкий» потенциал, «благоприятные», «малоблагоприятные» и т. п. условия) основаны не на каких-либо строго объективных количественных критериях, а на эмпирическом сравнительном анализе. Краткая сравнительная характеристика выделенных групп мезорегионов по их основным признакам дана в легенде, построенной в табличной форме.

2. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛАНДШАФТЫ И ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

2.1. Размещение населения и хозяйственная освоенность территории в связи с экологическим потенциалом ландшафтов

Реакции человека на влияние природных экологических факторов чрезвычайно многообразны. Никакой научно-технический прогресс не в состоянии избавить человечество от этого влияния, и есть все основания признать, что жизнь людей в определенной степени подчинена географическим закономерностям. Еще 100 лет тому назад на это обратил внимание В. В. Докучаев, утверждая (хотя, быть может, с излишней категоричностью), что «человек зонален во всех проявлениях своей жизни» (Докучаев, 1951).

В предшествующих главах приведено немало фактов, свидетельствующих о проявлении зональности и других географических закономерностей в жизни людей. Напомним, в частности, о специфической зональной патологии человека и об эколого-географической дифференциации вида *Homo sapiens*, имеющей определенно зональный характер. Установлено, например, что для жителей жарких и аридных пустынных ландшафтов характерны повышенный рост и удлинение пропорций тела при относительно малом весе, пониженный основной обмен (что способствует снижению теплопродукции), ослабление жиросжигания, низкий уровень холестерина в крови и т. д. У жителей экстремально холодных ландшафтов, напротив, многие приспособления направлены на усиление энергетических процессов и повышение теплопродукции (относительно небольшой рост при значительном весе, развитая грудная клетка, увеличение основного обмена, скорости кровотока, содержания гемоглобина и др.). Коренным жителям экваториальной зоны присущи малый рост, худощавость, пониженная теплопродукция и усиленная теплоотдача, повышенное потоотделение, пониженная интенсивность основного обмена и жиросжигания (Алексеева, 1977).

Ранее уже упоминалось, что коренное население лучше приспособлено к местным неблагоприятным свойствам природной среды, чем переселенцы. У пришлого населения в необычных ландшафтно-экологических условиях наблюдаются более или менее существенные нарушения биологических функций. Чем больше степень контрастности условий, тем напряженнее идет процесс приспособления (акклиматизации) и тем больше времени он требует — от нескольких месяцев до нескольких лет. Полная адаптация к новым ландшафтно-экологическим условиям практически невозможна, происходящие при этом изменения в организме считаются обратимыми, они не передаются по наслед-

ству. Но и вполне обратимые изменения не всегда возможны: патологические отклонения очень часто наблюдаются и после завершения периода акклиматизации.

Своеобразным экологическим индикатором различных ландшафтных зон можно считать особенности местной пищи, на что обращал внимание В. В. Докучаев. Хотя пищевой рацион современного человека складывается отнюдь не исключительно за счет натуральных местных продуктов, последние нередко играют главную роль. Население тундры и лесотундры употребляет в пищу наибольшее количество белков и жиров животного происхождения, в рационе преобладают мясо и рыба, пища отличается высокой калорийностью. В умеренном поясе основными продуктами питания служат пшеница, картофель, мясо, жиры как животного, так и растительного происхождения. В субтропиках калорийность пищи обеспечивается главным образом за счет пшеницы, кукурузы, риса; жиры — преимущественно растительные, источники белков — мясо, рыба, зернобобовые. В тропиках основные источники поступления калорий — пшеница, кукуруза, рис, просо, сорго, батат, главный источник белков — зернобобовые. В субэкваториальных и экваториальных ландшафтах пища также преимущественно растительного происхождения, относительно низкокалорийная (рис, кукуруза, батат, просо, сорго, маниок, бананы, кокосовые орехи), белки поступают с зернобобовыми (Фрумкин, Саравайская, 1979).

Затронутые выше вопросы экологической дифференциации человечества, адаптируемости к различным природным условиям, входят в сферу экологии человека, или антропоэкологии. Более непосредственное отношение к географии имеют проблемы расселения людей в связи с хозяйственным освоением ландшафтов. Для географа эти проблемы представляют особый интерес потому, что в ходе процессов расселения и освоения территории ярко проявляются взаимные связи между человеком и ландшафтом, т. е. обнаруживается не только зависимость первого от второго, но и обратная связь — активное антропогенное воздействие на среду обитания. Последнее обстоятельство приобретает для нас первостепенное значение, если иметь в виду содержание этой книги.

Знание закономерностей размещения населения — его плотности, характера расселения, соотношения городского и сельского населения, типов и размеров населенных пунктов, городских агломераций и т. д. — служит первой предпосылкой для анализа антропогенных воздействий на ландшафты, в том числе для оценки нагрузок, возможных направлений дальнейшей трансформации геосистем, изменения их экологического состояния. Изучение закономерностей расселения входит в задачи специальной географической дисциплины — географии населения. Однако ее представители не уделяли должного внимания изучению зависимости расселения от ландшафтов. Это в значительной мере обусловлено традицией оперировать с административно-территориальными подразделениями как единственными носителями демографической информации. Между тем использование ландшафтного подхода, при котором объектами демографического исследования становятся природные территориальные комплексы, открывает новые перспективы перед географией населения.

Сложившаяся демографическая ситуация в пределах конкретной территории есть результат исторического процесса, в ходе которого переплеталось влияние на население природных и социально-экономических факторов. Последние, например, нередко определяют возникновение очагов урбанизации в экстремальных экологических условиях,

если это диктуется экономическими, геополитическими или военно-стратегическими интересами. Хозяйственное освоение территории, как правило, в наибольшей мере связано с ее производственно-ресурсным потенциалом, который далеко не всегда соответствует потенциалу экологическому. Но тем не менее, если отвлечься от некоторых деталей и рассмотреть соотношения между заселенностью территории и ее экологическим потенциалом по естественным, т. е. по ландшафтным, подразделениям, то нельзя не заметить между ними определенного соответствия. Особенно убедительные результаты дает применение ландшафтно-картографического метода, т. е. картографирование демографических показателей на ландшафтной основе. При этом в качестве контурной основы могут быть приняты ландшафтно-территориальные единицы разных уровней, что позволяет подойти к выявлению ландшафтно-демографических связей и закономерностей разного порядка.

Подобный метод был применен при разработке серии карт плотности населения России, помещенных в этой книге. Карты составлены по материалам переписи населения 1989 г. (Численность населения..., 1990) путем пересчета данных о численности населения всех городов, поселков городского типа и сельского населения административных районов по системе ландшафтных макро- и мезорегионов. Таким образом была получена картина региональной структуры заселенности страны на двух уровнях. Первые две карты серии (рис. 38 и 39) отображают территориальные изменения плотности всего населения страны по ландшафтным макро- и мезорегионам.

Однако для выявления наиболее общих ландшафтно-экологических закономерностей в расселении людей по территории страны оказалось целесообразным произвести расчеты по еще более генерализованной системе территориальных единств, а именно по выделенным в гл. 18 шести укрупненным градациям экологического потенциала ландшафтов — от наиболее высокого до экстремально низкого (рис. 37). Результаты расчетов приведены в табл. 18. Прямая связь плотности населения с уровнем экологического потенциала ландшафтов представляется достаточно очевидной. С каждым переходом от одной ступени шкалы экологического потенциала к другой плотность населения снижается примерно в три раза, если же сравнивать ступени через одну, то происходит снижение на порядок, а различие в плотности населения между первой (верхней ступенью) шкалы и пятой близко к двум порядкам. Последняя ступень — экстремально низкий уровень — автоматически выпадает из расчетов по причине отсутствия постоянного населения; следует также оговориться, что из приведенных расчетов исключены горные ландшафты, представленные в табл. 18 отдельной строкой.

Как следует из табл. 18, в зоне экологического оптимума, занимающей менее 1/15 площади страны, сосредоточена почти половина ее населения. Пожалуй, наиболее резкий контраст по уровню заселенности обнаруживается между двумя неравными частями территории России. Первая, относительно компактная, охватывает ландшафты с наиболее высоким и относительно высоким экологическим потенциалом, она занимает лишь 1/5 всей площади страны, но на ней проживает более 4/5 населения, средняя плотность составляет 34,2 чел./км², что намного выше средней для всей страны (8,6 чел./км²). Вся остальная территория, включая и горные ландшафты, заселена крайне слабо, средняя плотность равна 2,1 чел./км².

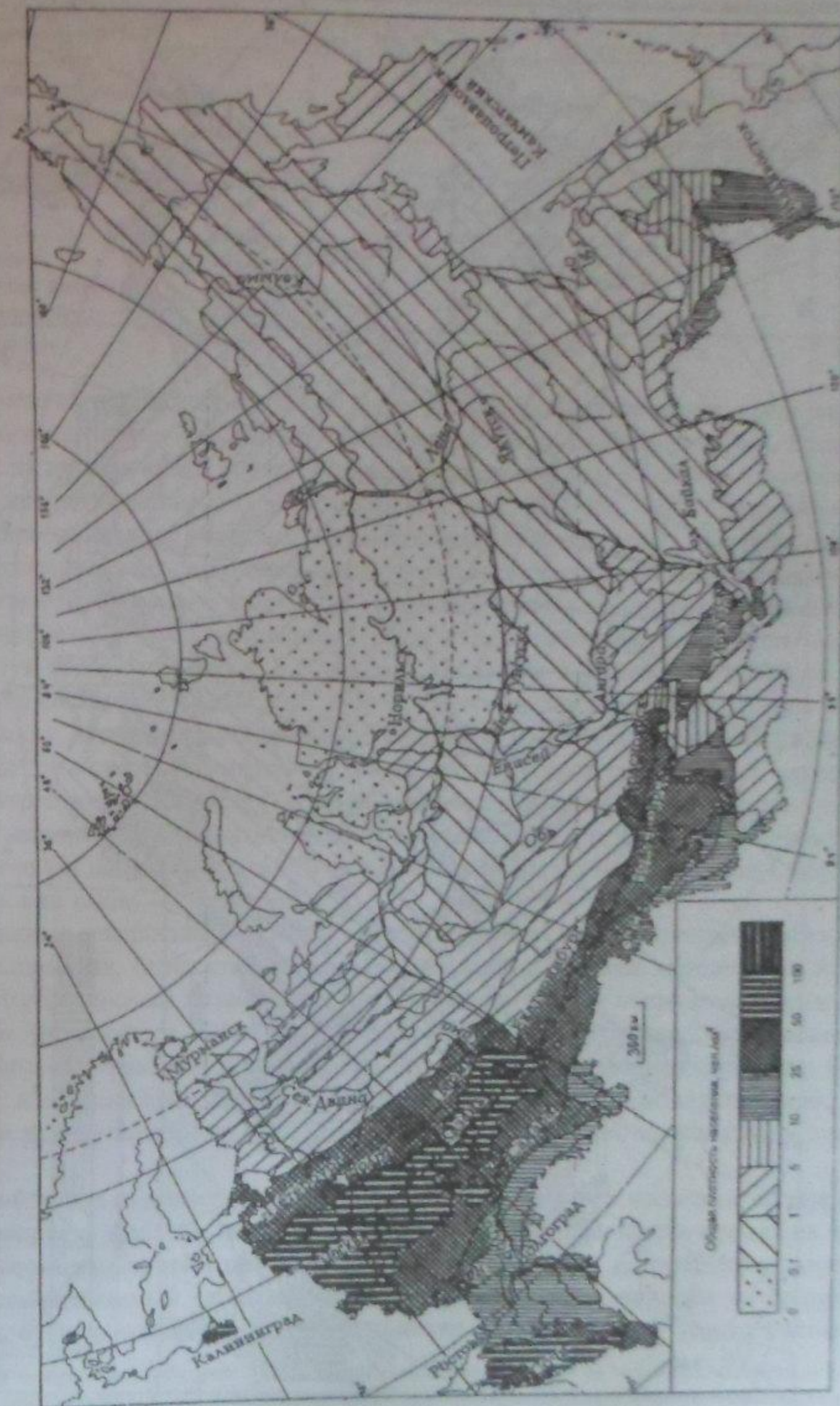


Рис. 38. Общая плотность населения по ландшафтно-экологическим макрорегионам.

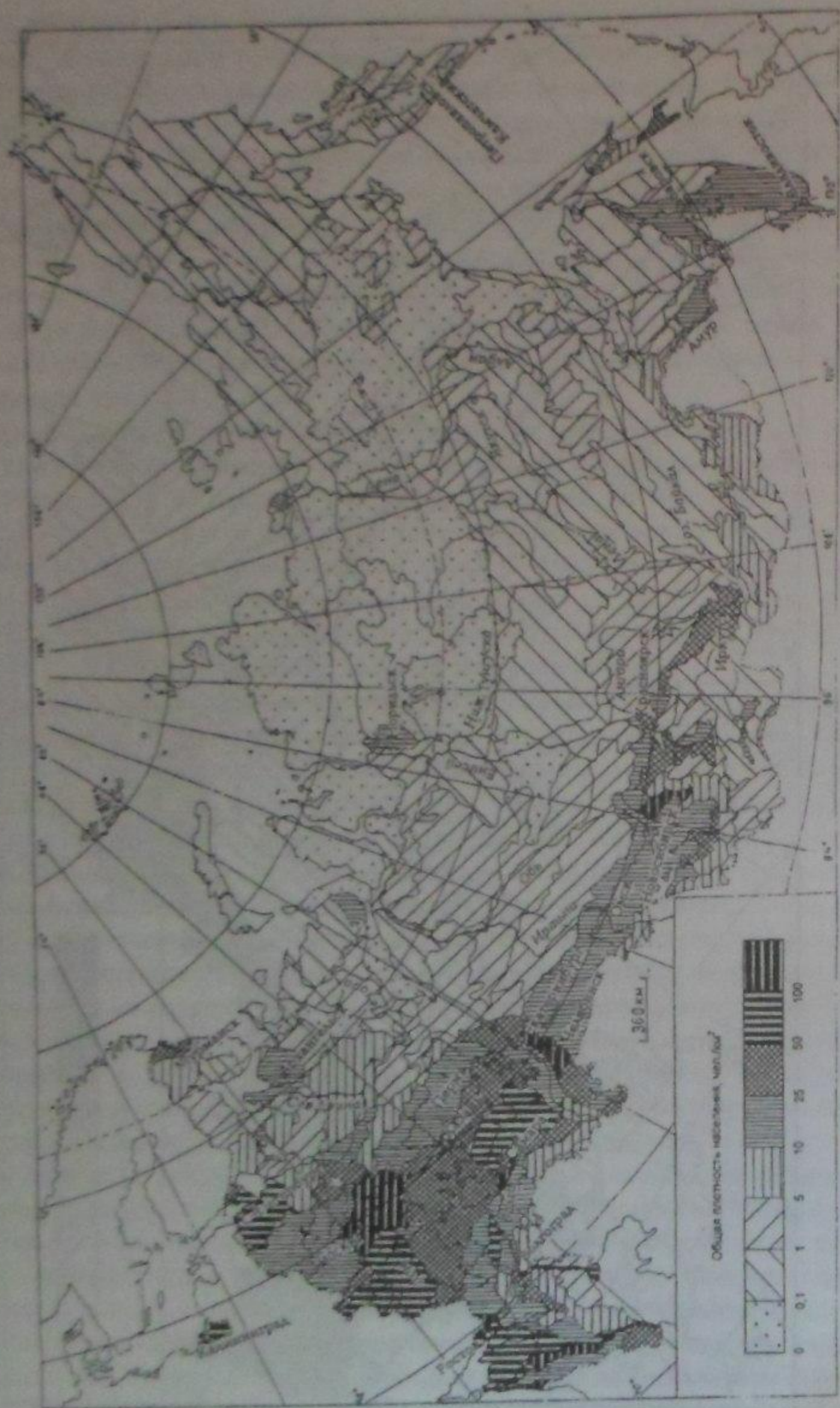


Рис. 39. Общая плотность населения по ландшафтно-экологическим мезорегионам.

Таблица 18. Размещение населения по ландшафтам с различным уровнем экологического потенциала

Уровень экологического потенциала (группы ландшафтных мезорегионов)	Площадь		Население		Плотность населения, чел./км ²
	тыс. км ²	%	тыс. чел.	%	
Наиболее высокий	1087	6,4	65838	44,7	60,6
Относительно высокий	2373	13,9	52546	35,6	22,1
Средний	1949	11,4	12860	8,7	6,6
Низкий	2945	17,2	6980	4,7	2,4
Очень низкий	3608	21,1	3234	2,2	0,9
Экстремально низкий	98	0,6	—	—	—
Горные ландшафты	5015	29,4	5942	4,0	1,2
Россия в целом	17075	100	147400	100	8,6

Разумеется, приведенные цифры дают сильно генерализованное представление о размещении населения и скрывают существенные региональные различия, которые выявляются на последующем территориальном уровне анализа, а именно по зонально-секторным (макрорегиональным) подразделениям (рис. 38, табл. 19)*. Ограничимся здесь лишь двумя основными выводами. Первый вывод сводится к тому, что при одинаковом уровне экологического потенциала ландшафты с недостатком тепла менее заселены, чем ландшафты с недостатком влаги. Так, в среднетаежных ландшафтах, относящихся к группе гипокомфортных, со средним уровнем экологического потенциала, плотность населения в среднем близка к 3,5 чел./км², тогда как в степных ландшафтах той же группы она составляет 13 чел./км². В северотаежных ландшафтах из группы малоблагоприятных, с низким экологическим потенциалом, средняя плотность населения равна 2,2 чел./км², а в степных ландшафтах той же экологической группы — 8,7 чел./км². Еще более контрастны по рассматриваемому показателю дискомфортные, близкие к экстремальным, ландшафты Субарктики и зоны пустынь: если в первых плотность населения повсеместно (за исключением восточноевропейской части) не превышает 1 чел./км², то во вторых она выше — 20 чел./км².

Указанные контрасты объясняются несоответствием между экологическим и ресурсным потенциалами. Относительно высокая заселенность степей обусловлена их значительным агроресурсным потенциалом — плодородием почв и повышенной теплообеспеченностью. Что касается водного дефицита, то с ним легче бороться, чем с недостатком тепла, используя транзитный сток, подземные воды, искусственное орошение. Средняя плотность населения прикаспийских пустынь, нетипично высокая для этой зоны, создается почти исключительно за счет Волго-Ахтубинской поймы, являющейся в сущности оазисом.

Второй вывод из макрорегионального анализа размещения населения по территории страны говорит о том, что, несмотря на динамизм демографических процессов, межрегиональные миграции, отток сельского населения в города и т. д., существует устойчивая зависимость размещения населения от ландшафтной дифференциации территории и, в частности, от широтной зональности и долготной секторности. К такому заключению

* В основу содержания карты (рис. 38) положены усредненные данные по населению равнинных и горных ландшафтов макрорегионов, в табл. 19 приведены цифры только для равнинных провинций тех же макрорегионов, поэтому в ряде случаев (особенно для южной части Сибири) они имеют более высокие значения.

можно прийти уже на основе чисто визуального изучения карты (рис. 38), последующие уточнения нетрудно внести, опираясь на конкретные цифры (табл. 19). Отчетливо прослеживается «средняя полоса» — зона наибольшей концентрации населения. В Европейской России она совпадает с подтайгой и зоной широколиственных лесов. Отсюда плотность населения строго зонально снижается — более резко к северу и более плавно к югу, образуя вторичный максимум в Предкавказье и предсубтропиках Причерноморья

Таблица 19. Плотность населения рифмовых ландшафтов в различных зонах и секторах

Зона (подзона)	Сектор					
	Восточно-Европейский	Предкавказский	Западно-Сибирский	Средне-сибирский	Восточно-Сибирский и Южно-Сибирский	Дальневосточный
Субарктическая	3,0		1,0	0,020	0,10	0,25
	0,2		0,1	0,016	0,02	0,08
	2,8		0,9	0,004	0,08	0,17
Северотаская	3,9		0,8	0,07	0,21	
	0,6		0,2	0,01	0,07	
	3,4		0,6	0,06	0,14	
Среднетаская	4,3		2,5	0,20	0,92	1,8
	1,5		0,3	0,06	0,43	0,7
	2,8		2,2	0,14	0,49	1,1
Южнотаская	28,5		2,5	3,5		1,9
	5,0		1,0	1,0		0,6
	23,5		1,5	2,5		1,3
Подтаская	63,2		25,2	29,6		18,2
	10,4		5,4	5,1		2,6
	52,8		19,8	24,5		15,6
Широколиственно-лесная	51,5	64,8				15,9
	14,6	23,9				6,0
	37,0	40,1				9,9
Лесостепная	38,6		31,2	6,8		
	14,7		6,9	3,1		
	23,9		24,3	3,7		
Северостепная	47,5	78,5	21,2			
	12,4	37,0	7,2			
	34,9	41,5	14,0			
Среднестепная	20,1		14,8	12,2	7,8	
	7,7		8,1	3,8	2,6	
	12,4		6,7	8,4	5,2	
Южнестепная	14,9		30,0			
	6,2	62,1	9,2			
	8,7	24,9	20,9			
Полупустынная	13,2	37,2				
	4,2					
	9,0					
Пустынная	21,9					
	6,1					
	15,8					

Примечание. Верхняя цифра — плотность всего населения, средняя — сельского, нижняя — городского.

— в точном соответствии с увеличением экологического потенциала ландшафтов. Эту схему можно проследить и в других ландшафтных секторах, хотя в связи с особенностями их широтного положения южная часть зонального ряда здесь сильно редуцирована или вовсе не выражена, а зона оптимума сдвинута к южной границе страны. Важно заметить, что за Уралом те же широтно-зональные изменения в заселенности территории происходят на более низком и как бы скачкообразно снижающемся к востоку уровне. Эта закономерность особенно типично выражена в основной — таежной зоне, а также в Субарктике.

Переходя к мезорегиональному уровню ландшафтно-демографического анализа, мы сталкиваемся с внутризональной контрастностью, то более, то менее ясно выраженной. На рис. 39 можно заметить контуры отдельных провинций или их групп, которые выглядят своего рода аномалиями на общем зональном фоне (например, Кузнецкая и Южно-Зауральская провинция в лесостепной зоне Западной Сибири, Норильский или Воркутинский округа в Субарктике). Подобные примеры часто не требуют объяснений, но возможны более сложные ситуации, связанные со спецификой исторических, социально-экономических и ландшафтно-экологических условий расселения.

При изучении ландшафтно-демографических связей необходимо учитывать специфику сельского и городского расселения. В размещении сельского населения (рис. 40, 41) роль экологических факторов прослеживается достаточно четко, но при этом проявляется и его более тесная связь с агроресурсным потенциалом ландшафтов, что выражается в некотором сдвиге зонального максимума плотности к югу. Среди ландшафтов страны по густоте сельского населения выделяются предкавказские степи (37 чел./км²), что вполне согласуется как с экологическими, так и агропроизводственными качествами этих ландшафтов. За ними следует зона основного экологического оптимума — широколиственно-лесные и лесостепные ландшафты Русской равнины (около 15 чел./км²), которым несколько уступают северостепные ландшафты. С переходом к подтайге и далее к тайге плотность сельского населения существенно снижается. То же наблюдается и в восточном направлении по мере перехода от одного ландшафтного сектора к другому. Однако в степной зоне секторные различия выражены менее резко, чем в таежной (табл. 19). Территориальные изменения плотности сельского населения происходят более плавно, чем городского. Это относится и к внутризональному (мезорегиональному) размещению сельского населения (рис. 41), которому несвойственна контрастность, наблюдаемая в плотности городского населения.

Плотность городского населения служит одним из показателей урбанизованности территории. Урбанизация, казалось бы, должна менее зависеть от экологического потенциала ландшафтов, чем сельское расселение. Однако если построить картограмму плотности по системе ландшафтных регионов, то и на ней природные закономерности проступают со всей очевидностью (рис. 42, 43). Полоса максимальной урбанизованности, с плотностью городского населения около 53 чел./км², совпадает с зоной восточно-европейской подтайги. Отсюда рассматриваемый показатель как бы симметрично снижается к северу и к югу, образуя «всплеск» в Предкавказье и субтропиках. В Западной Сибири «ось урбанизации» приурочена к лесостепной зоне, общий уровень урбанизации заметно снижается. Далее к востоку трудно говорить о какой-либо «оси», но основные очаги урбанизации расположены в подтайге и дальневосточной зоне широколиственных лесов (табл. 19).

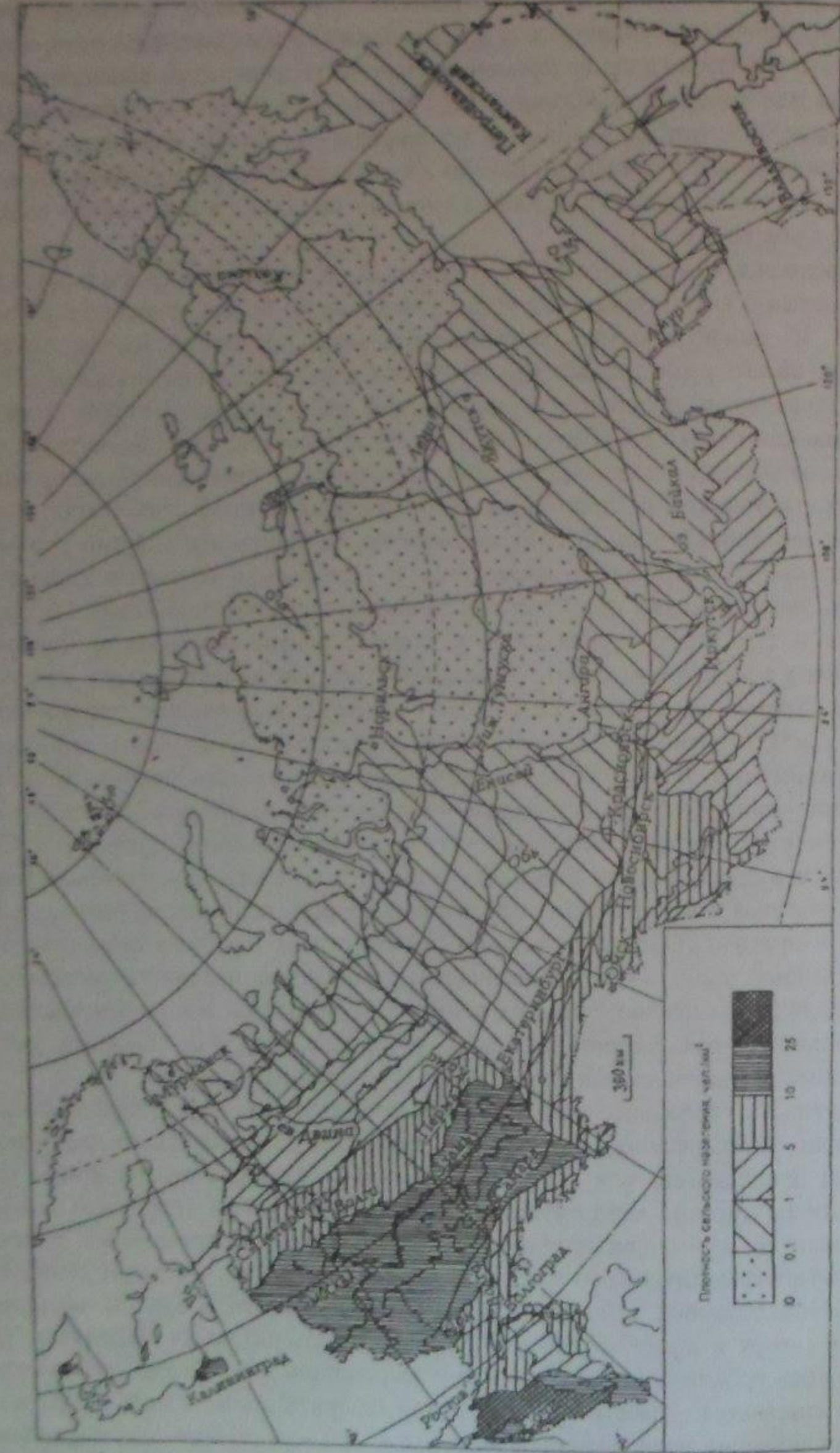


Рис. 40. Плотность сельского населения по ландшафтно-экологическим макрорегионам.

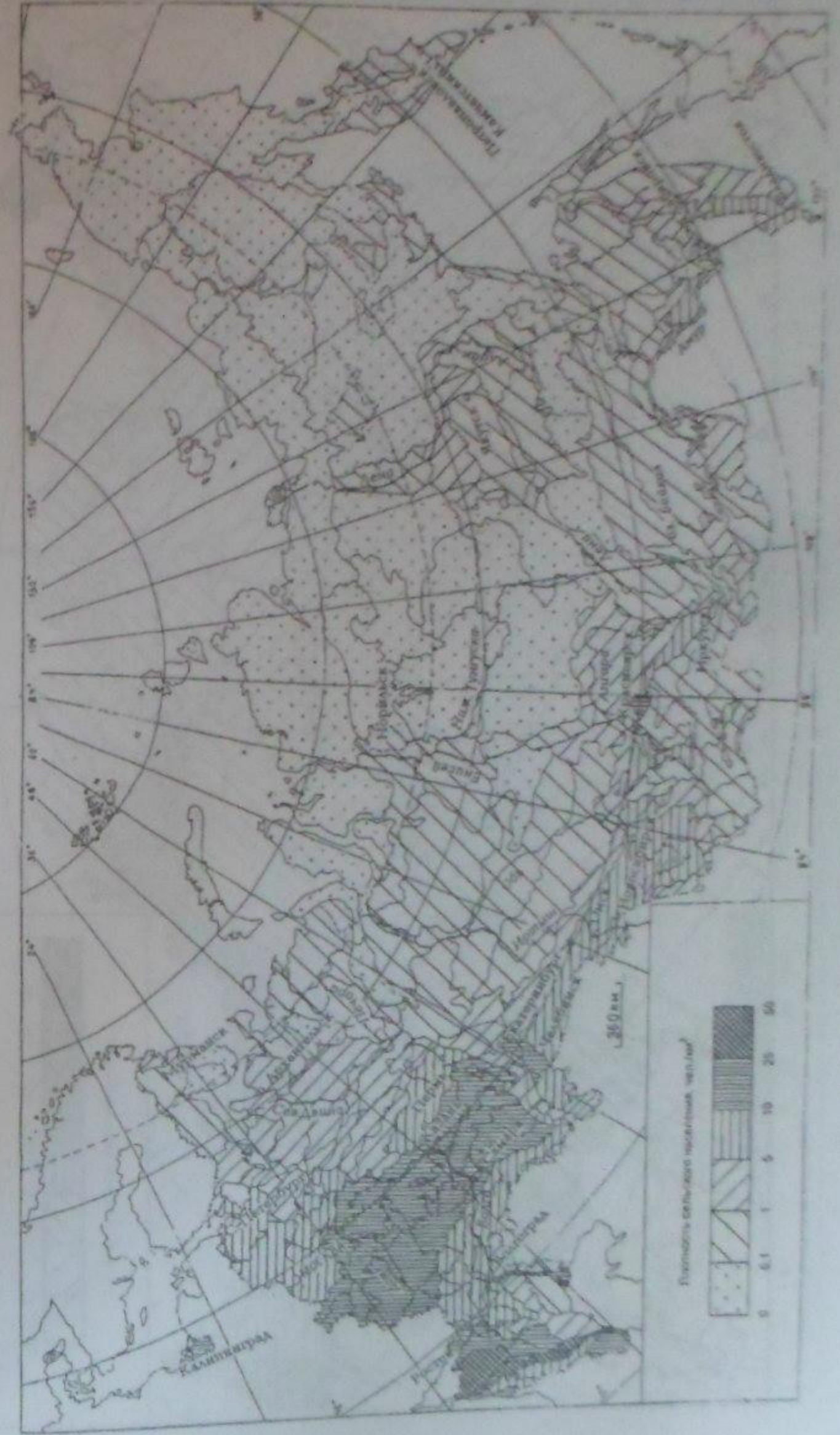


Рис. 41. Плотность сельского населения по ландшафтно-экологическим мезорегионам.

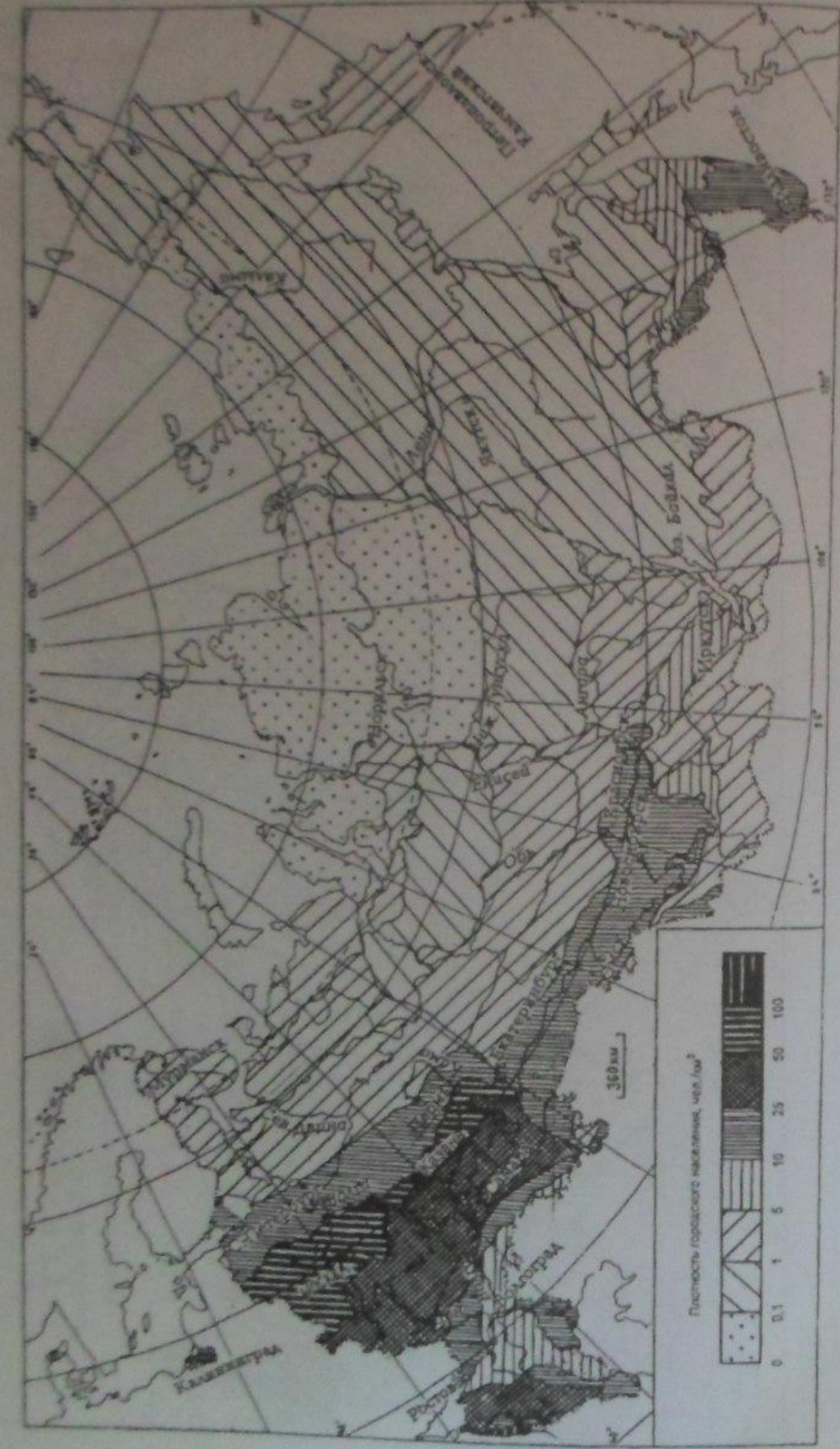


Рис. 42. Плотность городского населения по ландшафтно-экологическим макрорегионам.

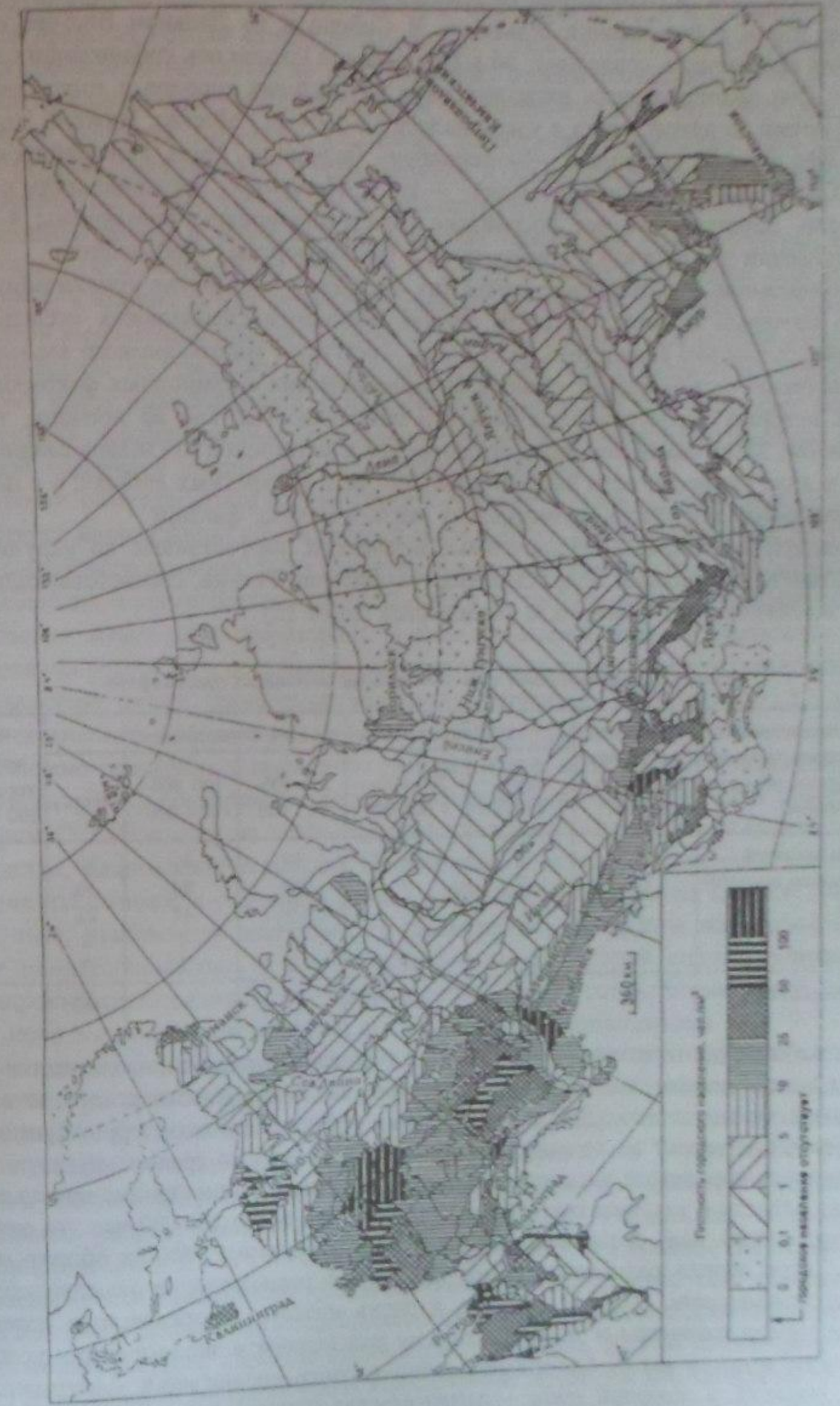


Рис. 43. Плотность городского населения по ландшафтно-экологическим мезорегионам.

Таким образом, в размещении городского населения мы наблюдаем те же закономерности, что и в размещении сельского. В Сибири и на Дальнем Востоке обе оси расселения практически совпадают, но в Европейской России ось урбанизации сдвинута к северу. Она подчеркивается расположением крупнейших городов и городских агломераций почти по одной линии в узкой полосе 55–56° с.ш.: Москва, Нижний Новгород, Казань, Уфа и далее за Уралом — Екатеринбург, Челябинск, Омск, Новосибирск, Красноярск. Самая существенная «аномалия» — это С.-Петербург, «отскочивший» к северу до 60° с.ш. Заметим, что все российские города-миллионеры приурочены к ареалу распространения экологически комфортных и прекомфортных ландшафтов.

Формирование и размещение городских поселений и развитие урбанизации — достаточно сложный процесс, который служит предметом специальных исследований. Сложившаяся картина городского расселения — результат многообразного взаимодействия общественно-исторических, социально-экономических и природных факторов, соотношение которых характеризуется большой изменчивостью как во времени, так и в пространстве. Здесь мы можем лишь ограничиться констатацией той немаловажной роли, которая в этом процессе, если рассматривать его не в конкретных деталях, а в широких территориальных масштабах, принадлежит экологическому фактору.

Приведем некоторые дополнительные показатели, рассчитанные по укрупненным ландшафтно-экологическим подразделениям территории России, соответствующим грациям экологического потенциала ландшафтов (табл. 20).

Таблица 20. Урбанизация и экологический потенциал ландшафтов

Уровень экологического потенциала (группы ландшафтных мезорегионов)	Плотность городского населения, чел./км ²	Число крупных городов с населением					Число крупных городов на 100 000 км ²
		более 1 000 000	500 000–1 000 000	250 000–500 000	100 000–250 000	всего	
Наиболее высокий	44,5	5	9	19	47	80	7,4
Относительно высокий	16,6	7	9	10	24	50	2,1
Средний	4,3	—	3	4	14	21	1,1
Низкий	1,6	—	—	6	2	8	0,3
Очень низкий	0,8	—	1	3	3	7	0,2
Россия в целом	6,4	12	22	42	90	166	1,0

Так же как в плотности всего населения, в городском населении наблюдается резкий контраст между поясом наиболее и относительно высокого экологического потенциала и остальной частью страны. Для характеристики урбанизованности территории существенное значение имеют не только и, быть может, не столько средние показатели размещения всего городского населения, сколько развитие и концентрация крупных городов. Если отнести к таковым города с числом жителей более 100 000 чел., то окажется, что на указанный пояс экологического оптимума приходится 78% их общего числа в стране. Здесь города размещены более или менее равномерно и нередко образуют крупные агломерации. В зонах низкого и очень низкого экологического потенциала крупные города единичны и возникли они не под влиянием экологических условий, а в сущности вопреки им. В Субарктике главные очаги урбанизации — Мурманск, Норильск, Воркута, в северной тайге — Архангельская агломерация, горнопромышленные

центры Кольского полуострова, Ухта, Магадан. Основной «вклад» в урбанизацию зоны пустынь в пределах России вносит дельта Волги с расположенной в ней Астраханью.

Доля городского населения во всем населении страны составляет 73,6%, и хотя по отдельным ландшафтным регионам эта доля колеблется от нуля до 100% (рис. 44), в большинстве регионов городское население значительно преобладает над сельским. Поэтому региональная пестрота и контрастность в общей плотности населения определяются преимущественно характером размещения городского населения.

Расселение людей и хозяйственное освоение территории — две стороны, или два аспекта, единого исторического процесса, в котором следует различать еще одну составляющую, а именно антропогенное изменение ландшафтов. Изучение хозяйственной освоенности территории должно служить отправным пунктом для оценки антропогенного воздействия на ландшафт. Однако традиционное представление об освоенности территории имеет односторонний, утилитарно-экономический, характер, ему недостает учета функций ландшафта, роли его экологического и ресурсного потенциала как необходимой первичной предпосылки для всякого освоения.

Наиболее общепринятым можно считать понятие о *типе (виде) освоения*, которое соответствует направлению хозяйственной деятельности или ведущей отрасли хозяйства — от самых экстенсивных форм (сборательство, охотничий промысел) до интенсивного земледелия и перерабатывающей индустрии. С типами освоения сопряжены *типы использования земель* (или территории). В этом последнем понятии отражается способ использования ресурсного потенциала ландшафта, находящий свое конкретное выражение в характере *угодий* (природные кормовые, охотничьи, пахотные и т. д.). Оценка *уровня освоенности территории* — сложная и дискуссионная проблема, к решению которой можно подходить с принципиально различных позиций. И. В. Канцеровская и Т. Г. Рунова (1974) предприняли попытку установить различные уровни освоенности территории СССР, исходя из экономических критериев — затрат на освоение, объема производства, национального дохода. Практически в качестве оценочных показателей были приняты стоимость основных фондов и валовой продукции на единицу площади, а кроме того, численность населения. Представляется, что подход названных авторов страдает односторонностью, и оценка освоенности территории должна опираться на более широкий спектр показателей, отражающих степень соответствия между хозяйственным использованием ландшафта и его естественным потенциалом.

По-видимому, при оценке уровня или степени освоенности территории нельзя обойтись без критерия эффективности в тесной связи с учетом производительных функций ландшафта. В самом деле, звучит несколько парадоксально, когда к наивысшему уровню освоения относят территории, покрытые асфальтом и бетоном или изрытые шахтами и усеянные терриконами, где резко ограничивается или даже вовсе исключается использование репродукционного потенциала ландшафта. Именно так получилось у И. В. Канцеровской и Т. Г. Руновой (1974), которые отнесли к ареалам самого высокого уровня освоенности Московский промышленный район и Донбасс. При освоении территории приоритет должен быть отдан «первичным» отраслям хозяйства, использующим возобновляемые ресурсы, главным образом биологические. Всякое исключение территории из естественного ресурсооборота и расширение площадей для «вторичных» (перерабатывающих) отраслей (как, впрочем, и для добычи невозобновимых ресурсов) явля-

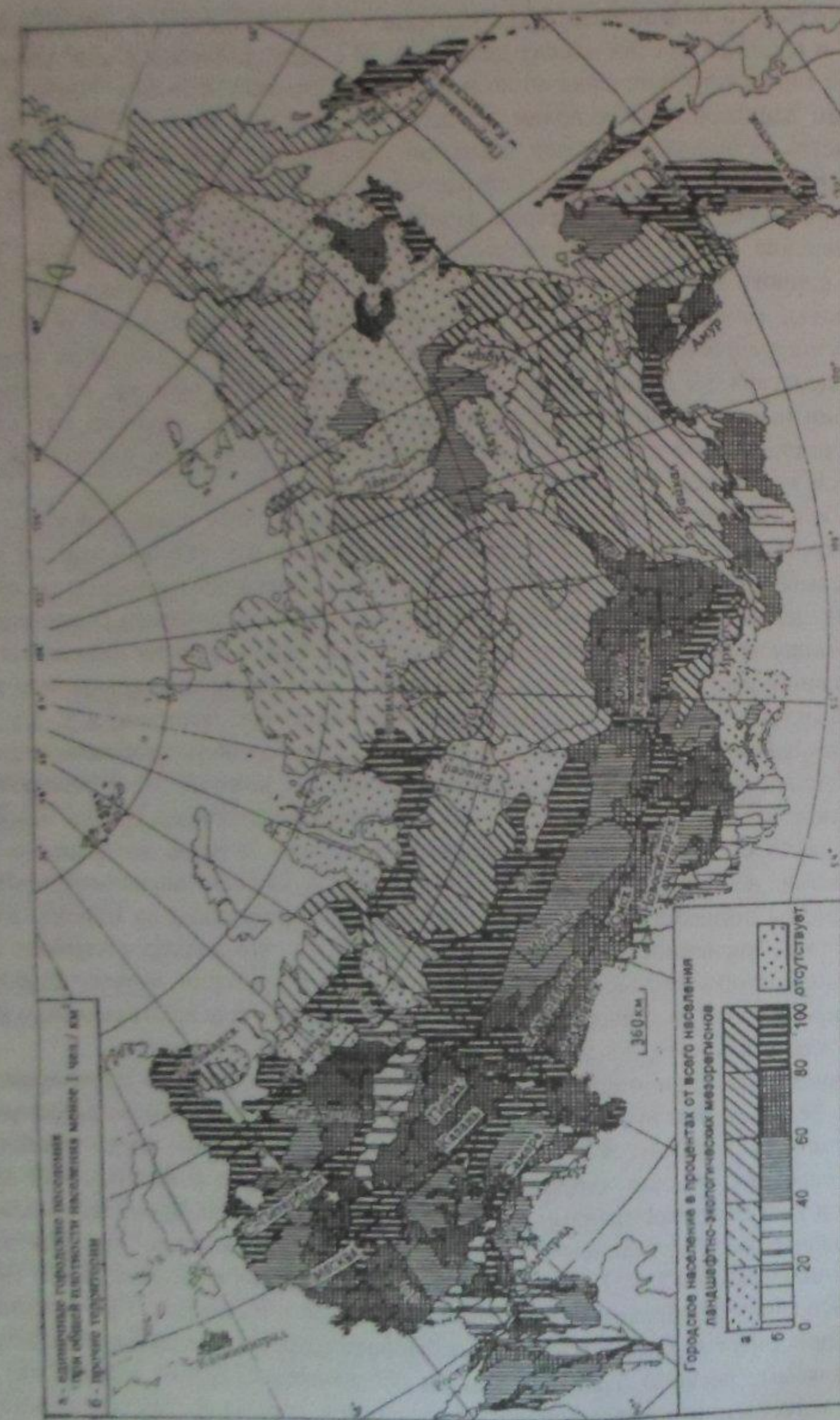


Рис. 44. Доли городского населения в общей численности населения.

ется своего рода неизбежным злом. Использование земель под застройку, различные инженерные сооружения вряд ли логично относить к наивысшим или наиболее интенсивным формам освоения. На застроенных площадях ландшафт выполняет пассивную функцию пространства для размещения объектов, но сам по себе ничего не отдает обществу.

В связи с этим нельзя не отметить неточность или некорректность терминов «использование земель», «использование территории», наводящих на мысль о некоем геометрическом пространстве или площадках для развертывания той или иной деятельности, тогда как речь идет о *природном территориальном комплексе* с его ресурсным и экологическим потенциалом.

Исходя из сказанного, главным критерием уровня или интенсивности освоения территории следует считать эффективность воспроизводства природных ресурсов, а наиболее освоенными территориями — обрабатываемые площади, с применением технологий, позволяющих достичь максимальной продуктивности при наименьших затратах и минимальном экологическом ущербе. Соответствие всем трем условиям пока еще можно представить себе лишь в идеале. В качестве некоторого приближения к такому идеалу можно рассматривать отдельные примеры высокопродуктивных сельскохозяйственных угодий. При оценке освоенности территории в региональных масштабах важнейшим признаком служит доля обрабатываемых земель в общей площади региона (рис. 45).

Как правило, в пределах ландшафта, а тем более геосистем мезо- и макрорегионального уровня наблюдается сочетание различных типов хозяйственного освоения и соответствующих им типов использования земель. При этом те или иные типы освоения и использования земель приобретают доминирующее значение, занимая наибольшие площади, и их можно называть *фоновыми*. Экстенсивные формы освоения обычно требуют больших площадей и в условиях низкой естественной продуктивности ландшафтов оказываются фоновыми (охотничий промысел в северной тайге, пастбищное животноводство в пустыне и т. п.). При высоком потенциале продуктивности фоновое значение могут иметь и формы интенсивного освоения (например, земледельческая в степи). Другие, сопутствующие, типы освоения могут находиться в положении подчиненных и распространены фрагментарно, на относительно небольших площадях. Их можно именовать *очаговыми* (например, очаги земледелия и горнодобывающей промышленности в тайге, участки природных пастбищ в степи). Очаговая форма типична для интенсивного освоения, если отнести сюда также индустриальное освоение — как первичное, так и вторичное. Но резкой грани между фоновым и очаговым освоением не существует, в определенных случаях они могут меняться местами, и само это деление приобретает наибольшее значение применительно к конкретным ландшафтам и их типам.

Современная освоенность территории, а точнее ландшафтов, есть результат и одновременно этап длительного исторического процесса взаимодействия населения с природной средой. Поэтому анализу существующего положения вещей должно предшествовать историческое введение. Но работа над таким введением применительно к территории всей Российской Федерации — самостоятельная задача, которая не ставилась автором этой книги. Попытка ее решения в более узких региональных рамках Северо-

лесопромышленное освоение нельзя считать фоновым, так как оно имеет выборочный характер, диктуемый возможностями доступа к лесным массивам и транспортировки готовящейся древесины. Типичной для этих ландшафтов экстенсивной формой освоения следует считать охотничье-промысловую. Дисперсные, преимущественно мелкие и средние, промышленные очаги связаны главным образом с добычей и переработкой минерального сырья.

Низкому экологическому потенциалу с резким недостатком тепла и малоблагоприятными (дискомфортными) условиями обитания соответствуют ландшафты северной, а на востоке также средней тайги. Значительная часть занимаемой ими территории (в том числе с огромными болотными системами) практически остается неосвоенной. Низкая продуктивность лесов и их труднодоступность из-за неразвитости транспортной сети ограничивают лесопромышленное использование территории. Земледелие в открытом грунте возможно в особо благоприятных локальных местоположениях. Столь же локальный характер имеет использование пойменных лугов. Крайне слабая освоенность территории связана главным образом с традиционными экстенсивными отраслями — охотой и рыболовством, а в некоторых районах с лесным пастбищным оленеводством. Отдельные очаги промышленного освоения приурочены к месторождениям минеральных ресурсов.

Экстенсивный характер освоения типичен для ландшафтов Субарктики с их крайне низким экологическим потенциалом и условиями обитания, близкими к экстремальным. Специфика освоения определяется здесь наличием природных кормовых угодий для оленеводства, подчиненное значение имеют охотничий промысел и рыболовство. Оленьи пастбища занимают до 70–80% площади, однако вследствие крайне низкой продуктивности эффективность их использования невелика. Очаговое промышленное освоение связано с разработкой минеральных ресурсов.

Территориальные изменения экологического потенциала ландшафтов в сторону снижения его уровня по мере прогрессирующего усиления водного дефицита проявляются в освоенности территории по-иному. Напомним, что недостаток атмосферной влаги до определенных пределов меньше препятствует заселению и освоению территории, чем недостаток тепла. Типичные степные (северо- и среднестепные) ландшафты, относящиеся преимущественно к категории прекомфортных с относительно высоким экологическим потенциалом, по уровню сельскохозяйственной освоенности почти не уступают ландшафтам Предкавказья и восточноевропейской лесостепи. Распаханность достигает здесь 50–70%, но вместе с тем повышается до 10–20% доля природных кормовых угодий. С переходом к сухим степям соотношение пахотных и пастбищных угодий еще более изменяется в пользу последних (соответственно 20–30 и 30–50%), а в полупустынных и пустынных ландшафтах естественные пастбища становятся доминирующим (фоновым) типом использования земель, занимающим 70–75% всей площади. Здесь мы наблюдаем своего рода конвергенцию между двумя «полюсами» оси удаления от экологического оптимума: сходство типов освоения в экстремально холодных и экстремально сухих ландшафтах, а именно господство экстенсивного пастбищного скотоводства за счет использования низкопродуктивных природных кормовых угодий (хотя в одном случае это оленеводство, а в другом — овцеводство). Очаги промышленности и урбанизации в степных ландшафтах распространены повсеместно, но неравномерно; в отдельных слу-

чаях (российская часть Донбасса) индустриальный тип освоения приобретает характер, близкий к фоновому.

Таким образом, направленность хозяйственного освоения территории изначально предопределяется естественными условиями жизни и хозяйственной деятельности людей, т. е. экологическим и ресурсным потенциалом ландшафта. Размещение основных типов освоенности территории подчинено географическим закономерностям. Можно говорить об осевой зоне освоения, которая близка к «оси расселения» и к зоне экологического оптимума. Как известно, экологический и агроресурсный оптимумы территориально не вполне совпадают. Наиболее благоприятные условия для развития земледелия по фактору почвенного плодородия соответствуют области распространения черноземов, т. е. лесостепи и типичной (северной и средней) степи. В зоне широколиственных лесов значительное снижение почвенного плодородия компенсируется более обильным и устойчивым увлажнением. Осевой частью всего этого основного массива освоения оказывается лесостепь, находящаяся в зоне перекрытия экологического и биоресурсного оптимумов. Аналогичное место в территориальной структуре хозяйственного освоения страны занимают расположенные обособленно предкавказские степи.

2.2. Освоение территории, использование земель и изменение природной среды

Антропогенные воздействия на природную среду чрезвычайно многообразны. Проще всего классифицировать их по направлениям и типам человеческой деятельности: различным отраслям промышленности, сельского хозяйства, а также непроизводственным формам (например, рекреационной) и т. д. Однако научная классификация антропогенных воздействий на природную среду должна отражать их ландшафтно-географические, социально-экономические и экологические последствия, в том числе нарушение структуры и функций ландшафта, потери природных ресурсов и ухудшение среды обитания. Для понимания связей между направленностью воздействия и его последствиями необходимо знание его механизмов, физической природы изменений, которые оно вызывает в функционировании геосистемы.

С учетом указанных критериев можно различать два главных типа антропогенных воздействий на природную среду. К первому типу мы относим те из них, которые связаны с первичными видами хозяйственной деятельности, направленными главным образом на использование биоресурсного потенциала ландшафта (условно их можно назвать доиндустриальными). Все они непосредственно приурочены к местным источникам природных ресурсов. Это, как правило, древнейшие (традиционные) формы хозяйственной деятельности, воздействие которых многие ландшафты испытывают уже на протяжении столетий и тысячелетий. Эксплуатация биологического потенциала ландшафта требует больших площадей, особенно на исторически первоначальных стадиях экстенсивного освоения (собирательство, охотничий промысел, пастбищное животноводство). С развитием земледелия усиливалась интенсификация хозяйства, но рост населения и его потребностей требовал дальнейшего расширения пахотных земель. Таким образом, хозяйственные воздействия первого типа, ярко проявляющиеся в господствующих, «фоновых», типах использования земель, приобретают макрорегиональный характер, оказываются типичными и преобладающими для обширных пространств зонального масштаба. Территориальное распространение воздействий первого типа и соответствующих им типов использования земель (угодий) подчинено географическим закономерностям. Для территории России основными фоновыми типами земель, имеющими зональное значение, являются леса (46% всей площади), оленьи пастбища (около 19%) и сельскохозяйственные угодья (13%), в том числе пашня (около 8%).

Рассматриваемые формы хозяйственной деятельности непосредственно затрагивают в первую очередь биоту, а также (в земледелии) почву, но косвенное воздействие в той или иной степени переходит и на другие компоненты — водный режим, местный климат, отчасти рельеф. Следовательно, указанные воздействия накладывают заметный отпечаток на ландшафты, изменяя их первоначальное состояние. Однако основные изменения могут быть обратимыми: нарушенным геосистемам присуща тенденция к восстановлению после прекращения воздействий первого типа. На заброшенных пашнях и вырубках с течением времени восстанавливаются геосистемы, близкие к исходным, хотя полный возврат к первоначальному состоянию практически невозможен.

Социально-экономические последствия воздействий первого типа до сих пор наиболее негативно сказываются в экономике из-за нерационального использования и ис-

тошения возобновимых природных ресурсов. С давних пор и почти повсеместно происходит сокращение запасов древесины и другого растительного сырья, охотничье-промысловых животных, органического и минерального вещества почвы, в известной степени также водных ресурсов. Что касается экологического эффекта происходящих при этом изменений в ландшафтах, то они имеют как бы вторичный характер и не затрагивают важнейших зонально-климатических факторов. Коренного изменения экологического потенциала ландшафта не происходит, но, как правило, качество жизни среды в той или иной степени снижается из-за обезлесивания, ухудшения местного климата, уменьшения эстетической ценности ландшафтов, распространения синантропных грызунов, появления очагов зооантропонозов и т. д. Нельзя не упомянуть об особой категории антропогенных воздействий на ландшафт, направленных на сохранение, повышение или восстановление его ресурсного экологического потенциала. Сюда относятся осушительная и оросительная мелиорация, лесовосстановление и агролесомелиорация, специальные агротехнические и другие мероприятия. Однако их положительный эффект пока несоизмерим с ущербом от нерациональной эксплуатации природных ресурсов, а нередко воздействия, предпринятые с самыми благими намерениями, приводят к противоположным результатам вследствие незнания или игнорирования геосистемных связей и закономерностей. Хорошо известны, в частности, процессы вторичного засоления почв в результате ирригации или их пересушки вследствие осушения.

Антропогенные воздействия, которые мы отнесли ко второму типу, связаны с вторичными (перерабатывающими) производствами и урбанизацией. В отличие от предыдущих они могут быть не связаны с местными природными ресурсами. Хронологически в масштабах истории человечества эти формы воздействия (условно их можно назвать индустриальными, или техногенными) возникли относительно недавно. Их ощутимые следы в ландшафтах стали проявляться лишь в XX в. С развитием индустрии и урбанизации связаны специфические типы использования земель. Территория занимается под объекты, не имеющие аналогов в природном ландшафте, — населенные пункты с промышленными предприятиями и жилыми кварталами, дороги, трубопроводы и другие инженерные сооружения. Распространение угодий этого типа имеет очаговый характер, и по занимаемой площади (0,8% от всей территории страны) они не идут ни в какое сравнение с фоновыми типами использования земель, рассмотренными ранее. Однако по интенсивности воздействия на ландшафты и на экологическую обстановку второй тип значительно превосходит доиндустриальные формы воздействия и является качественно иным.

По территориальному проявлению воздействия между двумя рассматриваемыми типами наблюдаются существенные различия. Если воздействия первого типа распределяются более или менее равномерно в пределах площади, занимаемой соответствующими угодьями, то во втором типе влиянию очага присуща тенденция распространяться далеко за его пределы, постепенно ослабевая по мере удаления от источника воздействия. Основные источники воздействий второго типа (промышленные предприятия, объекты коммунального хозяйства, автомобильные дороги, нефте- и газопроводы) имеют дискретный — точечный или линейный — характер. Естественно, наибольшей трансформации подвергаются площади, непосредственно занятые подобными объектами. Здесь не только уничтожаются природные биоценозы и почвы, но и видоизменяются местный

климат и водный режим, отчасти рельеф, природный комплекс лишается воспроизводящих функций. Обратимость геосистем сильно затруднена, а в ряде случаев практически исключена.

Важнейшая качественная особенность воздействия индустрии и урбанизации на природную среду состоит в том, что в этом случае главным непосредственным фактором оказываются производственные и коммунально-бытовые отходы, а основной механизм воздействия — ландшафтно-геохимический. Указанный механизм приводит в действие систему техногенной миграции химических элементов, затрагивающую практически все компоненты ландшафта. В системе техногенных химических потоков особая роль принадлежит наиболее подвижной среде — атмосфере, обеспечивающей перенос загрязняющих веществ на дальние расстояния и в конечном счете на всю географическую оболочку.

Ощутимый экономический ущерб, связанный с использованием земель для размещения городов и промышленных предприятий, а также таких сопутствующих им объектов, как свалки промышленных и бытовых отходов, очевиден: это потеря продуктивных земель и возобновимых природных ресурсов. Труднее оценить косвенные потери, обусловленные дальнедействием источников вредных выбросов — загрязнением лесов, пашен и других продуктивных угодий. Экологические последствия техногенных воздействий имеют самый непосредственный и радикальный характер. Их основная сущность сводится к ухудшению качества природной среды в результате ее загрязнения, в том числе токсичными веществами и радионуклидами, опасными для здоровья и жизни людей.

Территориальные проявления рассмотренных воздействий второго типа не имеют такой четкой связи с ландшафтной дифференциацией, как фоновые доиндустриальные формы. Очаги вторичных отраслей производства и урбанизация не обнаруживают столь строгой зависимости от местных природных условий, как сельское или лесное хозяйство. Но все же концентрация таких очагов в определенной степени связана с экологическим потенциалом ландшафта. Это подтверждается, в частности, характером размещения больших городов и городского населения в целом, о чем уже шла речь в предыдущей главе.

К сказанному надо добавить, что индустриальные методы воздействия на ландшафт проникают в традиционные формы хозяйственной деятельности, в том числе в сельское и лесное хозяйство, в известной степени сглаживая контрасты между двумя главными типами. Поэтому в некоторых случаях их разграничение становится условным. Так, современное сельское хозяйство, подобно промышленности, оказывается одним из факторов химического загрязнения природной среды. Кроме того, известны виды воздействий, которые трудно категорически отнести к тому или другому из описанных типов. Примером может служить добыча полезных ископаемых, которая должна быть отнесена к первичным (ресурсным) отраслям производства. Но в отличие от других отраслей она не связана с воспроизводящей функцией ландшафта и имеет дело с невозобновимыми ресурсами и притом также может служить фактором необратимых изменений ландшафта и загрязнения природной среды. Специфическая форма антропогенного воздействия — создание водохранилищ, приобретающее фоновое значение для некоторых ландшафтов и приводящее к их существенной трансформации. Из непроизводительных форм чело-

веческого воздействия индустриализации и урбанизации сопутствует рекреационная деятельность, создающая существенные нагрузки на ландшафты, по территориальным масштабам близкие к фоновым.

В ходе истории ландшафтно-географическое, экономическое и экологическое значение различных видов человеческой деятельности, их соотношения в пространстве и во времени изменялись. Особенно заметный перелом в экологических последствиях этих воздействий наметился в середине XX в., что связано с так называемой научно-технической революцией. Важным, хотя и косвенным, индикатором этих перемен может служить динамика численности и структуры населения страны (табл. 21).

Таблица 21. Динамика численности населения России с 1913 по 1995 г. (млн. чел.)

Показатель	1913	1926	1939	1959	1970	1979	1989	1990	1992	1995
Все население	89,9	92,7	108,4	117,5	130,1	137,6	147,4	148,0	148,7	148,2
В том числе:										
городское	15,7	16,4	36,3	61,6	81,0	95,4	108,4	109,2	109,7	108,3
сельское	74,2	76,2	72,1	55,9	49,1	42,2	39,0	38,8	39,0	39,9
Доля городского населения, %	17	18	33	52	62	69	74	74	74	73

Как следует из таблицы, за 80 лет (с 1913 по 1992 г.) население увеличилось в 1,65 раза, но при этом городское население возросло в 7 раз, тогда как сельское сократилось почти вдвое. Во второй половине столетия городское население стало резко преобладать над сельским. Только за 60-е годы оно увеличилось почти на 20 млн. чел., затем рост замедлился, и к концу 80-х годов доля городского населения стабилизировалась на уровне 74%. 90-е годы характеризуются кризисными процессами в экономике и политике страны, что негативно сказалось и на демографической ситуации. С 1993 г. происходит неуклонное снижение общей численности населения из-за существенного превышения смертности над рождаемостью. За 6 лет — с начала 1993 г. до начала 1999 г. — оно сократилось на 2,4 млн. чел., т. е. в среднем на 0,4 млн. чел. ежегодно, причем в городском населении этот процесс идет наиболее быстрыми темпами.

Социально-экономический кризис заметно сказался на экологической ситуации в стране в целом и в ее различных регионах. С одной стороны, сокращение производства должно было привести к уменьшению нагрузок на ландшафты и загрязнения природной среды. С другой же стороны, дезорганизация хозяйства, ослабление контроля за негативными последствиями экономической деятельности, резкое сокращение финансирования природоохранных мероприятий, разгул браконьерства и иные последствия социально-экономического переворота не могли не оказать отрицательного влияния на состояние природной среды.

В большинстве отраслей производство достигло своего пика к 1989–1990 гг., после чего начался неуклонный спад. Валовый внутренний продукт с 1990 г. непрерывно сокращается. В 1997 г. он составил 59,4% от уровня 1990 г. (Российский статистический ежегодник, 1997). Индекс физического объема производства за тот же период составил (в %): вся промышленность — 49,6, добыча нефти — 68,2, добыча угля — 69,6, электроэнергетика — 71,3, черная металлургия — 54,0, цветная металлургия — 63,3, нефтех-

маш — 44,6, машиностроение — 36,0, легкая промышленность — 51,0, текстильная — 14,1 и т. д., а в целом по обрабатывающей промышленности — 39,5. В 1998 г. промышленное производство снизилось еще на 5,2% по сравнению с предыдущим годом. Объем сельскохозяйственной продукции в 1997 г. составил 62,6% по отношению к 1990 г., при этом объем растениеводства — 85%, а животноводства — 55%. Валовый сбор зерна уменьшился на 31%. Площадь пахотных земель сократилась на 4,4%. Внесение минеральных удобрений снизилось в 7 раз, органических — в 3,6 раза, поголовье крупного рогатого скота — в 1,7 раза, овец — в 2,7 раза.

Обзор антропогенных воздействий на природную среду России целесообразно начать с основных (фоновых) форм, имеющих макрорегиональное (и в том числе зональное) значение.

В Субарктике традиционной формой освоения является *пастбищное кочевое оленеводство*. Главный тип использования земель, занимающий большую часть площади тундры и лесотундры, — естественные олени пастбища. Нерациональный выпас оленей служит фактором трансформации растительного покрова Субарктики, влекущей за собой серьезные ландшафтно-географические и экологические последствия. Еще в 1837 г. А. А. Шренк отмечал деградацию оленьих пастбищ Большеземельской тундры и высказывал беспокойство о будущем местного населения. Современное стадо домашних оленей превышает 2,5 млн. голов, тогда как в дореволюционной России оно насчитывало 1,5 млн. голов. Основной кормовой ресурс оленеводства — кустистые лишайники (ягель), крайне неустойчивые к выгнанию и очень медленно возобновляющиеся. Перегрузка оленьих пастбищ ведет к их быстрой деградации. Ягельники сменяются сначала травяными сообществами, а затем моховым покровом и тундровыми кустарничками. За 20 лет, начиная с 1970 г., только на севере Европейской России сокращение площади оленьих пастбищ составило от 3 до 6 млн. га, а качество их ухудшилось. На выбитых участках уменьшается численность леммингов, а вслед за ними главных объектов охотничьего промысла — песцов.

В меньшей степени хозяйственная деятельность затрагивает другие растительные сообщества Субарктики, главным образом ерники, используемые как источник топлива. К более серьезным последствиям приводит вырубка деревьев на северных пределах их распространения, но к этому вопросу мы вернемся позднее. Серьезный ущерб биоте наносят пожары в тундре. Так, в 1993 г. на Чукотке произошло 116 пожаров, во время которых погибло 15 тыс. голов северных оленей (Государственный доклад..., 1994).

За последние десятилетия в хозяйственном воздействии на растительный покров и ландшафты Субарктики наметилось и все более усиливается техногенное направление, связанное с освоением минеральных ресурсов — нефти, газа, угля, цветных металлов. Расширение площадей земель, нарушенных добычей полезных ископаемых, в том числе открытыми горными разработками, приобретает региональное значение в Субарктике Западной Сибири. Большеземельской тундре, Норильском районе. Уже на стадии геологоразведочных работ происходит разрушение растительного покрова вокруг буровых установок и в особенности из-за применения гусеничного транспорта на временных дорогах, пересекающих тундру в разных направлениях. Уничтожение мохово-лишайникового покрова наряду с различными механическими нагрузками приводит к нарушению теплообмена между приземным слоем атмосферы и льдонасыщенными мерзлыми по-

чвогрунтами, вследствие чего резко усиливаются процессы термокарста, термоэрозии, термоабразии, солифлюкции. Так, на территории освоения месторождений нефти и газа в западносибирской Субарктике под постоянным воздействием промышленных площадок, поселков, трубопроводов и других сооружений находится 5–10% площади; в течение 1–2 лет, когда действуют временные дороги и идет разведочное бурение, растительный покров нарушается на 60% осваиваемой территории, а уничтожается на 15%. На отдельных участках трасс линейных сооружений термоэрозия ведет к интенсивному оврагообразованию. В течение первых лет длина оврагов может достигнуть 300 м, глубина превышает 3 м, а ширина составляет 6–10 м. На песчаных грунтах возобновление растительного покрова наиболее затруднено и нередко происходит дефляция с образованием дюн высотой до 3 м (Конищев и др., 1995, с. 88).

Забегая вперед, отметим негативное воздействие загрязнения атмосферы на растительные сообщества тундры, весьма чувствительные к атмосферным поллютантам, в том числе к сернистым соединениям. Частые туманы и другие неблагоприятные свойства климата Субарктики затрудняют самоочищение атмосферы от вредных техногенных примесей. Задымление воздуха вокруг населенных пунктов, связанное с длительностью отопительного периода, усугубляет и без того резкий ультрафиолетовый дефицит.

В *лесных ландшафтах* ведущим фоновым фактором антропогенного воздействия служит *эксплуатация лесных ресурсов* и главным компонентом, подвергающимся непосредственному воздействию, является лесная растительность. Процесс освоения лесов сопровождается прогрессирующим обезлесиванием и негативными изменениями состава, структуры лесов, их хозяйственных и экологических функций. Современная лесистость (рис. 23) намного уступает естественной.

Причины обезлесивания имеют двойной характер: 1) истребление лесов с целью получения древесного сырья и топлива, 2) высвобождение площадей под иные виды использования — прежде всего сельскохозяйственное, а также селитебное, промышленное и др. Соотношение этих факторов изменяется в соответствии с зональными географическими условиями: при общем усилении интенсивности лесостребования к югу, в северной части лесного пояса страны ведущую роль играл и продолжает играть первый фактор, а в южной — второй. В северной тайге лесистость сравнительно мало сократилась, в зоне же восточноевропейских широколиственных лесов она уменьшилась в 3–5 раз, а местами и более. Согласно А. А. Тишкову, уже к XVII в. в подтайге и зоне широколиственных лесов Русской равнины площадь лесов уменьшилась вдвое, но в северной и средней тайге оставалась близкой к естественной. Общее обезлесивание усилилось в XIX в.: площадь лесов Европейской России сокращалась ежегодно на 0,05–0,1%, а иногда и до 1%. Эта тенденция сохранилась и в XX в., хотя был период (50–70-е годы), когда вследствие неудачной аграрной политики в нечерноземной полосе было заброшено 2 млн. га пашни, 4 млн. га сенокосов и около 1 млн. га пастбищ и на этих площадях началось восстановление производных мелколиственных лесов (Злотин, Тишков, 1989).

По мере истощения запасов древесины в основных, южно- и среднетаежных районах лесозаготовки продвигаются все дальше на север. В 80-е годы в стране ежегодно вырубались леса на площади около 2 млн. га. К 1991 г. за предыдущие 20 лет запасы древесины сократились на 7,9 млрд. м³, или почти на 9%, и составили 81,6 млрд. м³.

Покрытая лесом площадь равнялась 771,1 млн. га (45% площади страны). В последние годы происходит резкое сокращение объемов заготовки древесины: если в 1974 г. в России было заготовлено 316 млн. м³, то в 1990 г. — 281, в 1991 г. — 250, а в 1993 г. — 174 млн. м³. В 1993 г. площадь сплошнолесосечных рубок главного пользования составила около 1,1 млн. га, что соответствует 0,14% от всей лесопокрытой площади. Наибольшие площади рубок главного пользования (от 50 до 100 тыс. га) приходятся на Республику Коми, Архангельскую, Иркутскую области, Красноярский край, Тюменскую область, Хабаровский край, Республику Алтай. От 25 до 50 тыс. га было вырублено в Приморском крае, Свердловской, Брянской, Пермской, Вологодской, Кировской областях и в республиках Карелия и Башкортостан.

Если использовать показатель относительной площади рубок главного пользования в процентах от всей лесопокрытой площади, то мы получим следующую картину:

0,7–0,8%: Республика Татарстан, Архангельская область.

0,5–0,6%: Ульяновская, Пензенская области, республики Удмуртия, Карелия.

0,4–0,5%: Кировская, Нижегородская, Костромская области, республики Марий-Эл, Мордовия, Ивановская, Пермская, Владимирская области, Приморский край.

0,3–0,4%: Республика Коми, Ленинградская, Свердловская область.

Таким образом, основные районы лесозаготовок расположены в тайге Северо-Запада Русской равнины, Урала, юга Средней Сибири и Дальнего Востока. Однако наибольшие удельные нагрузки от рубок испытывают леса относительно малолесных районов восточной части подтайги и широколиственно-лесной зоны Русской равнины, но частично также и некоторые многолесные территории восточноевропейской тайги. По величине отношения ежегодной площади рубок главного пользования ко всей площади территории максимальными значениями (0,2–0,3%) характеризуются тасжские и подтасжские области Европейской России, а в Азиатской части страны — Приморский край.

Сокращение площадей и объемов рубки лесов в современный период не приводит к ослаблению антропогенной нагрузки на них и улучшению их состояния. Средние статистические показатели по стране и субъектам Федерации не отражают всей территориальной контрастности в характере и интенсивности лесопользования. Так, на фоне общего недоиспользования расчетной лесосеки (в 1993 г., например, она была использована всего на 38%) типичны систематические перерубы в районах, наиболее доступных и обеспеченных транспортом. Другая характерная черта нерациональности использования лесных ресурсов — усиленные эксплуатационные нагрузки на хвойные насаждения при существенном недоиспользовании лиственных пород. В 1991 г. фактическое использование расчетной лесосеки составило 46% по общему запасу, но 52% — по хвойным, причем переруб достиг 2,6 млн. м³, а потери древесины при заготовке — 40%. В некоторых «удобных» леспромпхозах Северо-Запада России вырубается до 300–400% расчетной лесосеки. В отдельные годы наблюдался переруб хвойных пород в целом по Архангельской, Вологодской областям и Республике Карелия. Подобная практика ведет к дальнейшему ухудшению породного состава в пользу мелколиственных древостоев.

В последние годы усилилась хищническая эксплуатация лесов там, где их ресурсы сильно сокращены и леса должны быть сохранены для выполнения экологических и рекреационных функций, в частности в приграничных районах Северо-Запада России.

Стимулом явилась легкая возможность сбыта древесины в Финляндию и Швецию, где предпочитают сохранять свои леса за счет импорта дешевой древесины из России. Бесконтрольные самовольные рубки стали обычными. Продолжается отчуждение лесных площадей под строительство дорог, трубопроводов, дачных поселков и т. п. Нерациональные способы рубок, несоблюдение природоохранных правил и норм в лесопользовании типичны для современного периода. До 30-х годов преобладали выборочные или узколесосечные (с шириной лесосеки до 100 м) сплошные рубки и при этом оставались подрост и тонкомер, что обеспечивало удовлетворительное возобновление. Впоследствии главным способом лесозаготовок стали сплошные концентрированные рубки, при которых уничтожается подрост. Характерные черты лесозаготовки — остаточная невывозка древесины, недостаточная очистка лесосек и захламление лесов. Значительная доля заготовленной древесины остается не защищенной от энтомофитов на верхних складах. Недостаточно ведутся рубки ухода и санитарные, не убираются сухостой и ветровал — все это увеличивает захламление лесов, способствует распространению пожаров и вредителей.

Леса испытывают от пожаров огромный ущерб. В 1986–1990 гг. среднее годовое число лесных пожаров составило 17,7 тыс., в 1991 г. их было 18,0 тыс., причем около 80% по вине людей; лесные площади, пройденные пожарами, — соответственно 1011 тыс. и 682 тыс. га. Хотя территориальное распространение пожаров от года к году варьирует, особенно часто им подвержены леса юга Восточной Сибири и Дальнего Востока. В 1993 г. наибольшие площади были пройдены лесными пожарами в Иркутской области (307,5 тыс. га), Якутии (131 тыс. га), Красноярском крае (109,4 тыс. га). Максимальная доля площади, пройденной пожарами (1,5–4,6% от общей площади лесного фонда), приходится на Иркутскую, Новосибирскую, Томскую, Тюменскую, Магаданскую области, Красноярский и Хабаровский края, Якутию и Бурятию. Доля лесов, погибших от пожаров, превысила 0,1% от площади лесного фонда в некоторых центральных регионах Европейской России (Татарстан, Мордовия, Липецкая, Самарская области), а также в Иркутской и Пермской областях. Всего в 1993 г. от пожаров погибли насаждения на площади 131,6 тыс. га (Государственный доклад..., 1994).

Ежегодно очаги вредных насекомых и болезней охватывают 2–3 млн. га лесных площадей. В последние годы очаги энтомофитов имеют тенденцию к расширению. Основные из них — сосновый пилильщик, сосновая совка, сибирский шелкопряд, хрущи, непарный шелкопряд, дубовая зеленая листовертка и др.

Антропогенные нагрузки на лесную растительность не ограничиваются воздействием рассмотренных факторов. Состояние лесов ухудшается под влиянием промышленных очагов (в том числе выпадения кислых дождей), водохранилищ, рекреационной дигрессии. Около 1 млн. га лесного фонда подверглось загрязнению долгоживущими радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Ежегодно в стране по разным причинам гибнут насаждения в среднем на площади около 200 тыс. га. Однако по годам наблюдаются значительные отклонения от этой цифры. Так, в 1990 г. она составила 160,5 тыс. га, в 1991 г. — 595,4, в 1992 г. — около 550, в 1993 г. — 183,4 тыс. га. В 1991 г. причинами гибели насаждений явились неблагоприятные погодные условия (322,2 тыс. га), лесные пожары (243,7 тыс. га), повреждение вредными насекомыми (16,7 тыс. га), грибковые и бактериальные заболевания (1,7 тыс. га), антропо-

погенные факторы, в том числе промышленные выбросы (1,3 тыс. га) (Государственный доклад..., 1994).

Возобновление лесов происходит главным образом естественным путем. Масштабы искусственного восстановления на вырубках незначительны. Естественное возобновление насаждений из коренных пород — процесс длительный, в типичных условиях проходящий через стадию длительнопроизводных мелколиственных лесов. В южной тайге и подтайге Русской равнины производные леса весьма устойчивы и практически могут сохраняться на одних и тех же площадях в течение столетий. В некоторых ландшафтах они занимают до 60–70% лесопокрытой площади. В тех ландшафтах, где в процессе восстановления основную роль играют непосредственно коренные породы, лесной покров образуют разновозрастные насаждения, нередко с преобладанием молодых из этих пород (преимущественно сосняки на песчаных материнских породах). Длительная нерациональная эксплуатация лесов ухудшила их возрастную структуру, обусловила ее пространственную пестроту и преобладание неполнозрелых насаждений. В староосвоенных южнотаяжных и подтаяжных ландшафтах доля спелых и перестойных хвойных насаждений в лесах нередко снижается до 1% и менее.

Возобновление лесов особенно затруднено на крайних пределах их распространения. Вырубка деревьев в лесотундре и редкостойной северной тайге приводит к распространению тундровой растительности и отступанию границы леса к югу. Аналогичный процесс наблюдается на верхней границе леса на Кавказе, где она снизилась за счет антропогенного расширения высокогорных пастбищ. Сокращение общей площади лесов сопровождается дроблением лесных массивов, увеличением доли мелких разбросанных контуров, тем самым снижаются устойчивость леса и его экологическое значение, ухудшаются условия миграции растений и животных.

Лесная фауна, как и растительный покров, весьма чувствительна к антропогенным воздействиям — прямым и косвенным. Прямые воздействия связаны со старейшим традиционным типом использования биологического потенциала лесных ландшафтов — охотничьим промыслом. Его последствия — истощение запасов многих промысловых животных, сокращение ареалов и даже практически полное исчезновение некоторых видов — проявились уже в далеком прошлом. К концу XVII в. хищнический промысел соболя привел к значительному уменьшению его численности, а к началу XX в. он сохранялся лишь в немногих отдаленных районах таежной зоны. Почти повсеместно был истреблен бобр. Сильному истреблению подверглись некоторые другие виды пушных зверей, а также копытные (в частности, пятнистый олень на юге Дальнего Востока). Под косвенными факторами подразумеваются изменения местообитаний животных в процессе освоения лесных ландшафтов, и в первую очередь — нарушение и уничтожение растительного покрова. По мере продвижения человека в глубь тайги и замены лесных площадей сельскохозяйственными угодьями сокращались ареалы многих животных, например дикого северного оленя. Вместе с тем антропогенная трансформация местообитаний способствовала распространению на север и восток ряда европейских представителей, свойственных более южным лесным ландшафтам (крот, заяц-русак, лесной хорек, лесная куница, европейская норка), не говоря уже о синантропных видах, таких как серая крыса. Расширение площади мелколиственных лесов способствовало увеличению численности лося.

Для охраны и обогащения промысловой фауны большое значение имели специальные мероприятия (создание заповедников, запрет на охоту, интродукция новых видов и др.), осуществлявшиеся в годы советской власти. В течение 30–70-х годов практически был восстановлен ареал соболя (рис. 30) и численность доведена до 600–800 тыс. голов (при ежегодной добыче до 200 тыс. голов). Большая работа была проведена по реинтродукции и восстановлению численности бобра. В 1928 г. была завезена из Северной Америки ондатра, которая повсеместно расселилась по лесным водоемам; во многих ландшафтах успешно акклиматизировалась американская норка. Енотовидная собака, естественный ареал которой находится на юге Дальнего Востока, акклиматизирована на большей части территории Европейской России и во многих лесных ландшафтах Южной Сибири (рис. 30).

В настоящее время около 70 видов млекопитающих имеют промысловое значение или служат объектами любительской охоты, в том числе 20 видов пушных зверей (главным образом соболь, колонок, белка, заяц-беляк, горноста, ондатра, норка, лесная куница, лисица, бобр), многие копытные (лось, кабан, северный олень и др.), бурый медведь, а также десятки видов птиц — тетеревиных, водоплавающих и др.

Численность животных подвержена постоянным колебаниям, имеющим естественную природу, поэтому не всегда ее изменения являются результатом охоты. Например, во многих районах Европейской России на численности некоторых видов отрицательно сказались засушливое лето 1992 г. и глубокий снег с настом зимой 1992/93 г. Колебания численности могут не совпадать у разных видов и в разных районах. В качестве примеров приведем данные о численности некоторых промысловых млекопитающих (в тыс. голов) за 1988 г. (первая цифра) и 1991 г. (вторая цифра): соболь — 946 и около 1000, косуля — 746 и 760, лось — 791 и более 900, кабан — 406 и 360, бобр — 256 и 280, медведь бурый — 85 и 280 (Состояние природной среды..., 1989; Государственный доклад..., 1992).

В статистической отчетности последних лет усматривается тенденция к сокращению добычи промысловых млекопитающих, но та же статистика говорит о сокращении численности промысловых видов: например, с 1992 по 1993 г. лося — на 8%, дикого северного оленя — на 6%, кабана — на 9%, соболя — на 9%, волка — на 20% (Государственный доклад..., 1994). Официальная статистика учитывает лишь организованный промысел, между тем уже к 1991 г. резко возросли объемы нелегальной добычи животных, приобретающей все более криминальный и истребительный характер. Небывалый разгул браконьерства поощряется ажиотажным спросом на пушнину, панты, медвежью желчь, мускус кабарги. В Приморье ежегодно нелегально отстреливается 20–35 тигров при общей численности 200–250. Бесконтрольно отстреливаются водоплавающие птицы в период миграции, усилилось истребление тетеревиных, певчих, ловчих птиц. Одновременно произошло разрушение системы государственного контроля за использованием охотничьих ресурсов, мониторинга промысловых животных, охраны фауны, резко ослаблена борьба с браконьерством. В результате такой ситуации часто нелегальный отстрел животных значительно превышает легальный, как это отмечалось, например, в отношении лося и северного оленя в Карелии. Кроме того, бесконтрольный хищнический промысел ведет к нарушению нормальных взаимоотношений в биоценозах. В частности, дестабилизирующее влияние оказывает увеличение численности волков,

находящих большой ущерб поголовью копытных. Однако в некоторых случаях недостаточный отстрел копытных так же вреден, как и избыточный (например, чрезмерно высокая численность лосей может отрицательно влиять на возобновление сосны). Добавим, что ослабление мер по охране животного мира ведет к распространению эпизоотий среди диких млекопитающих, в частности бешенства, сибирской язвы.

Сказанное выше об охотничьем промысле во многом можно отнести и к рыболовству. Хищнический вылов ценных рыб привел к катастрофическому истощению их ресурсов. Запасы семги в реках Европейского Севера с 50-х годов уменьшились во много раз. В бассейне Северной Двины лососевые практически вытеснены малоценными видами. Уловы рыбы из года в год повсеместно снижаются. За 1989–1993 гг. в Обско-Иртышском бассейне они уменьшились с 16,1 до 11,8 тыс. т, в Псковско-Чудском — с 10,5 до 2,8, в Ладожском — с 6,0 до 3,2 тыс. т и т. д. Потеря рыбных запасов и ухудшение видового состава ихтиофауны в большой степени связаны с химическим загрязнением и эвтрофикацией лесных рек и озер. Рыбопромысловое значение потеряли многие реки Обского бассейна, загрязненные нефтепродуктами, реки алмазоносных районов Якутии, золотодобывающих районов Магаданской области и др. Загрязнение Ладожского озера сказалось не только на рыбе, но и на ладожской нерпе, стадо которой сократилось с 4 тыс. в 1984 г. до 1,7 тыс. в 1991 г.

Побочные ландшафтно-географические и экологические последствия уничтожения и нарушения лесной растительности в основных чертах известны: уменьшается устойчивость геосистем к разного рода дестабилизирующим естественным и антропогенным воздействиям, в зависимости от конкретных ландшафтных условий могут возникнуть различные вторичные процессы — эрозия, заболачивание, нарушение режима стока и водного питания рек и т. д. Обмеление рек, усиление весенних паводков, наступание болот на леса в результате вырубки отмечаются в Карелии и многих других регионах. Наиболее существенные трансформации лесных ландшафтов происходят вблизи пределов их распространения, где лесная растительность отличается неустойчивостью и возможность ее восстановления крайне ограничена. Ярким примером могут служить процессы, протекающие на Колымо-Индигоирской низменности (Крючков, 1976). В течение нескольких тысячелетий здесь вырубались лиственничные редколесья с целью получения топлива и древесины для сооружения чумов, нарт, лодок, ловушек для песцов. В настоящее время только в низовьях Колымы ежегодно обезлесивается от 2,5 до 8,3 тыс. га. При этом от пожаров (издавня редколесья выжигались с целью трансформации их в травяные угодья) гибнет еще больше древесной растительности, чем от вырубок. Из-за сильной льдистости многолетнемерзлых грунтов на месте гарей происходит проседание, вспучивание поверхности, заболачивание и образуется очень устойчивая, практически необратимая пирогенная тундра.

Издавна своеобразным производственным процессом, сопутствующим лесозаготовкам, служит молевой сплав. Несмотря на общую тенденцию к постепенному сокращению этого способа транспортировки заготовленной древесины, он остается одним из основных. В 70-е годы в Республике Коми сплавлялось до 80% заготовленного леса, в Карелии — до 60%. При этом до 10–20% бревен тонет, затонувшая древесина служит существенным источником загрязнения рек, озер и водохранилищ. Планы сокращения молевого сплава и подъема топлива систематически не выполняются. Только в Архан-

гельской области в 1991 г. протяженность сплавных путей составила около 2400 км, а через год уменьшилась всего на 223 км. Очистка дна малых (первичных) рек от затонувшей древесины практически невозможна из-за отсутствия мелкосидящей техники. Остается уповать на стихийный интерес к топливу со стороны случайных дельцов.

Сельскохозяйственному освоению подверглись главным образом степные, лесостепные и лесные ландшафты. Историческое ядро земледельческого освоения на территории нынешней России имеет достаточно четкую ландшафтную приуроченность: это центральные районы восточноевропейской подтайги, включая «островные» ландшафты ополей с наиболее плодородными серыми лесными почвами, а также прилегающая окраина зоны широколиственных лесов. Уже к XII–XIII вв. расположенные здесь княжества — Владимирско-Суздальское, Рязанское, Муромское — выделялись значительными площадями пашни. Земледелие было распространено и на западных подтаежных территориях — псковских, новгородских, но имело там выборочный, очаговый характер. В XIII–XIV вв. локальные, приречные очаги земледелия возникают в южной тайге, в меньшей степени — в средней. К началу XVII в. в число наиболее освоенных территорий вошли Московские земли. Во второй половине XVI в. началось сельскохозяйственное освоение лесостепи (главным образом в бассейнах верхней Оки и верхнего Дона).

В первой половине XVII в. хозяйство России переживало упадок, пашни зарастали лесом. Во второй половине столетия идет медленное восстановление сельского хозяйства в староосвоенных районах. В то же время начинается освоение «дикого поля» на юге и появляются очаги земледелия в Сибири — преимущественно в подтаежной полосе (районы Тюмени, Томска, Красноярска, в Приангарье и др.). К концу XVII в. важнейшие хлебопроизводящие районы Европейской России перемещаются в зону широколиственных лесов и лесостепь, в таежных ландшафтах земледелие сохраняет подсобное значение, в сельскохозяйственных очагах главную роль играет животноводство, основанное преимущественно на использовании пойменных лугов, а также лесных пастбищ. В XVIII в. продолжается освоение степей. Черноземный центр становится, наряду со староосвоенными территориями, главным земледельческим районом России, причем в последних увеличивается доля сенокосов за счет пашни, тогда как в степях усиливается распашка пастбищ и сенокосов. В XIX в. практически завершается освоение южных степных районов Русской равнины и Предкавказья.

В первой половине XX в. площадь пахотных земель увеличивалась в основном за счет районов Азиатской России. После Великой Отечественной войны создание оросительных систем позволило вовлечь в оборот дополнительные площади Предкавказья, Поволжья, Сибири. Наибольшее расширение обрабатываемых земель отмечается в 1953–1958 гг. благодаря освоению целинных и залежных земель на юге Сибири, однако в нечерноземной полосе произошло их сокращение, особенно значительное (на 15–20%) в северных районах Европейской России. С 70-х годов усилилось отчуждение сельскохозяйственных земель для промышленных, транспортных, селитебных целей. За последние 25 лет (точнее, к 1993 г.) площадь всех сельскохозяйственных земель сократилась на 33 млн. га, или на 13%, главным образом из-за эрозии, отвода земель для несельскохозяйственных нужд, затопления и подтопления водохранилищами, заболачивания, зарастания лесом и кустарниками. Только за 7 лет (1986–1993 гг.) общая площадь сельскохозяйственных угодий уменьшилась с 228,8 до 220,0 млн. га (т. е. на 3%), в том

числе пашня — с 134,2 до 131,6 млн. га (на 1,9%). Пастбища занимают около 65 млн. га, сенокосы — около 25 млн. га.

По уровню сельскохозяйственной освоенности (60–90% всей площади) выделяются степные и лесостепные ландшафты, а также западные районы широколиственно-лесной зоны, причем в типичных степях, лесостепи и широколиственно-лесной зоне Русской равнины преобладают пашни, а пастбища и сенокосы имеют подчиненное значение; в сухостепных ландшафтах и западносибирской лесостепи на долю пастбищ и сенокосов приходится до 40% всей площади сельскохозяйственных угодий. В подтайге общая сельскохозяйственная освоенность снижается до 25–45% (лишь в центральных районах Русской равнины — более 60%), а в южной тайге — до 10–30%; на долю пашни приходится несколько более половины этой площади, но к северу соотношение между пашней и кормовыми угодьями выравнивается. В средней тайге Русской равнины под сельскохозяйственными угодьями занято не более 3–8% территории, освоение имеет в основном очаговый характер, площадь кормовых угодий примерно вдвое превышает пахотные земли. В остальной части таежной зоны сельскохозяйственные угодья занимают не более 1% площади, а в северной тайге, как правило, их доля уменьшается до 0,1% и менее, при этом подавляющая часть приходится на сенокосы и пастбища.

Первым непосредственным ландшафтно-географическим следствием земледельческого освоения является исчезновение естественных биоценозов. В процессе последующей хозяйственной деятельности постоянно прямому воздействию подвергается почва. Механические нагрузки и регулярное изъятие элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур неизбежно приводят к ухудшению структуры почвы, ее физико-химических свойств и потере плодородия. Старейшие экстенсивные системы земледелия — подсечно-огневая, лесопольная, залежная, переложная — создавали относительно небольшие нагрузки на геосистемы и не приводили к их радикальной трансформации. После нескольких лет эксплуатации пашни забрасывались и зарастали лесом или же повторно вовлекались в оборот. Применение подобных примитивных систем земледелия было типичным для лесных ландшафтов, где они местами сохранялись еще в XIX в. и даже в первой трети XX в. Однако в основных сельскохозяйственных районах Руси подсечная система уже в XIV–XV вв. начала вытесняться паровой системой с трехпольным севооборотом, которая к XVII в. стала преобладающей. При хроническом недостатке удобрений паровое земледелие способствовало деградации почвы.

Современные травопольные севообороты еще более увеличивают нагрузку на почву и для поддержания почвенного плодородия должны сочетаться со специальными агротехническими приемами и внесением достаточного количества удобрений. Внедрение индустриальных методов в сельское хозяйство придало воздействиям этого типа хозяйственной деятельности на ландшафты качественно новый характер. Механизация, химизация, мелиорация, создание гигантских животноводческих комплексов неизмеримо увеличили сельскохозяйственную нагрузку на почву и геосистемы.

Признаки деградации (уменьшение содержания гумуса, эродированность) наблюдались у дерново-подзолистых и серых лесных почв еще в XVIII в., а у черноземов — во второй половине XIX в. По сравнению с естественным фоном содержание гумуса в степных и лесостепных почвах Русской равнины уменьшилось в основном на 2–3%, а

в некоторых районах — на 6% и более. Представление о дегумификации черноземных почв за 100 лет (1881–1981 гг.) дает табл. 22 (Караванова и др., 1989).

Таблица 22. Изменение содержания и запасов гумуса в пахотном горизонте (0–30 см) черноземов Русской равнины за 100 лет

Подтипы черноземов	Регион	Содержание гумуса, %		Запасы гумуса, т/га		Потери гумуса	
		1881 г.	1981 г.	1881 г.	1981 г.	т/га	%
Типичные	Центр ЕТР	10–13	7–10	300–330	210–300	90	23–30
	Юго-восток	13–16	8–10	390–480	240–300	150–180	38–39
Выщелоченные	Предкавказье	7–10	4–7	221–315	150–263	67–81	20–34
	Поволжье	13–16	4–7	390–480	120–210	270	56–69
Обыкновенные	Центр ЕТР	7–10	4–7	221–315	150–263	52–71	17–32
	Юго-восток	9–11	6–8	270–330	180–240	90	27–33

В верхнем метровом слое темно-серых лесных почв центра Русской равнины запасы гумуса за период освоения (200–500 лет) уменьшились с 300–360 до 240–300 т/га, а содержание гумуса — с 5–7 до 3–5%.

В последние годы резко сократилось количество вносимых в почву органических и минеральных удобрений, в связи с чем усиливается их истощение, однако и большие дозы удобрений не гарантируют поддержания почвенного плодородия, поскольку правила агротехники повсеместно нарушаются. Потеря гумуса сопровождается уменьшением емкости поглощения, содержания поглощенных оснований, повышением кислотности почв. Последнее особенно характерно для почв подзолистого типа, известкование которых осуществляется в недостаточных объемах. В 1993 г. внесение органических удобрений в почвы страны сократилось по сравнению со среднегодовым за 1986–1990 гг. в 2,2 раза, минеральных удобрений — в 3,4, известкование почв — в 1,9, гипсование солонцеватых почв — в 4,5 раза. С урожаем из почв выносятся в 3 раза больше элементов питания растений, чем вносятся с удобрениями. За указанный период запасы кальция в почвах снизились почти наполовину (Государственный доклад..., 1994).

Распашка, как правило, разрушает естественную структуру почв, в связи с чем уменьшаются их водопроницаемость и водоудерживающая способность. Это в свою очередь влечет за собой нарушение гидрологического режима, усиление его внутригодовой изменчивости, интенсификацию поверхностного стока. Отсутствие естественного растительного покрова — главного стабилизирующего фактора — усугубляет названные негативные процессы, а тем самым подверженность почв смыву и линейной эрозии.

В 1990 г. площадь эродированных почв в России достигла 53,6 млн. га (т.е. 24% от площади сельскохозяйственных земель). Ежегодно она увеличивается на 0,4–1,5 млн. га. На эродированных почвах урожайность снижается на 36–47% (Государственный доклад..., 1992). На территории Русской равнины ежегодный смыв почв составляет около 68 млн. т. Наиболее велика площадь смытых почв в степной и лесостепной зонах. В южной половине Русской равнины к эрозионно-опасным землям относятся 30–60% общей площади или 50–80% сельскохозяйственных угодий, ежегодный смыв равен 5–10 т/га, а на эрозионных возвышенностях достигает 20–30 т/га. В подтайге и южной тайге Русской равнины эрозионно-опасные земли занимают 10–20% общей

площади или около 20–50% площади сельскохозяйственных угодий, ежегодный смыв — 2–5 т/га. За последние 100 лет дерново-подзолистые почвы Русской равнины потеряли из-за сельскохозяйственной эрозии в среднем 1218 т/га почвенного мелкозема, из них было вынесено (ц/га): гумуса — 219, калия — 142, фосфора — 12,2, азота — 18,3 (Караваска и др., 1989). Эродированность дерново-подзолистых почв в возвышенных районах может достигать 20% и более.

Для распаханых возвышенностей южной половины Русской равнины характерна овражная эрозия. В этих районах густота оврагов превышает 0,5 км/км². Ежегодно площадь, занятая оврагами, увеличивается в стране на 80–100 тыс. га. В результате сельскохозяйственной эрозии возникают новые морфоскульптурные элементы рельефа и усиливается расчлененность земной поверхности. С размывом склонов и водоразделов сопряжена аккумуляция твердого материала в понижениях, водоемах и водотоках, что приводит к заливанию озер, водохранилищ, прудов и их эвтрофикации, обмелению рек и усилению наводнений. Существуют все предпосылки к интенсификации этих процессов: практически прекратилось строительство противозерозионных гидротехнических сооружений, резко сократились посадки лесных защитных полос и т. д. Площадь полезащитных лесных полос составляет около 1,3 млн. га, в то время как необходимо иметь 12,3 млн. га.

Химизация сельского хозяйства сопровождается нежелательными ландшафтно-географическими и экологическими последствиями. Недозированное, часто избыточное применение минеральных удобрений и ядохимикатов, плохие условия их хранения — причины утечки и накопления в почве нитратов и других опасных веществ, в том числе пестицидов. С калийными удобрениями в почву попадают хлориды, с фосфорными — мышьяк, цинк, стронций, фтор, селен, уран. Некоторые ядохимикаты медленно разрушаются и могут сохраняться в почве больше года. Значительная часть вредных химических веществ из почвы включается в водную миграцию и служит источником загрязнения поверхностных и грунтовых вод, а кроме того, вовлекается в биологический круговорот культурными растениями, попадает с продуктами питания в организм человека. Несмотря на общее сокращение применения минеральных удобрений, в отдельных случаях они вносятся в почву в избыточных количествах (под картофель, овощи и др.). Поэтому повсеместно наблюдаются случаи превышения допустимого содержания нитратов, а иногда также пестицидов, в сельскохозяйственной продукции.

Химическое загрязнение почвы обусловлено не только преднамеренным внесением удобрений и ядохимикатов, но и выпадением загрязняющих веществ техногенного происхождения из атмосферы. Повышенное содержание в почве тяжелых металлов, соединений серы и др. особенно характерно для территорий, примыкающих к крупным промышленным узлам и автомагистралям.

Специфические локальные экологические аномалии создают животноводческие комплексы и птицефабрики, в которых концентрируются десятки тысяч голов крупного рогатого скота или свиней и миллионы особей птиц. Ежегодно образуется более 140 млн. м³ навозных и пометных стоков; в качестве удобрений используется 67%, остальная часть переполняет пруды-накопители, сбрасывается на прилегающие земли, в водоемы, попадает в подземные воды и является главным источником элементов-биогенов, а также бактериального загрязнения водоемов. Действие этого фактора наиболее

сильно сказывается там, где расположены большие животноводческие комплексы и птицефабрики — преимущественно вблизи крупных городов и промышленных центров.

В зоне избыточного увлажнения значительная часть сельскохозяйственных угодий приурочена к искусственно осушенным землям. Так, в Архангельской области осушено 13% сельскохозяйственных земель, в Новгородской — 23%, в Ленинградской — 45%, в Калининградской — 92%. Однако эффективность осушительной мелиорации невозможно оценивать однозначно. Нередко она приводит к результатам, прямо противоположным ожидаемым. Обычно в первые годы после осушительных мероприятий происходят благоприятные перемены на осушенных землях, их продуктивность повышается. Но в дальнейшем могут возникнуть неожиданные и нежелательные изменения. Избежать таких последствий можно лишь при всестороннем учете структуры и функций мелиорируемых геосистем, обоснованном выборе способов осушения, должном качестве мелиоративных работ, постоянной поддержке осушительных систем в рабочем состоянии. Разумным мелиоративным воздействием можно добиться создания высокопродуктивных угодий (в том числе сенокосных и лесных) на выработанных или осушенных торфяниках, но нерациональное вмешательство ведет к восстановлению первичных болотных геосистем либо формированию серии производных модификаций с заболоченными мелколиственными лесами или водоемов. Нынешний экономический кризис привел к резкому сокращению мелиоративных работ, ухудшению их качества и деградации существовавших мелиоративных систем. Характерно низкое качество проектирования и строительства мелиоративных систем, в результате чего они плохо выполняют свои функции, требуют частого ремонта и реконструкции. Нередко мелиоративные работы влекут за собой ухудшение качества земельного фонда (в ходе их проведения почвенный слой не возвращается на прежнее место, а смещается к лесным опушкам).

Искусственное орошение, имеющее своей целью обеспечить сельскохозяйственные растения необходимым количеством влаги, сопровождается хорошо известными побочными последствиями — подъемом грунтовых вод, переувлажнением почв, вторичным засолением и заболачиванием. Одновременно происходит неблагоприятная трансформация почв, черноземы приобретают глыбистую структуру, теряют много гумуса. Подобные явления наиболее типичны для рисосеющих районов. Сброс сточных вод с рисовых полей привел к экстремальному уровню загрязнения пестицидами низовий Кубани, Дона и оз. Ханка.

В аридных ландшафтах прикаспийских полупустынь и пустынь, отчасти также в семиаридных сухостепных, основным (фоновым) фактором антропогенного воздействия становится *пастбищное скотоводство*. Деградация аридных пастбищ отмечалась уже в конце прошлого века. С того времени нагрузка на них усилилась, местами она в 1,5–2 раза превышает допустимую. Следствием длительного нерационального использования естественных кормовых угодий явилось опустынивание растительного покрова: кормовые злаки вытесняются пустынными полукустарничками. Нарушение растительного покрова, механическое воздействие выпаса на почву создают предпосылки для развития дефляции, расширения массивов незакрепленных и полукрепленных песков. Горные пастбища под влиянием интенсивного выпаса также подвергаются деградации: обедняется видовой состав травяного покрова, распространяются плохо поедаемые и ядовитые растения.

Добычу полезных ископаемых следует отнести, подобно лесному промыслу и сельскому хозяйству, к первичным, т. е. добывающим, или сырьевым, отраслям. Этот вид хозяйственной деятельности восходит к таким же отдаленным временам, как охота и собирательство, но его значение в современной экономике стало едва ли не первостепенным. В то же время по своим ландшафтно-географическим и экологическим функциям горнодобывающая промышленность принципиально отличается от рассмотренных выше первичных отраслей. По территориальным масштабам и размерам использования земель она сильно уступает им, оставаясь на локальном очаговом уровне, но по глубине воздействия на геосистемы стоит в ряду сильнейших антропогенных факторов. Главным побочным следствием добычи минерального сырья и топлива служит появление так называемых нарушенных земель в виде техногенных форм рельефа — карьеров, возникающих при открытых горных разработках, отвалов вскрышных пород, хвостохранилищ из отходов обогащения руд. Таким образом, при добыче полезных ископаемых нарушаются не только биота и почва, но и твердый фундамент ландшафта, неспособный к восстановлению. Появление нарушенных земель приводит к потере продуктивных угодий и к техногенному загрязнению окружающих территорий. Содержащиеся в отвалах вредные вещества фильтруются со сточными водами, разносятся с пылью, попадают в атмосферу при самовозгорании.

Общая площадь земель, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых, равна 1,3 млн. га, или 0,07%, от всей территории страны. Однако распространены они крайне неравномерно и связаны с азональными закономерностями размещения минеральных ресурсов. Наибольшие площади таких земель приурочены к разрабатываемым месторождениям металлических руд, золота, угля. На 1 января 1995 г. площадь нарушенных земель по отраслям промышленности распределялась следующим образом (тыс. га): цветная металлургия — 274, торфяная — 149, угольная — 110, нефтедобывающая — 102, газовая — 100, строительных материалов — 52, черная металлургия — 46. Кроме того, 160 тыс. га приходилось на долю сельского хозяйства и 45 тыс. га — геологоразведки (Охрана окружающей среды..., 1995). По абсолютным размерам нарушенных земель среди субъектов РФ на первом месте стоит Магаданская область (127 тыс. га в 1986 г.). За ней следуют области Свердловская, Кемеровская, Тюменская и Московская (65–70 тыс. га). Свыше 1% от общей территории нарушенные земли занимают в центральных областях — Московской, Ивановской, Тульской (1,3–1,4%), от 0,5 до 1,0% — во Владимирской, Кемеровской, Ленинградской, Брянской, Ярославской и Смоленской областях. Ежегодно площадь нарушенных земель прирастает на 100–150 тыс. га, или в среднем на несколько процентов, но в отдельных регионах — значительно больше. Так, в Архангельской области только в 1992 г. она увеличилась на 15%. В Магаданской области площадь нарушенных земель ежегодно расширяется на 2,5–3,0 тыс. га. В Республике Саха к 1986 г. было нарушено 33,2 тыс. га, а за один лишь 1994 г. прирост составил 6,6 тыс. га (Природопользование Российского Дальнего Востока..., 1997).

Добыча твердых рудных и нерудных полезных ископаемых ведется в основном открытым способом. В разработке угольных месторождений на долю открытых разрезов приходится 54%. Крупнейшие карьеры (например, при Костомукшском горно-обогатительном комбинате, на Кингисеппском месторождении фосфоритов) растут ежегодно на

сотни гектаров. Наиболее распространены крупные и мелкие карьеры, оставшиеся после добычи минеральных строительных материалов. Во многих областях существуют тысячи подобыработанные торфяники, на долю которых приходится значительная часть нарушенных земель в подтаежных и южнотаяжных ландшафтах. Подземная (шахтная) добыча полезных ископаемых нередко приводит к просадкам грунтов.

При открытой добыче полезных ископаемых ареалы воздействия на ландшафт могут распространяться далеко за пределы собственно нарушенных земель. Так, на севере Амурской области эксплуатация золотоносных россыпей в долинах и на прилегающих склонах оказывает влияние на территорию площадью более 18 тыс. км² — главным образом вследствие интенсивного загрязнения рек. Мутность рек многократно возрастает на долгие годы, многие реки утрачивают рыбохозяйственное значение. Рекультивация нарушенных земель, как правило, сильно отстает от их распространения и не всегда эффективна.

В отвалы и хвостохранилища ежегодно поступают сотни миллионов кубометров твердых отходов. В Ленинградской области, например, величина такого поступления составила в 1992 г. 60 млн. т (в том числе около 20 млн. т на Кингисеппском месторождении фосфоритов), на Костомукшском горно-обогатительном комбинате — 38 млн. т, на шахтах Печорского угольного бассейна — около 6 млн. т, на Калининградском янтарном комбинате — 2,2 млн. т (при этом добыто 700 т янтара). В отвалах часто содержатся ценные вещества, однако утилизируются они лишь отчасти. Так, в 1991 г. при добыче металлических руд образовалось 287 млн. м³ вскрышных пород, из них 67 млн. м³ использовано для технических нужд и 19 млн. м³ для производства строительных материалов; выход «хвостов» в процессе обогащения руд составил около 95 млн. м³, из которых около 30 млн. м³ пошло на производство строительных материалов (Государственный доклад..., 1992). На предприятиях цветной металлургии в 1993 г. из 68,3 млн. м³ вскрышных пород было использовано 12,4 млн. м³ для технических нужд и 6,1 млн. м³ для производства строительных материалов, а из 37 млн. м³ «хвостов» утилизировано 7,8 млн. м³ (Государственный доклад..., 1994).

Гидротехническое строительство также относится к древнейшим формам антропогенного воздействия на ландшафты. Создание водохранилищ — специфический тип использования земель, приводящий к коренной трансформации геосистем. Уже в XVII в. небольшие искусственные водохранилища существовали в Карелии, центральных районах Руси, на Урале. Но подлинный бум строительства водохранилищ приходится на 50-е годы XX в. Главным стимулом явилось стремление получить относительно дешевую электроэнергию. Кроме того, водохранилища позволяют регулировать речной сток и бороться с наводнениями, улучшить промышленное и коммунально-бытовое водоснабжение, условия для ирригации, судоходства, лесосплава, отчасти также для рыболовства и рекреации. Однако получаемый при этом экономический эффект имеет свою оборотную сторону, которая выражается в достаточно многообразных негативных воздействиях водохранилищ на природную среду.

В результате сооружения плотин на реках наиболее радикальные трансформации геосистем наблюдаются в верхнем бьефе, где наземные геосистемы сменяются водными. При этом происходит потеря продуктивных угодий — лесных и сельскохозяйственных,

в том числе пойменных лугов, гибнут нерестилища, нарушаются миграции рыб. При создании каскада волжских и камских водохранилищ было затоплено более 1 млн. га сельскохозяйственных земель (включая 260 тыс. га пашни) и 720 тыс. га лесов. Влияние водохранилища распространяется в той или иной степени на окружающую территорию. В непосредственно примыкающей к водоему полосе из-за сезонной сработки уровня и его колебания периодически сменяются условия затопления и осушки, повышается уровень грунтовых вод (подтопление), создается гидроморфный режим; заболачиваются и местами гибнут леса и сельскохозяйственные угодья; под влиянием абразии происходит переформирование и отступление берегов. В аридных условиях возможно развитие засоления. В прибрежной полосе крупных водохранилищ (шириной от нескольких сот метров до нескольких километров) изменяются микроклиматические и местные климатические условия: выравнивается ход температуры воздуха, повышается его влажность, увеличивается скорость ветра, возникают бризы.

Изменения долинных геосистем в нижнем бьефе зависят от искусственного регулирования стока, режима и размеров пусков воды. Основной фактор — снижение паводков, приводящее к уменьшению емкости и деградации пойменных геосистем; сокращение твердого стока обуславливает уменьшение отложения наносов в дельтах рек. В Волго-Ахтубинской пойме из-за уменьшения высоты и продолжительности весеннего половодья отмечается остепнение пойменных лугов, падение их продуктивности, местами засоление.

Кроме типичных речных водохранилищ, образовавшихся в результате создания подпорных плотин на реках, известны водохранилища озерного типа, созданные на базе естественных озер так, что под влиянием подпора их уровень повысился и площадь зеркала значительно увеличилась. Подобные озерные водохранилища характерны для Кольско-Карельской ландшафтной области, изобилующей озерами. Например, Выгозерское водохранилище с подпором 6 м занимает площадь 1250 км², что в 2,2 раза превышает площадь первичного озера. Особо следует выделить озера-водохранилища — зарегулированные озера с небольшим подпором и несущественным увеличением площади зеркала. Таковыми стали Байкал и Онежское озеро, выполняющие функции соответственно Иркутского и Верхнесвирского водохранилищ.

Всего на территории России учтено 1162 водохранилища с суммарной площадью зеркала 115,4 тыс. км², а без учета озер 62,8 тыс. км², что составляет 0,37% от всей территории страны. По численности преобладают мелкие водохранилища, среди них — созданные в степных балках для перехвата талых и ливневых вод, но подавляющая часть общего объема и площади приходится на сравнительно небольшое количество крупных водохранилищ. 49 из них имеют объем более 1 км³ каждое, а их суммарная площадь (без озер) равна 57,0 тыс. км² (Авакян и др., 1987). Только 12 водохранилищ волжско-камского каскада занимают более 27 тыс. км² площади. Крупнейшие типично речные водохранилища (в скобках площадь в км²) — Куйбышевское (5900), Братское (5470), Рыбинское (4580), Волгоградское (3117), Цимлянское (2700), Красноярское (2000). У 16 водохранилищ площадь зеркала превышает 1 тыс. км². Крупные водохранилища по размерам сопоставимы с отдельными ландшафтами. В ландшафтной структуре пяти мезорегионов на долю водохранилищ приходится более 10% от общей площади (в лесостепном Низком Заволжье — 22%, в северостепном Низком Заволжье — 13% и т. д.), и в этих случаях можно говорить о их фоновом значении.

К нетрадиционным факторам антропогенного воздействия на природную среду, сопутствующим процессу урбанизации, относится рекреационное использование территории. В геосистемах, главным образом лесных, подверженных массовому стихийному наплыву отдыхающих, развивается рекреационная дигрессия — вытаптывается напочвенный покров, уплотняется почва, деградирует подрост, а затем и древесный ярус. При этом обедняется биота из-за нерегулируемого сбора ягод, лекарственных растений, разорения птичьих гнезд, возникновения фактора беспокойства для диких животных и сторания автомобильного топлива, на водоемах — нефтепродуктами (от подвесных лодочных моторов, экскурсионных теплоходов) и т. д. Степень нарушенности геосистем рекреационными воздействиями зависит от их устойчивости к нагрузкам этого рода. Среди слабоустойчивых геосистем — привлекательные для рекреационных занятий камовые комплексы с сухими сосняками на крутых песчаных склонах. Относительно устойчивы мелколиственные и елово-мелколиственные леса на моренных равнинах. Промежуточное положение занимают пологие склоны моренных возвышенностей с ельниками и березняками, плоские и волнистые песчаные и супесчаные равнины с лесами различных типов. Наиболее интенсивным рекреационным нагрузкам подвергаются лесные ландшафты в окрестностях крупных городов и городских агломераций, особенно в подтаежной зоне, а также в сопредельных с ней районах южной тайги, зоны широколиственных лесов, лесостепи.

2.3. Источники и компоненты загрязнения природной среды

Понятие загрязнения природной среды при самом широком его толковании определяется как привнесение в нее извне всего того, что ранее отсутствовало или поступает в количестве, превышающем некий «нормальный», или средний, уровень. При этом не имеет значения характер источника загрязнения — он может быть как природным (например, продукты вулканических извержений), так и антропогенным. С этих позиций даже «лишнее» количество вполне чистой природной воды в условиях избыточного увлажнения рассматривается как загрязнение. Говорят о загрязнениях тепловом, световом, шумовом (акустическом), электромагнитном, биологическом, информационном и т. п. Однако более принято связывать загрязнение природной среды (или ландшафтов) с антропогенными воздействиями и главным образом с поступлением отходов производства и жизнедеятельности людей, имеющих прямое или косвенное негативное экологическое значение. Практически при оценке загрязнения природной среды в качестве показателей принимают во внимание те элементы-загрязнители (поллютанты), повышенная концентрация которых или даже только наличие опасны для живых существ, в том числе для человека.

Вредные вещества — твердые, жидкие, газообразные — поступают в ландшафт с промышленными, транспортными, коммунально-бытовыми, сельскохозяйственными отходами через атмосферу, поверхностные воды и почву. Эти географические компоненты служат лишь начальными звеньями миграции техногенных выбросов в ландшафте. К середине 80-х годов ежегодно в атмосферу России поступало до 56–58 млн. т вредных техногенных выбросов, в поверхностные воды — около 30 км³ загрязненных сточных вод, на земной поверхности накапливалось около 5 млрд. т твердых промышленных и коммунально-бытовых отходов, содержащих значительное количество токсичных веществ. К этому времени поступление вредных веществ в природную среду достигло максимума и относительно стабилизировалось, но затем стало резко снижаться, что объясняется отнюдь не совершенствованием технологий или более полной утилизацией отходов, а исключительно продолжающимся спадом производства, поэтому в настоящее время трудно говорить о каких-либо типичных или средних цифрах.

В последующем обзоре мы опираемся на статистические данные, отражающие уровень техногенного загрязнения для конца периода стабильного экономического развития и опубликованные в официальных обзорах и ежегодниках (Ежегодник состояния загрязнения воздуха..., 1990; Ежегодник качества поверхностных вод..., 1991; Обзор состояния..., 1990; Состояние природной среды..., 1989, и др.)*. Для характеристики современного периода в целях сравнения используются выборочные данные за отдельные годы из официальных источников (Государственный доклад..., 1992, 1994; Ежегодник загрязнения почв..., 1994; Ежегодник качества..., 1993; Охрана окружающей среды..., 1995) и некоторые другие материалы. Следует отметить неполноту и недостаточную надежность информации, что признается и в официальных источниках; нередко наблюдаются расхождения в цифрах.

* Цикл карт вредных выбросов в атмосферу (рис. 46–53, а также рис. 56, 57 в гл. 2.4) построен по данным за 1989 г.

Анализ экологической роли техногенных химических загрязнений целесообразно начать с поступления их в первичные реципиенты, т. е. те географические компоненты, которые занимают входное положение на путях миграции загрязнителей в геосистемах. Динамика поступления загрязняющих веществ в атмосферу с территории России представлена в табл. 23; размещение основных центров загрязнения атмосферы и изменения объема выбросов показаны на рис. 46 и 47. Из них видно, что общая тенденция сокращения техногенных выбросов в атмосферу за последнее десятилетие прослеживается достаточно четко. В составе загрязнителей атмосферы преобладают газообразные вещества, как неорганические — оксид углерода (за последние десять лет его доля увеличилась с 40 до 45%), диоксид серы (18%), оксиды азота (9%), в меньшей степени фториды, сероводород, аммиак, — так и органические, главным образом углеводороды (летучие органические соединения, 16%). Аэрозоли составляют 10% от общей массы выбросов (за десять лет их доля уменьшилась на 5%), в них присутствуют вещества неорганические (в том числе тяжелые металлы, фториды, сульфаты, нитраты) и органические (углеводороды).

Таблица 23. Выбросы основных загрязняющих веществ в атмосферу на территории России за период 1986–1996 гг. (млн. т/год)
(Информационно-экологический справочник..., 1998)

Загрязняющие вещества		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Всего	Мп	39,3	39,4	38,1	36,3	34,7	31,8	28,7	26,8	23,6	22,2	20,8
	Ма	18,5	18,1	17,9	18,4	20,9	17,3	16,2	17,3	16,2	14,5	13,2
	М	57,8	57,5	56,0	54,7	55,6	49,3	44,9	43,6	39,8	36,7	34,0
Твердые	Мп	8,9	8,8	8,4	7,9	7,3	6,4	5,8	5,2	4,3	3,9	3,5
	Ма	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	М	8,9	8,8	8,4	7,9	7,3	6,4	5,8	5,2	4,3	3,9	3,5
Диоксид серы	Мп	11,3	11,1	10,5	9,9	9,2	9,2	8,2	7,5	6,7	6,5	6,3
	Ма	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	М	11,3	11,1	10,5	9,9	9,2	9,2	8,2	7,5	6,7	6,5	6,3
Оксид углерода	Мп	8,9	9,2	9,0	8,4	8,5	7,6	7,0	6,5	5,7	5,3	5,0
	Ма	14,6	14,3	14,2	14,5	16,8	13,4	12,6	13,5	12,7	11,3	10,3
	М	23,6	23,5	23,2	22,9	25,3	21,0	19,6	20,0	18,4	16,6	15,3
Диоксид азота	Мп	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	2,6	2,6	2,2	2,1	2,0
	Ма	0,9	0,9	0,9	1,0	1,3	1,2	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1
	М	3,7	3,8	3,8	3,8	4,0	4,3	3,9	3,9	3,3	3,2	3,1
Летучие органические соединения (ЛОС)	Мп	7,4	7,4	7,3	7,2	6,7	5,6	5,0	4,5	4,7	4,4	3,5
	Ма	3,0	2,9	2,8	3,0	3,1	2,6	2,4	2,5	2,4	2,1	1,8
	М	10,4	10,3	10,1	10,2	9,8	8,2	7,4	7,0	7,1	6,5	5,3

Примечание. Мп — количество загрязняющих веществ, выбрасываемых промышленными предприятиями, Ма — то же, автотранспортом, М — суммарное (Мп+Ма).

Менее 1–2% от валовых выбросов приходится на так называемые специфические примеси, отличающиеся высокой токсичностью, — ацетон, хлор, ксилол, толуол, метилмеркаптан, бенз(а)пирен (БАП) и ряд других, которые, несмотря на незначительную концентрацию, во многих городах определяют качество воздушной среды. Большая часть

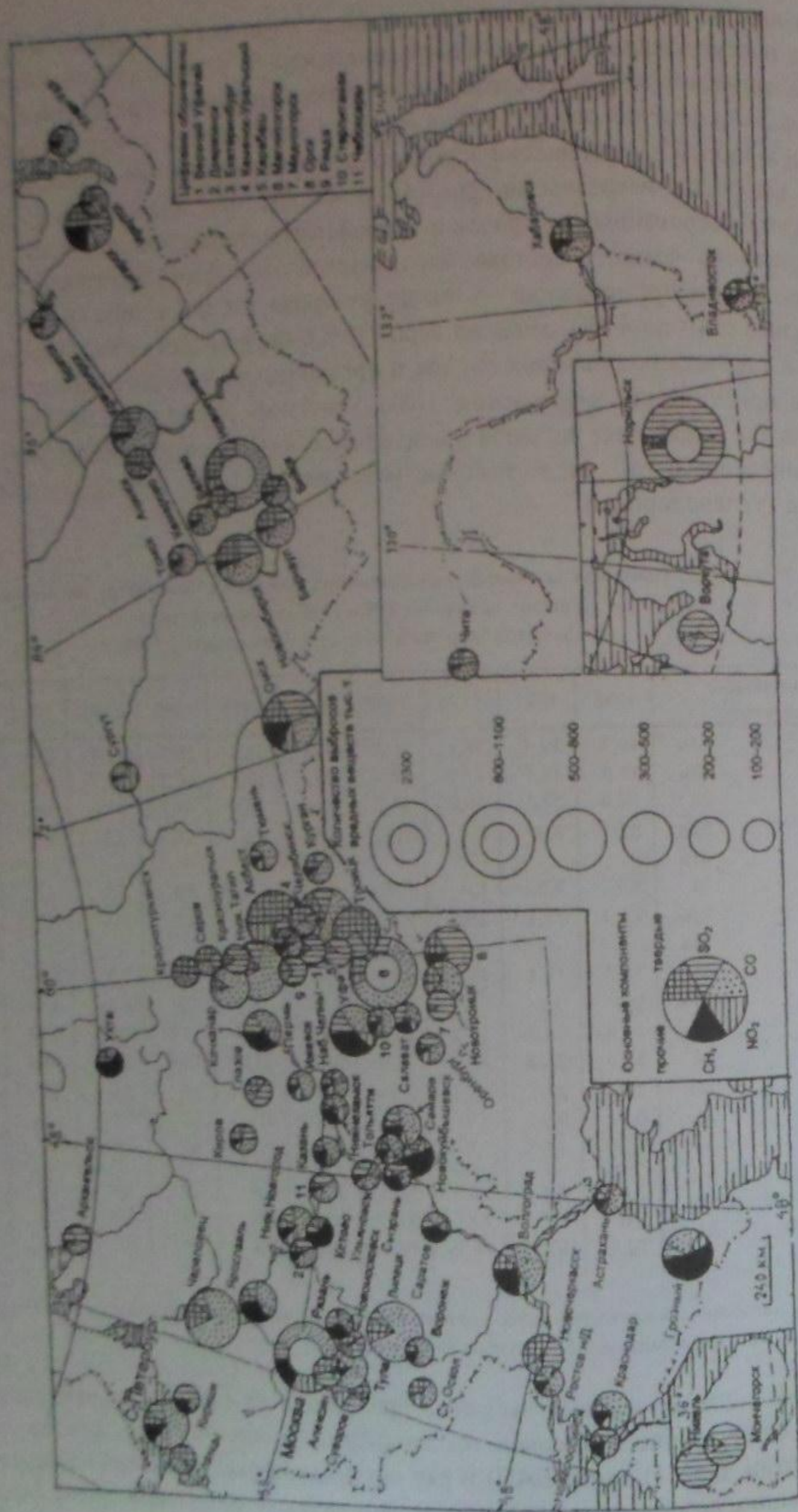


Рис. 46. Суммарный выброс вредных веществ в атмосферу от промышленных центров в 1989 г.

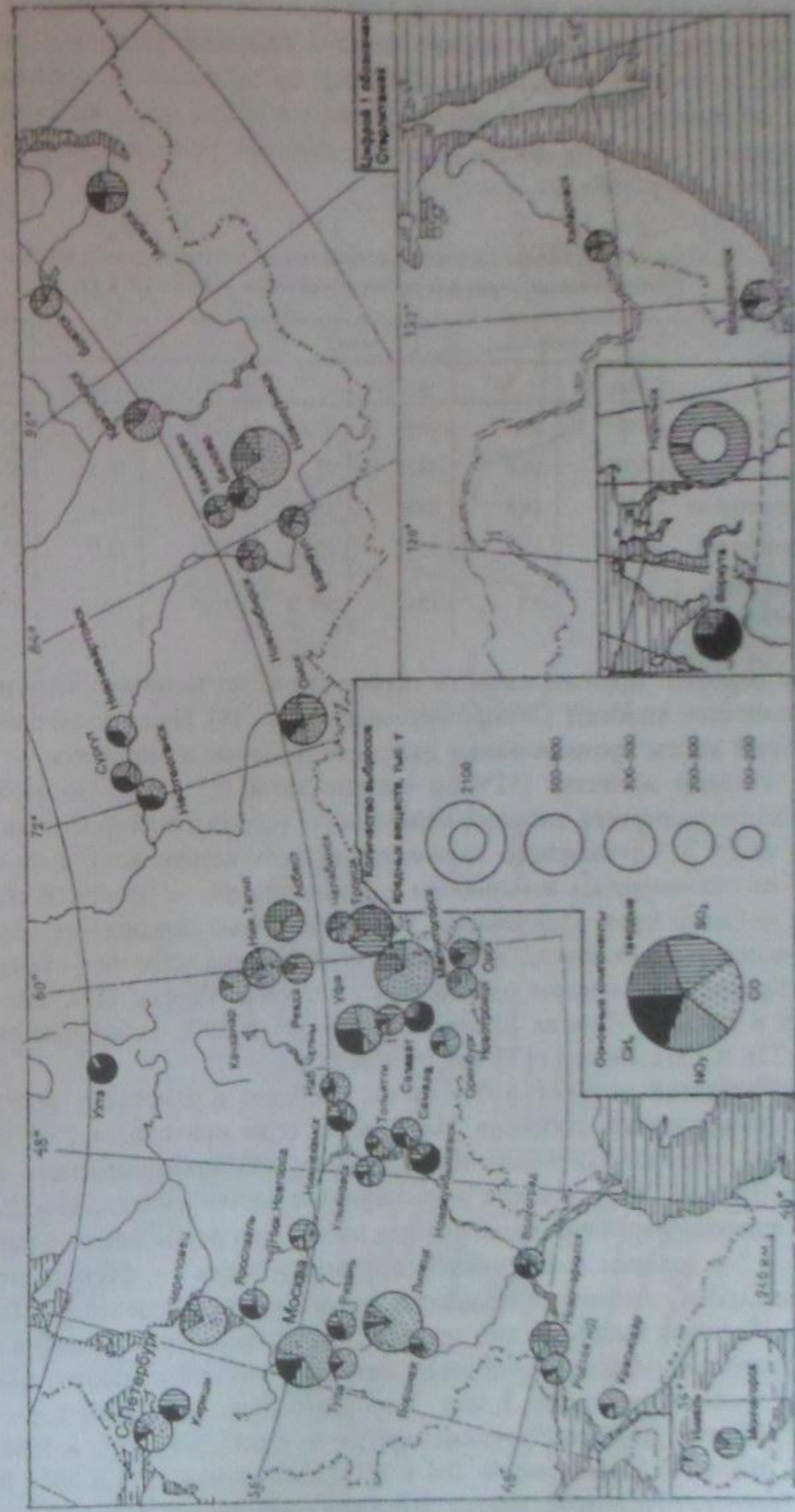


Рис. 47. Суммарный выброс вредных веществ в атмосферу от промышленных центров в 1996 г.

твердых производственных выбросов (в 1996 г. — 94,7%) улавливается и не попадает в воздух, но из газообразных и жидких отходов улавливается только 24%.

Главные источники техногенных атмосферных примесей — промышленные предприятия и автотранспорт, причем доля последнего в общей массе выбросов за последние годы возросла с 32 до 40%. Вклад основных отраслей промышленности в загрязнение атмосферы показан в табл. 24.

Таблица 24. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от основных отраслей промышленности в 1991–1994 гг.

Отрасль	1991		1992		1993		1994	
	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%
Электроэнергетика	7670	24,1	6644	23,1	5898	22,0	5267	22,3
Топливная	5332	16,8	4915	17,1	4365	16,5	4274	18,1
Цветная металлургия	4700	14,8	4339	15,1	3794	14,1	3502	14,8
Черная металлургия	4036	12,7	3571	12,4	3227	12,0	2730	12,6
Производство строительных материалов	1740	5,5	1567	5,5	1064	4,0	771	3,8

Среди отраслей промышленности первое место по величине загрязняющих атмосферных выбросов занимает *электроэнергетика* (рис. 48). На ее долю приходится более 20% от общей массы промышленных выбросов. Главные компоненты — диоксид серы (41–42%), твердые вещества (31%) и оксиды азота (22–23%). По выбросу твердых веществ электроэнергетика занимает первое место (от теплостанций в атмосферу поступает около 1/3 суммарного количества от всех источников), а по оксидам азота (более 1/2 от стационарных источников) и диоксиду серы — второе. В составе твердых выбросов — зола, сажа, содержащая БАП, токсичные соединения мышьяка, ртути, свинца, ванадия и др. Основные источники загрязняющих веществ — тепловые электростанции. Крупнейшие центры загрязнения — города Асбест (474 тыс. т в 1989 г., 283 тыс. т в 1993 г.), Троицк (соответственно 486 и 297), Новочеркасск (217 и 237), Суворов (221 и 153), Рязань (177 тыс. т в 1993 г.).

От предприятий *цветной металлургии* ежегодно в атмосферу поступает 15–16% вредных промышленных выбросов. На диоксид серы приходится 75% от суммарного выброса этой отрасли, или около 40% от количества, выбрасываемого всей промышленностью. По 10–11% составляют доли твердых веществ и оксида углерода. В твердых выбросах присутствуют полиметаллическая пыль, пары ртути, часто соединения свинца, фенол и др.; в отходах алюминиевой промышленности — фтор и его соединения, соединения хрома, смолистые вещества, углеводороды (включая БАП). Наибольшее количество вредных выбросов дает производство никеля. Крупнейший в стране загрязнитель атмосферы — Норильский горно-металлургический комбинат, ежегодно выбрасывающий в атмосферу более 2 млн. т вредных веществ (в 1986 г. — 2,4 млн. т, в 1996 г. — 2,1 млн. т). Другие крупные центры — Орск (208 тыс. т в 1989 г., 293 тыс. т в 1992 г.), Никель (соответственно 204 и 260), Мончегорск (233 и 204), Ревда, Красноярск, Ачинск, Красноярск, Братск, Шелехов (рис. 49).

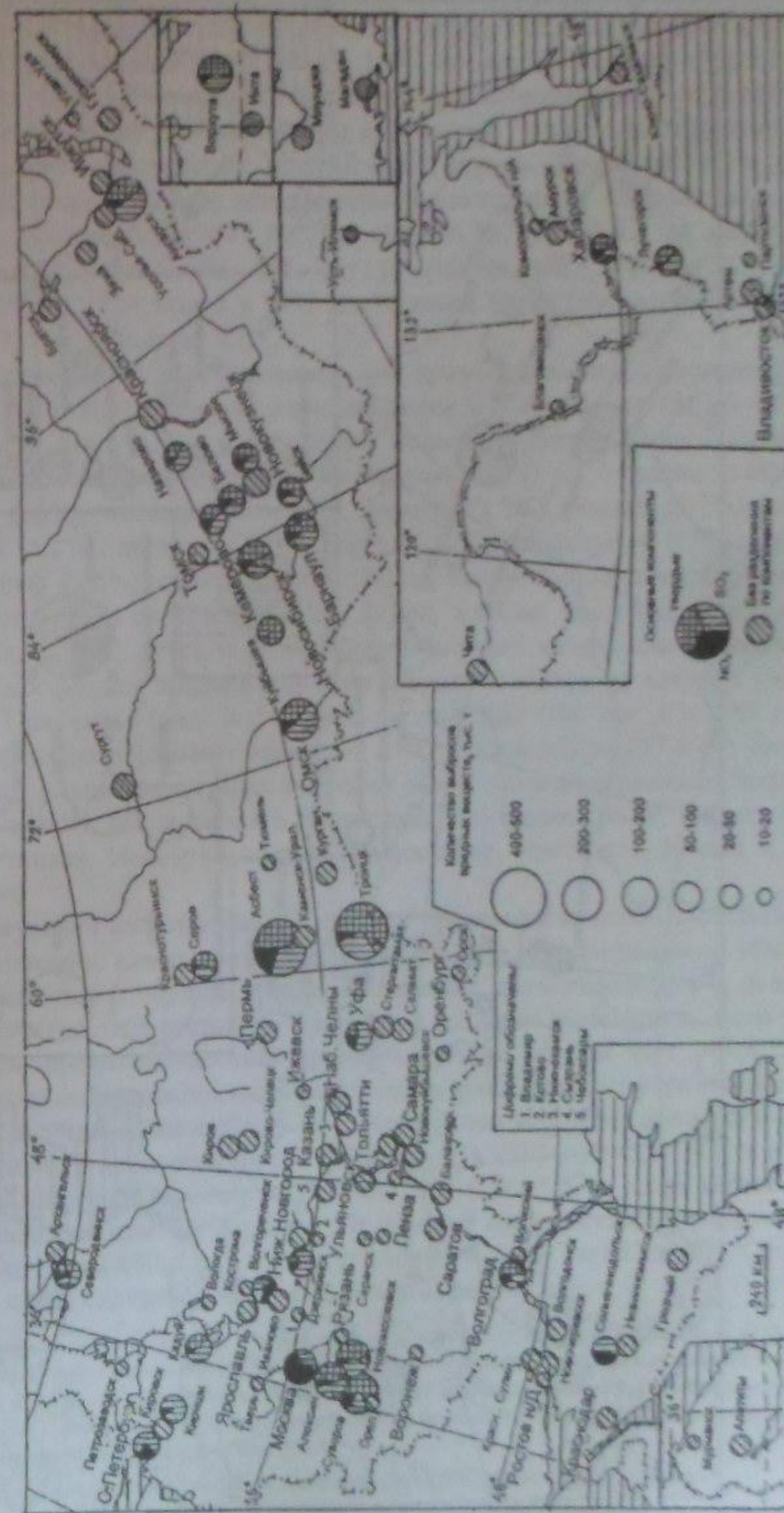


Рис. 48. Выбросы вредных веществ в атмосферу от теплостанций

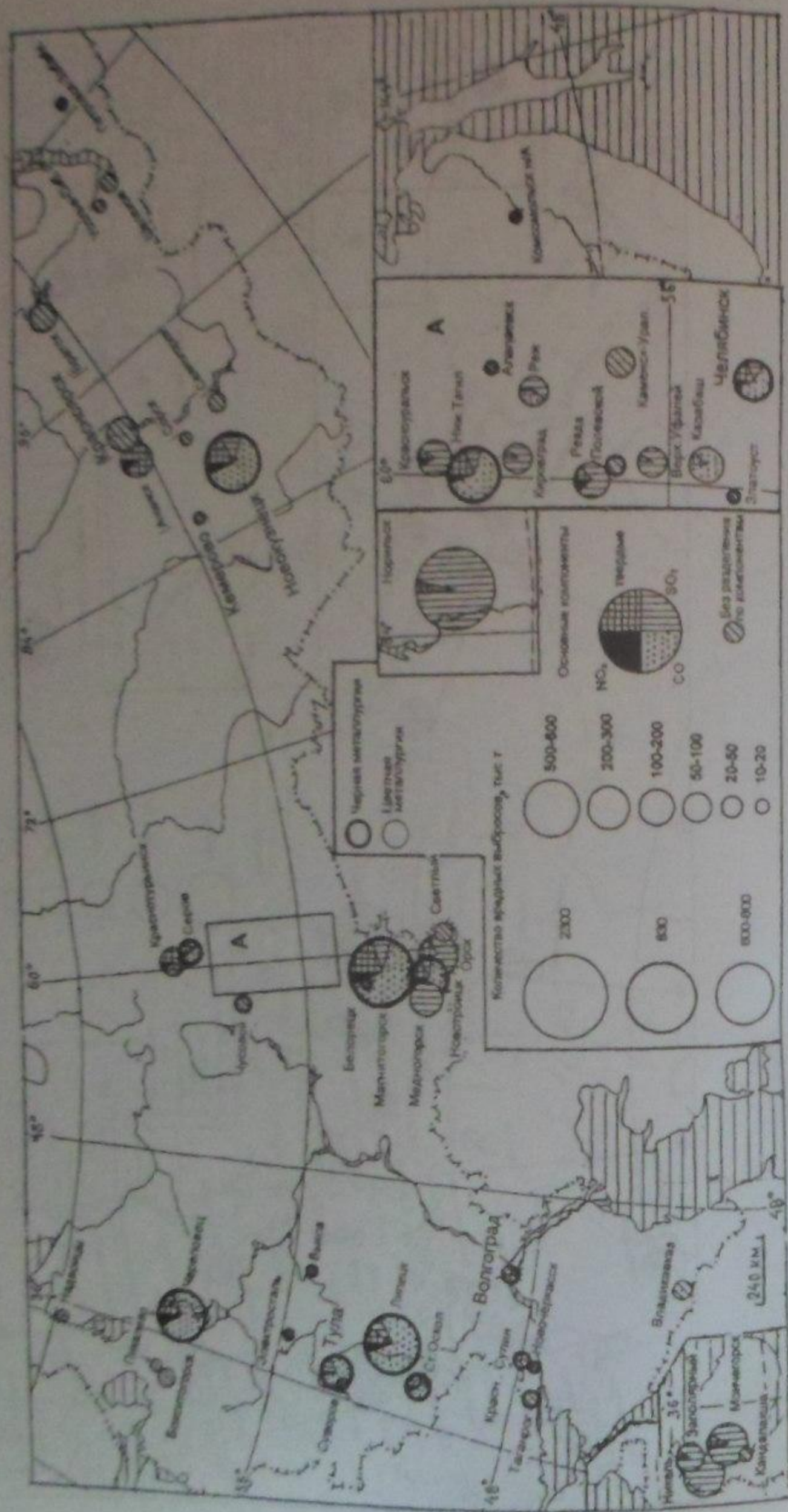


Рис. 49. Выбросы вредных веществ в атмосферу от металлургических предприятий.

Вклад черной металлургии в промышленное загрязнение атмосферы составляет 12–13%. Основные компоненты выбросов — оксид углерода (около 70%), твердые вещества (16–17%), диоксид серы (около 10%) и оксиды азота (5–6%). По выбросу оксида углерода черная металлургия занимает первое место среди отраслей промышленности, «поставляя» 1/3 его суммарного количества. Среди особо опасных веществ в выбросах содержатся сероводород, аммиак, БАП, бензол, фенол, марганец, соединения хрома, ванадия, фтора. Главные центры черной металлургии, загрязняющие атмосферный воздух, — Магнитогорск (837 тыс. т в 1989 г., 527 в 1992 г., 388 тыс. т в 1993 г.), Череповец (соответственно 590, 495 и 415), Липецк (607, 460 и 365), Челябинск (320 тыс. т в 1989 г., 214 тыс. т в 1992 г.), Нижний Тагил (соответственно 557 и 350), Новокузнецк (711 и 334) (рис. 49)*.

На долю химической и нефтехимической промышленности приходится лишь немногим более 2% от всех промышленных выбросов в атмосферу (в 1993 г. — 661 тыс. т, в 1994 г. — 499 тыс. т), но в их составе большое место занимают специфические высокотоксичные вещества. Основные компоненты (1993 г.) — оксид углерода (28%), диоксид серы (16%), оксиды азота (7%), аммиак (3,7%), бензин (3,3%), сероуглерод (2,5%), толуол (1,2%), ацетон (0,95%), бензол (0,7%), дихлорэтан (0,6%), сероводород (0,6%), этилацетат (0,5%), серная кислота (0,1%). Кроме того, в атмосферных выбросах некоторых производств содержатся БАП, фенол, жирные кислоты, альдегиды, хлор и его соединения, свинец, ртуть и др. Особенно большое количество вредных выбросов поступает в атмосферу от предприятий нефтехимии, основные из которых расположены в Поволжье и Приуралье (рис. 50)**, в том числе в Уфе (100 тыс. т в 1989 г., 65 тыс. т в 1993 г.), Стерлитамаке (соответственно 99 и 47), Нижнекамске (50 и 40). Значительное превышение предельно допустимых выбросов особо опасных веществ от нефтехимической промышленности наблюдается в Волгограде, Кемерово, Омске, Перми, Усолье-Сибирском, Березниках, Новокуйбышевске, Дзержинске, Ярославле, Казани и некоторых других городах.

В существующей классификации отраслей производства особо выделяется топливная промышленность, в которую включаются как добыча минерального топлива, так и его переработка (таким образом, горнодобывающая промышленность в целом в государственной отчетности о состоянии природной среды не выделяется). Если рассматривать топливную промышленность в принятом объеме, то она дает 17–18% от общей массы загрязняющих промышленных выбросов в атмосферу, уступая лишь энергетике. При этом основной вклад вносят добыча и переработка нефти. Из общей суммы валовых выбросов топливной промышленности 4774 тыс. т в 1993 г. и 4274 тыс. т в 1994 г. на долю нефтедобычи пришлось соответственно 1863 и 1687, а на долю нефтеперерабатывающей промышленности 1190 и 1004. От газовой промышленности в атмосферу поступило за те же годы 880 и 863 тыс. т, от угольной — 717 и 687 тыс. т. Относительно незначителен вклад сланцевой и торфяной промышленности.

* Согласно официальной отчетности, к предприятиям черной металлургии отнесены как металлургические комбинаты, так и горно-обогатительные. В Нижнем Тагиле и Новокузнецке имеются и те и другие и в приведенных выше цифрах, как и на рис. 49, они не разделены, но некоторые крупные горно-обогатительные комбинаты, в том числе Качканарский и Костомукшский, непосредственно связанные с рудниками, в данном случае отнесены к горнодобывающей промышленности (см. рис. 51).

** На рис. 50 центры нефтехимии, нефте- и газопереработки объединены общим знаком.

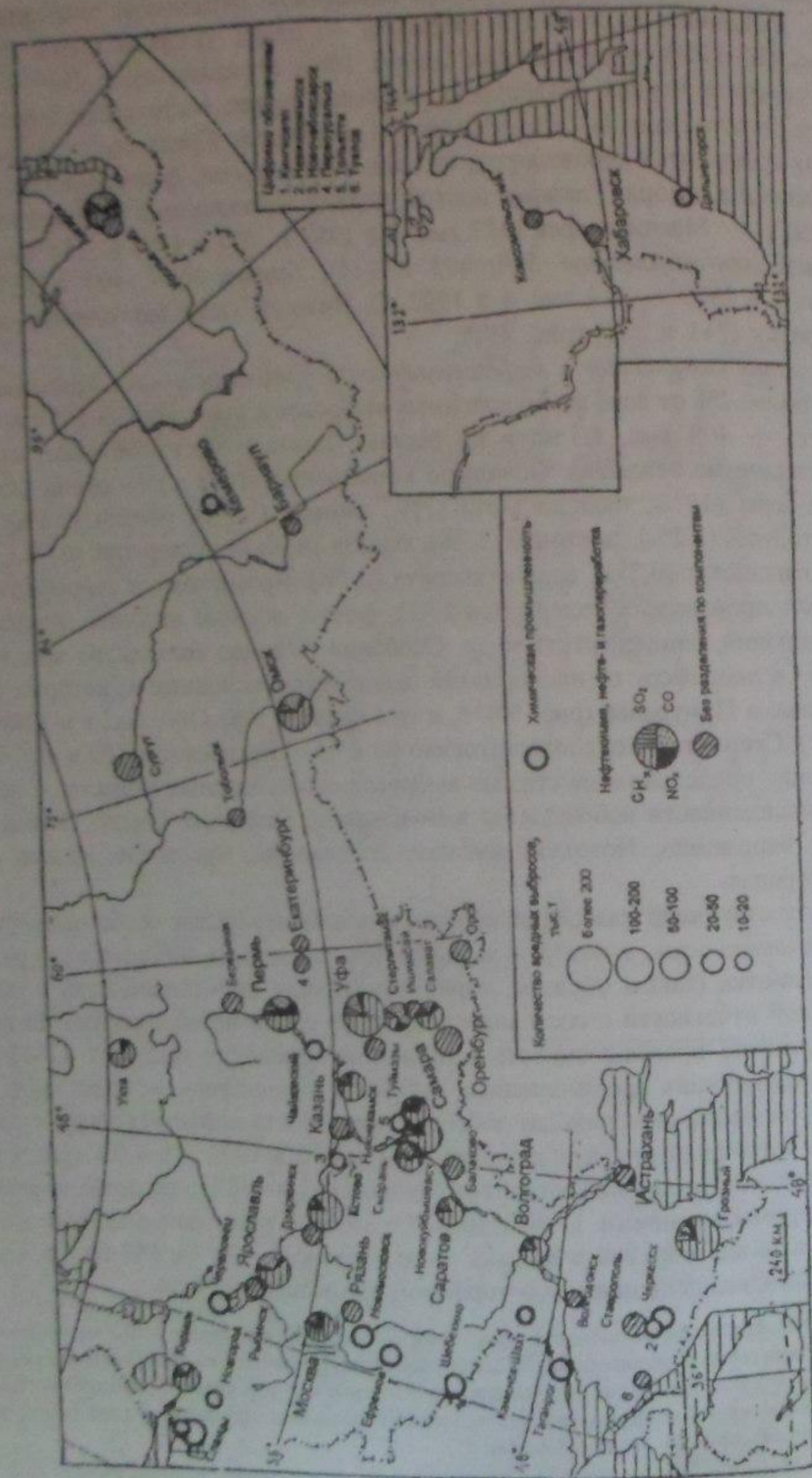


Рис. 50. Выбросы вредных веществ в атмосферу от предприятий химической и нефтехимической промышленности.

По структуре выбросов отдельные подотрасли топливной промышленности существенно различаются. Главные компоненты атмосферных выбросов нефтедобывающей промышленности — углеводороды (в 1993 г. 48%) и оксид углерода (33%). Ежегодно при добыче нефти в факелах сжигается более 7 млрд. м³ попутного газа, что составляет 20% от извлекаемого количества. Нефтеперерабатывающая промышленность выбрасывает углеводороды (73%), диоксид серы (17%), оксид углерода (7%), оксиды азота (2%). В отходах нефтепереработки содержится ряд особо опасных соединений, в том числе сероводород, аммиак, различные углеводороды, включая БАП, жирные кислоты и др. Основные центры нефтяного загрязнения относятся к Западно-Сибирской нефтегазодобывающей провинции; среди них район г. Кедровый (в 1993 г. 124 тыс. т), месторождения Лянторское (101 тыс. т), Мамонтовское (77 тыс. т), Талинское (50 тыс. т). Центры нефтепереработки обозначены на рис. 50. Наиболее загрязняющие из них (объем вредных выбросов в 1989 и 1993 гг., тыс. т) — Новокуйбышевск (171 и 156), Омск (141 и 84), Ярославль (138 и 81), Уфа (102 и 68), Кстово (112 и 64), Рязань (27 и 64), Кириши (77 и 61), Самара (66 и 60), Сызрань (77 и 57), Волгоград (81 и 57).

Газовая промышленность выбрасывает в атмосферу углеводороды, оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы. Статистика по газовой промышленности объединяет выбросы при добыче газа, его транспортировке и переработке. Серьезным источником загрязнения воздуха стали компрессорные станции на магистральных газопроводах. Одна такая станция ежегодно выбрасывает десятки тысяч тонн вредных веществ, в том числе до 90% углеводородов. В 1993 г. от них поступило в атмосферу только на территории Вологодской области около 1600 тыс. т загрязняющих веществ, в Удмуртии и Пермской области — около 130 тыс. т. Среди центров газопереработки выделяется г. Сосногорск в Республике Коми (вредные выбросы составили в 1989 г. 95 тыс. т, в 1993 г. — 61 тыс. т).

От угледобывающей промышленности в атмосферу поступают оксид углерода (до 40%), пыль (до 30% и более), диоксид серы (10–20%), оксиды азота (около 4%), а также сероводород, фтористые соединения и др. Основные центры приурочены к угольным бассейнам и обозначены на рис. 51.

От промышленности строительных материалов в атмосферу поступает 4–5% промышленных загрязнений. На производство цемента приходится 40% от загрязняющих выбросов всей отрасли. Главный компонент — пыль (более половины суммарных выбросов), в том числе цементная, асбестовая, известковая, магнезитовая, гипсовая, стеклянная. В атмосферу поступают также оксид углерода, оксиды азота, сероводород, формальдегид, толуол, бензол, оксиды кальция, магния, железа, мышьяк, ртуть, свинец, фтор и фтористые соединения, сажа (с БАП) и др. Особенно интенсивно пыль попадает в воздух (залповые выбросы) в результате взрывных работ при открытой добыче минерального сырья. Источники поступления вредных выбросов от добычи и обработки минеральных строительных материалов разбросаны по различным регионам (рис. 51).

Лесная и деревообрабатывающая промышленность, которая служит одним из главных загрязнителей поверхностных вод, вносит относительно небольшой вклад в загрязнение атмосферы (2–3%), причем почти половина приходится на целлюлозно-бумажное производство. Основные компоненты выбросов — твердые вещества, оксид углерода, диоксид серы (по 27–30%), а также оксиды азота (около 8%). В составе выбросов

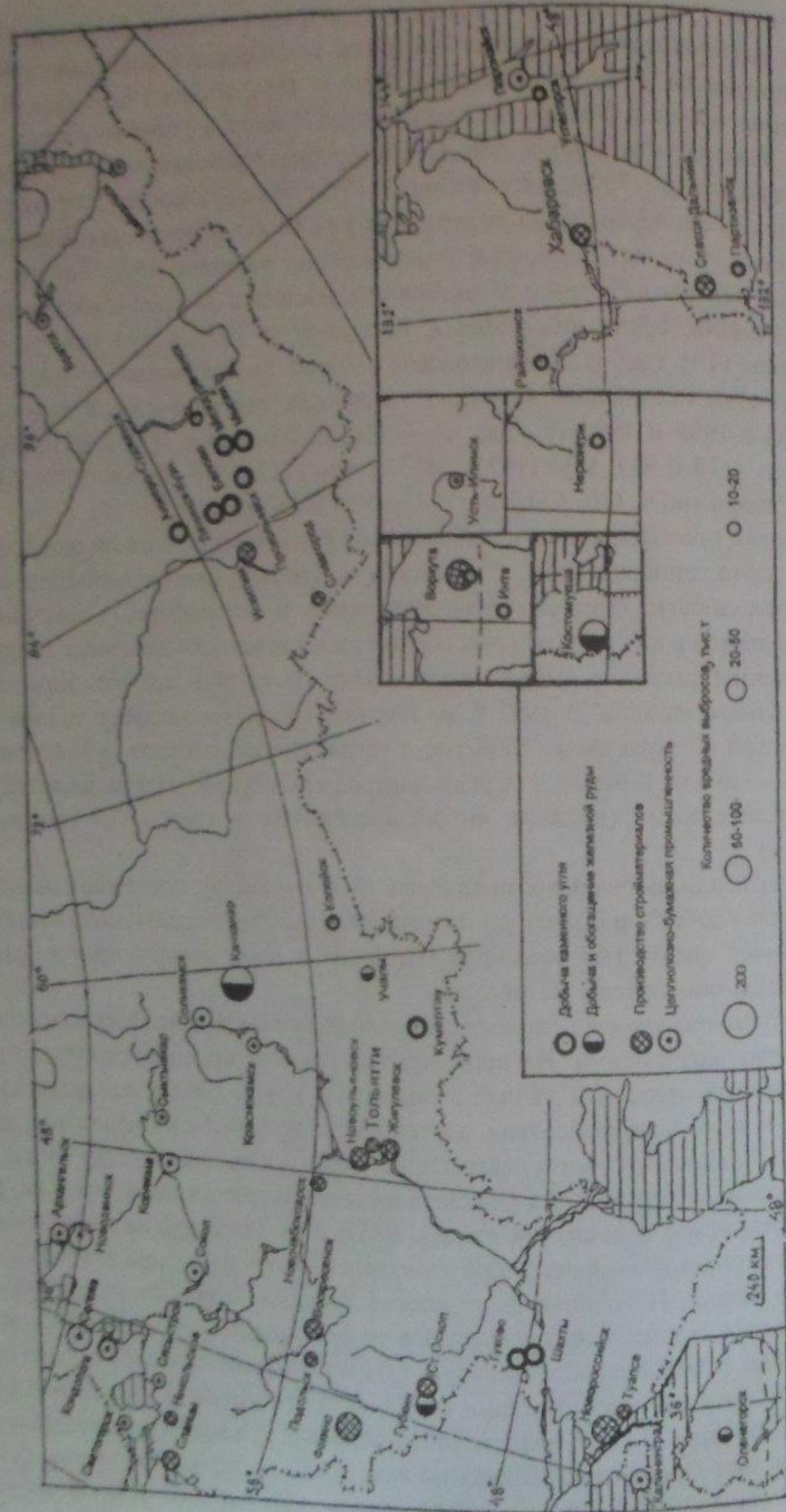


Рис. 51. Выбросы вредных веществ в атмосферу от предприятий горнодобывающей, строительной и целлюлозно-бумажной промышленности

присутствуют толуол, сероводород, ацетон, ксилол, бутилацетат, этилацетат, метилмеркаптан, формальдегид и другие опасные примеси. Главные центры целлюлозно-бумажной промышленности расположены на севере ЕТР (рис. 51), крупнейший загрязнитель атмосферы — ЦБК в Новодвинске (92 тыс. т в 1989 г., 48 тыс. т в 1993 г.).

На долю машиностроения и металлообработки приходится около 4% выбросов от всех стационарных источников. Основные компоненты выбросов — оксид углерода (35–40%), диоксид серы (более 20%), пыль (более 20%), оксиды азота (около 10%). Основные загрязнители — литейные, окрасочные, гальванические цеха. Окрасочные цеха выбрасывают толуол, ксилол, фенол, формальдегид и др. От различных производств в атмосферу поступают также ацетон, бензин, аммиак, серная кислота, бензол, марганец, хром, свинец, никель, ртуть и др. Предприятия машиностроения и металлообработки распространены повсеместно и имеются почти во всех значительных городах, но в суммарных выбросах крупных промцентров их доля, как правило, сравнительно невелика.

Из других загрязняющих отраслей следует отметить *микробиологическую промышленность*. В 1993 г. ее предприятия выбросили в атмосферу 68 тыс. т вредных веществ, в 1994 г. — 48 тыс. т, в том числе диоксид серы, диоксид азота, уксусную кислоту, аммиак, ацетон, серную кислоту, формальдегид, пыль белково-витаминного концентрата (1,5 тыс. т в год). Центры загрязнения — Кириши, Благовещенск, Кстово, Ангарск, Светлогорск.

От предприятий *легкой промышленности* в атмосферу поступает относительно небольшое количество диоксида серы, оксида углерода, пыли, оксидов азота, а также бензин, этилацетат, аммиак, ацетон, толуол, сероводород и др.

Как уже отмечалось, крупнейшим загрязнителем атмосферного воздуха служит *автотранспорт*, причем его доля в последние годы значительно возросла в связи с бурным стихийным ростом автомобильного парка (ежегодно на 1,3 млн. единиц) на фоне небывалого спада производства. К сожалению, учет выбросов автотранспорта отличается крайним несовершенством и данные разных источников сильно расходятся. Согласно «Государственному докладу...» (1992, 1994), в 1991 г. автотранспорт страны выбросил в атмосферу 22 млн. т загрязняющих веществ, в 1993 г. — 19 млн. т, а по данным ежегодников по загрязнению атмосферы и обобщающему «Информационно-экологическому справочнику...» (1998) тот же показатель за каждый из указанных годов составил всего лишь 17,3 млн. т (см. табл. 23). К настоящему времени государственная статистика учитывает только выбросы автотранспорта ведомственного подчинения и не принимает во внимание индивидуальный транспорт. Поэтому из-за сокращения грузовых и пассажирских перевозок и уменьшения потребления топлива официальная статистика показывает снижение атмосферных выбросов от автотранспорта. Между тем неучитываемая доля растущего индивидуального транспорта достигает 70–80%. По расчетам НИИ защиты атмосферы доля выбросов индивидуального автотранспорта в суммарном выбросе автотранспорта в С.-Петербурге составила в 1996 г. 66,6% (Информационно-экологический справочник..., 1998).

Учет вклада личного транспорта в загрязнение воздуха существенно меняет сложившиеся представления о структуре и динамике вредных атмосферных выбросов за последние годы. Это можно показать на примере С.-Петербурга (табл. 25), где с сере-

длины 80-х годов можно наметить три отрезка времени по значениям показателей загрязнения атмосферы. Первый (1986–1988 гг.)* характеризуется наиболее высокими абсолютными величинами всех параметров. На втором отрезке (1989–1994 гг.) цифры таблицы показывают устойчивое снижение всех составляющих, причем снижение вклада автотранспорта происходило опережающими темпами и его доля уменьшалась. На третьем отрезке (1995–1997 гг.) произошло как бы скачкообразное увеличение абсолютных и относительных показателей по автотранспорту и за счет этого резкое увеличение суммарных выбросов, хотя выбросы промышленности продолжали устойчиво сокращаться. Нетрудно понять, что «скачок» 1994 г. лишь кажущийся и обусловлен исключительно введением с этого года поправки на личный автотранспорт. Приведенный пример — единственный в своем роде, и, рассматривая проблемы загрязнения воздушного бассейна страны автотранспортом, мы вынуждены пользоваться сугубо условными, заведомо заниженными показателями.

Таблица 25. Динамика показателей выброса вредных веществ в атмосферу в С.-Петербурге с 1986 по 1997 г.

Источник выбросов	1986	1987	1989	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Промышленность, тыс. т	261,5	260,9	191,5	180,6	150,9	127,6	104,0	77,9	70,8	68,1
Автотранспорт, тыс. т	365,8	371,9	280,6	226,6	169,8	102,0	95,3	194,9	203,7	238,3
Всего, тыс. т	627,3	632,8	472,1	407,2	320,7	229,6	199,3	272,8	274,5	306,4
Доля автотранспорта, %	58	59	59	56	53	44	48	71	74	78

Однако даже при отмеченной заниженности показателей автотранспортного загрязнения во многих крупных городах этому фактору принадлежит определяющая роль в формировании качества воздушной среды. Так, доля автотранспорта в суммарных атмосферных выбросах всех источников за последнее десятилетие составила в Москве 64–77%, в С.-Петербурге — 58–74% (с учетом поправок за последние годы), в Ростове-на-Дону — 73–92%, Воронеже — 60–86%, Краснодаре — 60–88%. В 1993 г. превышение автотранспортных выбросов над промышленными отмечалось в 150 городах.

Основные ингредиенты автотранспортных выбросов — оксид углерода (78–79%), углеводороды (14–16%) и диоксид азота (5–8%). Среди особо опасных примесей следует отметить свинец, а также БАП. В 1993 г. от автотранспорта в атмосферу поступило более 5,5 тыс. т высокотоксичных соединений свинца. Применение свинецсодержащих присадок к моторному топливу грозит дальнейшим увеличением выбросов свинца.

На рис. 52 показаны города, в которых выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в 1989 г. превысили 10 тыс. т. Приведем сравнительные данные для крупнейших центров за 1986 и 1996 гг. (тыс. т): Москва — 802 и 586, С.-Петербург — 366 и 204, Омск — 149 и 91, Нижний Новгород — 139 и 40, Краснодар — 132 и 103, Уфа — 131 и 115, Новосибирск — 130 и 74, Волгоград — 121 и 74, Самара — 117 и 78, Челябинск — 113 и 54, Кемерово — 107 и 44, Ростов-на-Дону — 106 и 121, Красноярск — 104 и 46, Воронеж — 96 и 118. Остается добавить, что все сказанное

* В табл. 25 для краткости данные за 1988 и 1990 гг. опущены.

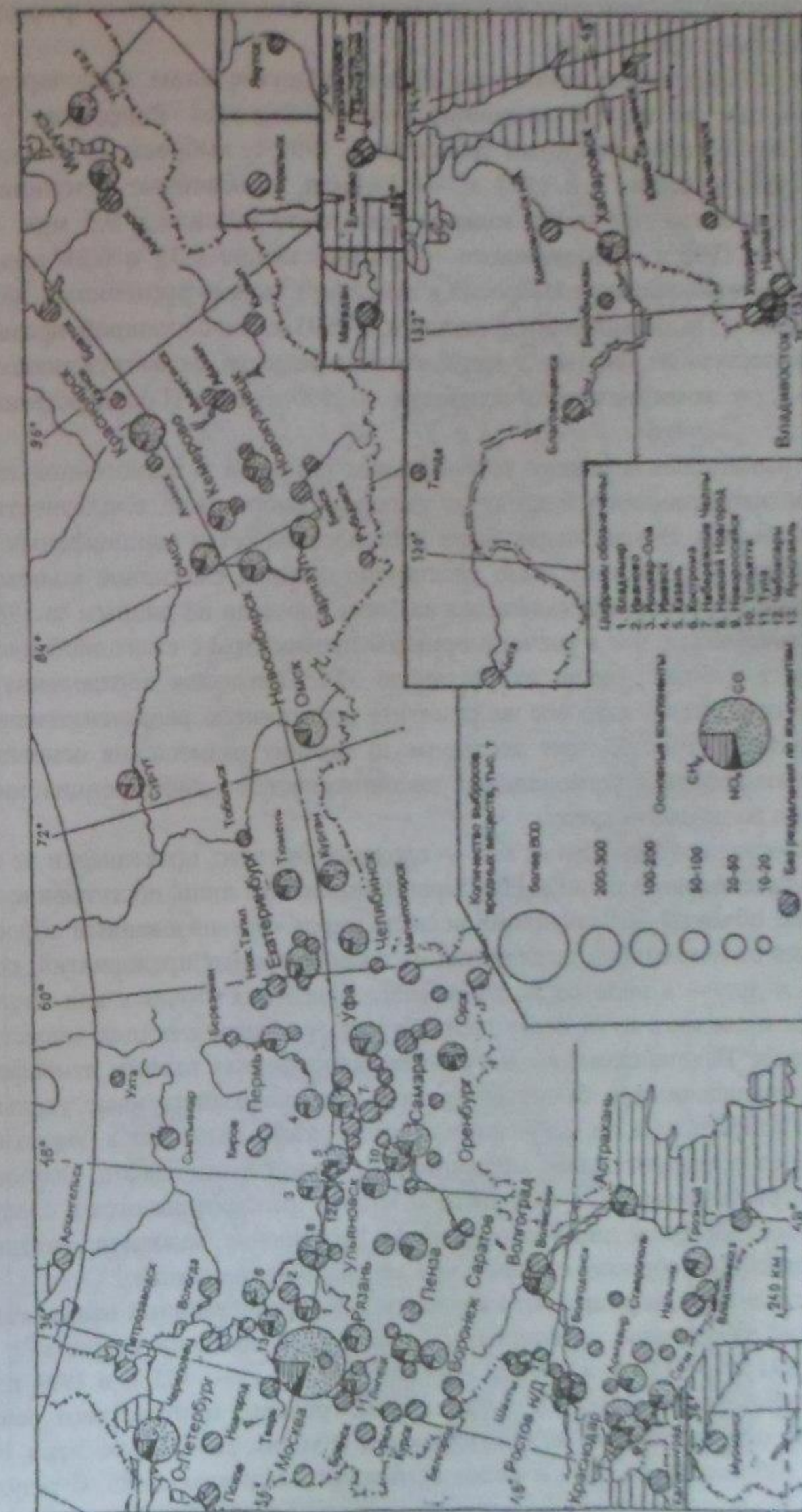


Рис. 52. Выбросы вредных веществ в атмосферу от автотранспорта.

ранее о качестве информации по автотранспортным выбросам сохраняет свою силу и для приведенных здесь цифр.

Вклад в загрязнение атмосферы вносят и другие виды транспорта, хотя в этом отношении они не идут в сравнение с автомобильным. Ранее уже упоминалось о газопроводах. Железнодорожный транспорт в 1991 г. выбросил в атмосферу 6 млн. т загрязняющих веществ, а в 1993 г. — 3,6 млн. т; основные источники загрязнения (90%) — тепловозы. На долю водного транспорта пришлось 0,5 млн. т в 1991 г. и 0,42 млн. т в 1993 г., авиационного — соответственно 0,35 и 0,38 млн. т. Данные о других источниках вредных выбросов в атмосферу можно расценивать лишь как весьма приближенные. По официальным оценкам в 1993 г. от оборонной промышленности в атмосферу поступило 100 тыс. т загрязняющих веществ, от вооруженных сил — около 600 тыс. т, от коммунального хозяйства — 590 тыс. т (Государственный доклад... 1994).

Для сравнительной оценки региональных различий в техногенной нагрузке на атмосферу можно применить показатель удельных выбросов, т. е. плотности выбросов на единицу площади. В этих целях была использована сетка ландшафтных мезорегионов и для каждого мезорегиона было рассчитано среднее ежегодное количество вредных атмосферных выбросов, приходящееся на 1 км² площади по данным за 1989 г. (рис. 53). Следует оговориться, что в расчеты приняты промцентры с ежегодной массой выбросов от 10 тыс. т и более; число их составило 326. Признавая определенную условность принятого показателя, надо все же отметить достаточную репрезентативность полученных результатов. Рис. 53 дает достоверную картину размещения основных очагов загрязнения атмосферы и региональных закономерностей в дифференциации техногенных нагрузок на воздушную среду.

Загрязнение поверхностных вод — сложный процесс, практически не поддающийся точной количественной оценке. Регулярно учитывается лишь поступление в поверхностные водные объекты загрязняющих веществ через «организованный сброс», т. е. непосредственно от источников загрязнения — промышленных предприятий, коммунального хозяйства и др. — в виде сосредоточенного отведения сточных вод. Значительно разнообразнее и сложнее пути поступления в водоемы загрязняющих веществ с водосборной площади. Источниками их могут быть атмосферная пыль и атмосферные осадки, свалки промышленных и бытовых отходов, сельскохозяйственные угодья и животноводческие комплексы и др. Загрязнители этой группы попадают в поверхностные воды, пройдя через предварительные миграционные звенья в ландшафте. Особенности техногенной миграции веществ, в том числе и водной, рассматриваются в следующей главе, здесь же мы коснемся лишь тех аспектов загрязнения водоемов, которые связаны с непосредственным сбросом сточных вод из «первоисточников».

В последние годы общее потребление воды в хозяйственных целях стало снижаться. Суммарный забор воды из природных источников составил (млрд. м³): в 1990 г. — 116,3, в 1991 г. — 117,0, в 1992 г. — 110,7, в 1993 г. — 105,2, в 1994 г. — 96,2. Эти цифры эквивалентны 2,7–2,3% от величины среднего многолетнего речного стока с территории страны. Однако из некоторых рек (Кубань, Дон, Терек, Урал, Исеть, Миасс) ежегодно забирается до 50% и более суммарного годового стока. В результате утечки воды при транспортировке, фильтрации, испарения, несовершенства технологических

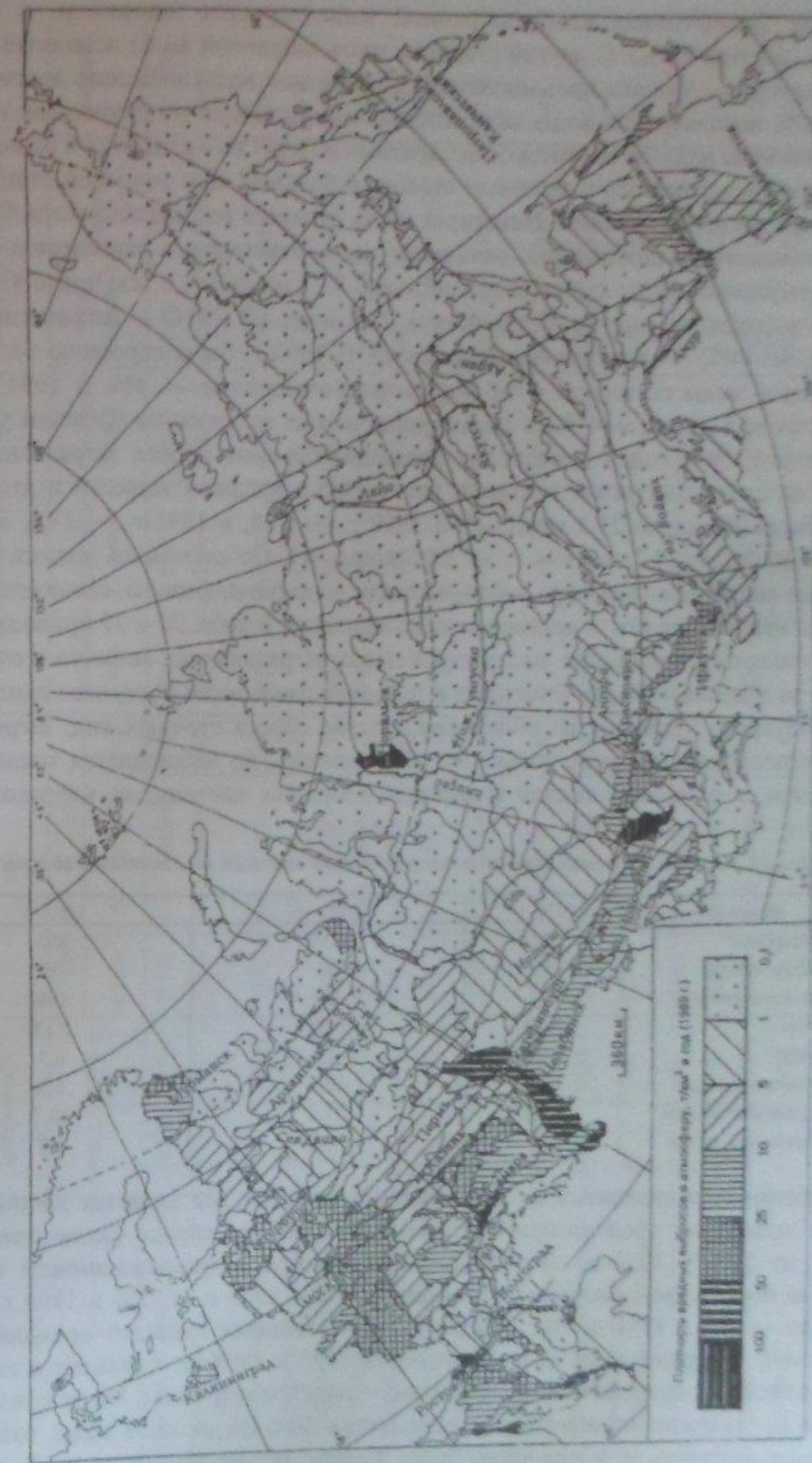


Рис. 53. Плотность вредных выбросов в атмосферу по ландшафтным мезорегионам.

процессов значительная часть забранной воды теряется (например, в 1991 г. — 9,1 млрд м³, или 7,8%). С другой стороны, часть забранной воды используется повторно, в некоторых отраслях промышленности оборотное водоснабжение достигает 80% и только 20% используемой воды забирается непосредственно из природных источников. Используемая вода (за вычетом безвозвратных потерь) возвращается в водные объекты в виде производственных и бытовых стоков, в большей или меньшей степени загрязненных вредными примесями. Некоторая часть сточных вод сбрасывается без очистки, другая очищается недостаточно, остальная часть относится к нормативно-чистым. В 1991 г. суммарный сброс сточных вод составил 73,2 млрд м³, в том числе 42,3 млрд м³ (58%) — нормативно-чистые (без очистки), 28,0 млрд м³ (38%) — загрязненные и лишь 2,9 млрд м³ (4%) — нормативно-очищенные. В 1993 г. было сброшено 68,2 млрд м³, загрязненные воды составили 40%, нормативно-очищенные — 4%. В 1994 г. доля загрязненных вод достигла 41%, а нормативно-чистых осталась на прежнем уровне.

С начала 90-х годов происходит снижение объемов сброса загрязненных стоков (хотя и не столь быстрыми темпами, как выброса вредных веществ в атмосферу): в 1989 г. было сброшено 27,1 млрд м³, в 1990 г. — 27,8, в 1991 г. — 28,9, в 1992 г. — 27,1, в 1993 г. — 27,2, в 1994 г. — 24,6 млрд м³. Со сточными водами в водоемы поступают соединения фосфора, азота, хлориды, сульфаты, фенолы, соединения тяжелых металлов, нефтепродукты и другие вредные вещества. В табл. 26 и 27 приводятся данные о сбросе некоторых наиболее распространенных загрязняющих веществ в составе сточных вод за отдельные годы. Ежегодно в поверхностные воды поступает около 30 тыс. т нефтепродуктов. Несмотря на общее сокращение сброса сточных вод, загрязнение водоемов в последние годы не только не уменьшилось, но наблюдается тенденция к его увеличению, в частности за счет сульфатов, хлоридов, пестицидов, нитратов и др.

Таблица 26. Сброс в водоемы основных загрязняющих веществ со сточными водами (тыс. т)

Вещества	1990 г.	1992 г.	1993 г.
Вещества	1203	1090	883
Фосфор общий	55	60	55
Азот аммонийный	191	187	160
Фенол	0,30	0,22	0,13
СПАВ	11,0	8,9	6,5
Соединения меди	0,8	0,9	0,8
Соединения железа	49,2	51,2	48,7
Соединения цинка	2,1	1,6	1,2

Главным «производителем» загрязненных сточных вод является жилищно-коммунальное хозяйство, доля которого в суммарном объеме сброса увеличилась с 44% в 1991 г. до 51% в 1994 г. за счет сокращения сброса промышленности и сельского хозяйства (вклад промышленности составил 38% в 1993 г. и 35% в 1994 г., сельского хозяйства — 17 и 13% соответственно). Роль основных отраслей промышленности в загрязнении поверхностных вод на примерах 1993 и 1994 гг. отражена в табл. 27.

Крупнейший потребитель чистой воды — электроэнергетика. На ее нужды (главным образом на охлаждение агрегатов) расходуется 30–31% от всей воды, забираемой из природных источников, в том числе более 4 млрд м³ морской воды (на Ленинградской

Таблица 27. Забор чистой воды и сброс загрязненных сточных вод по отраслям хозяйства в 1993 и 1994 гг.

Отрасль хозяйства	Забор воды из водных источников, млн м ³		Сброс загрязненных сточных вод				Сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод в 1994 г.							
	1993 г.		1994 г.		1993 г.		1994 г.		сульфаты, тыс. т	хлориды, тыс. т	фосфор общий, т	азот общий, т	азот аммонийный, т	нитраты, т
	млн м ³	%	млн м ³	%	млн м ³	%	млн м ³	%						
Российская Федерация, всего	105200	96255	27241	100	24642	35,0	100	3746	8775	44876	62628	129935	137102	45445
Промышленность	46000	44827	10100	37,7	8619	35,0	35,0	2294	7099	9056	14007	29593	45445	45445
В том числе:														
Энергетика	32400	29192	1320	4,8	1246	5,1	5,1	928	4798	322	306	851	1794	1794
Нефтедобывающая	1002	962	25	0,1	30	0,1	0,1	4	6	83	71	125	432	432
Нефтеперерабатывающая	...	503	281	1,0	225	0,9	0,9	106	57	790	1617	1066	3352	3352
Угольная	...	1208	664	2,4	649	2,6	2,6	397	89	81	207	726	1123	1123
Черная металлургия	1690	1822	855	3,1	720	2,9	2,9	75	164	587	648	1385	1769	1769
Цветная металлургия	1263	1535	538	2,0	514	2,1	2,1	146	740	574	738	1120	1047	1047
Химическая и нефтехимическая	2222	2062	2069	7,6	1524	6,2	6,2	266	913	1616	5531	6526	23153	23153
Машиностроение и металлообработка	3500	2875	950	3,5	843	3,4	3,4	73	67	1820	906	3163	7664	7664
Целлюлозно-бумажная	2300	1843	2015	7,4	1540	6,3	6,3	134	93	682	1827	6128	967	967
Промышленность строительных материалов	582	391	157	0,6	137	0,6	0,6	15	13	182	202	523	350	350
Легкая	502	275	251	0,9	201	0,8	0,8	25	29	340	119	685	953	953
Пищевая	1398	893	208	0,9	174	0,7	0,7	17	41	634	282	991	371	371
Сельское хозяйство	34300	31050	4520	16,6	3165	12,8	12,8	482	373	3477	1425	6024	4140	4140
Транспорт	...	4229	135	0,5	0,5	6	10	270	495	818	374	374
Жилищно-коммунальное хозяйство	14600	15761	12170	44,7	12605	51,2	51,2	961	1287	31910	46668	92910	87048	87048

АЭС). Доля этой отрасли в общем сбросе загрязненных сточных вод равна 5–6%. В составе загрязнителей — взвешенные вещества, нефтепродукты, хлориды, сульфаты, соединения тяжелых металлов, сероводород, капролактан, формальдегид и др. Главные источники загрязнения водных объектов — тепловые электростанции в Ангарске (262 млн м³ в 1992 г.), Дзержинске (222 млн м³), Уруссу (154 млн м³), Самаре (129 млн м³) и др.

От предприятий топливного комплекса в поверхностные водоемы поступают высокоминерализованные шахтные воды с большим содержанием железа, взвешенных веществ, сульфатов, хлоридов и др., а также отходы нефтепереработки, в том числе нефтепродукты, сульфаты, хлориды, соединения азота, фенолы, соли тяжелых металлов. В сточных водах металлургических предприятий присутствуют взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, соединения железа, тяжелых металлов. Особенно много токсичных веществ (в том числе цианиды, ксантогинаты, соли меди, цинка, свинца, никеля, мышьяк, фтор, ртуть и др.) содержится в сточных водах предприятий цветной металлургии. Один из крупных центров сброса загрязненных сточных вод — Норильский горно-металлургический комбинат (в 1992 г. — 108 млн м³, в 1993 г. — 132 млн м³).

Среди всех отраслей промышленности наибольший вклад в загрязнение водоемов вносят целлюлозно-бумажная и химическая с нефтехимической. На каждую из этих двух отраслей приходится примерно равные доли в суммарном сбросе загрязненных сточных вод от всех источников — более 6–7% (табл. 27). Со сточными водами химических и нефтехимических предприятий в открытые водоемы поступают нефтепродукты, взвешенные вещества, азот общий, аммиак, нитраты, нитриты, хлориды, сульфаты, фосфор общий, цианиды, роданиды, кадмий, кобальт, марганец, медь, никель, ртуть, свинец, хром, цинк, сероводород, сероуглерод, спирты, бензол, формальдегид, фурфурол, фенолы, СПАВ, карбамид, пестициды. Крупнейшие центры этой отрасли (сброс загрязненных сточных вод в 1992 г., млн м³) — Омск (244), Ангарск (222), Новочебоксарск (110), Грозный (106), Дзержинск (106), Усолье-Сибирское (100), Новомосковск (99).

Целлюлозно-бумажная промышленность отличается высокой водоемкостью, низким уровнем очистки сточных вод, большим содержанием в них наряду с обычными ингредиентами (нефтепродукты, сульфаты, хлориды, фосфор и др.) специфических токсичных примесей, в том числе фенолов, формальдегида, метанола, фурфурола, диметилсульфида, диметилдисульфида, лигносульфонатов, скипидара. В таежных ландшафтах Европейской России целлюлозно-бумажные комбинаты служат главнейшими источниками загрязнения рек и озер, основные из них расположены в Коряжме (в 1992 г. сброшено 245 млн м³ загрязненных сточных вод), Новодвинске (239 млн м³), Сыктывкаре (121 млн м³), Краснокамске (110 млн м³), Светогорске (94 млн м³). На юге Сибири и Дальнего Востока крупнейшими загрязнителями поверхностных вод являются лесопромышленные комплексы в Братске (293 млн м³) и Усть-Илимске (101 млн м³) и целлюлозно-картонный комбинат в Амурске (83 млн м³).

Машиностроение и металлообработка также относятся к водоемким производствам, однако по интенсивности сброса загрязненных сточных вод уступают ряду других отраслей (табл. 27). В сточных водах предприятий присутствуют нефтепродукты, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества, цианиды, соединения азота, железа, меди, цинка, никеля, хрома, молибдена, кадмия и др. Наиболее значительный центр загрязнения

поверхностных вод в этой отрасли — КАМАЗ в г. Набережные Челны — сбросил в 1993 г. 186 млн м³ загрязненных сточных вод. Другие существенные источники — ЗИЛ, Москва (43 млн м³), Уральский автозавод, Миасс (19 млн м³), ВАЗ, Тольятти (19 млн м³), машиностроительные заводы г. Заволжье Нижегородской области (16 млн м³), ГАЗ, Нижний Новгород (19 млн м³).

Сельское хозяйство является самым крупным потребителем воды, забираемой из природных источников (в 1993 г. — 33%, в 1994 г. — 32%). В 1993 г. на сельскохозяйственные цели было забрано 34,3 млрд м³ воды, при этом до 17% ее теряется при транспортировке; на орошение было использовано 13 млрд м³. Сброс сточных вод составил 14,5 млрд м³, в том числе 13,2 млрд м³ поступило в водоемы, а остальное — в поверхностные впадины и пруды-накопители; объем загрязненных сточных вод оценивается в 4520 млн м³. В 1994 г. сельским хозяйством было сброшено 9508 млн м³ сточных вод, из них 3165 млн м³ загрязненных. Значительная часть сточных вод поступает с орошаемых земель (в 1991 г. — 7,7 млрд м³, в последующие годы — существенно меньше), формально они относятся к нормативно-чистым, но фактически в основном загрязнены ядохимикатами и пестицидами.

Жилищно-коммунальное хозяйство, как уже отмечалось, дает до половины и более объема загрязненных сточных вод, сбрасываемых в водоемы страны. В отличие от других водопотребителей оно почти не возвращает в водоемы очищенную воду. Так, в 1991 г. из 13 569 млн м³ сброшенных сточных вод на долю загрязненных приходилось 12 305 млн м³, т. е. 90,7%, а в 1994 г. соответствующие показатели составили 13 745, 12 605 млн м³, 91,7%. На долю жилищно-коммунального хозяйства в 1994 г. приходилось 75% от суммарного сброса в водоемы азота общего, 72% — азота аммонийного, 71% — фосфора общего, 63% — нитратов, 26% — сульфатов, 15% — хлоридов.

На рис. 54 показаны главные центры загрязнения поверхностных вод (со среднегодовым объемом сброса загрязненных сточных вод более 100 млн м³ в 1992–1994 гг.) и удельный сброс загрязненных сточных вод по ландшафтным мезорегионам. Последний показатель получен как величина среднего объема сброса на 1 км² для территории соответствующего региона.

Средняя российская «норма» сброса загрязненных сточных вод на душу населения близка к 200 м³ в год (в 1993 г. — 185 м³). Однако в больших городах этот показатель, как правило, выше; почти для всех городов-миллионеров он находится в пределах 200–300 м³, выходя за них лишь в С.-Петербурге (около 340 м³) и Самаре (324 м³); для Москвы он равен около 270 м³. Наиболее же резко отклоняются от среднего величины удельного сброса загрязненных сточных вод на одного жителя в крупных промышленных центрах с преобладанием загрязняющих производств. В Коряжме рассматриваемый показатель равен (данные 1993 г.) 5,8 тыс. м³, в Новодвинске — 4,3 тыс. м³, Ангарске — 2,0 тыс. м³, Братске — 1,3 тыс. м³. Таким образом, среди крупнейших центров сброса загрязненных сточных вод оказываются как наиболее населенные города с бесспорными лидерами — Москвой (суммарный ежегодный сброс около 2,4 млрд м³) и С.-Петербургом (1,5 млрд м³), так и некоторые средние и даже малые города с развитым промышленным производством. В списке центров загрязнения вод Ангарск уступает только Москве и С.-Петербургу (529 млн м³), Братск занимает

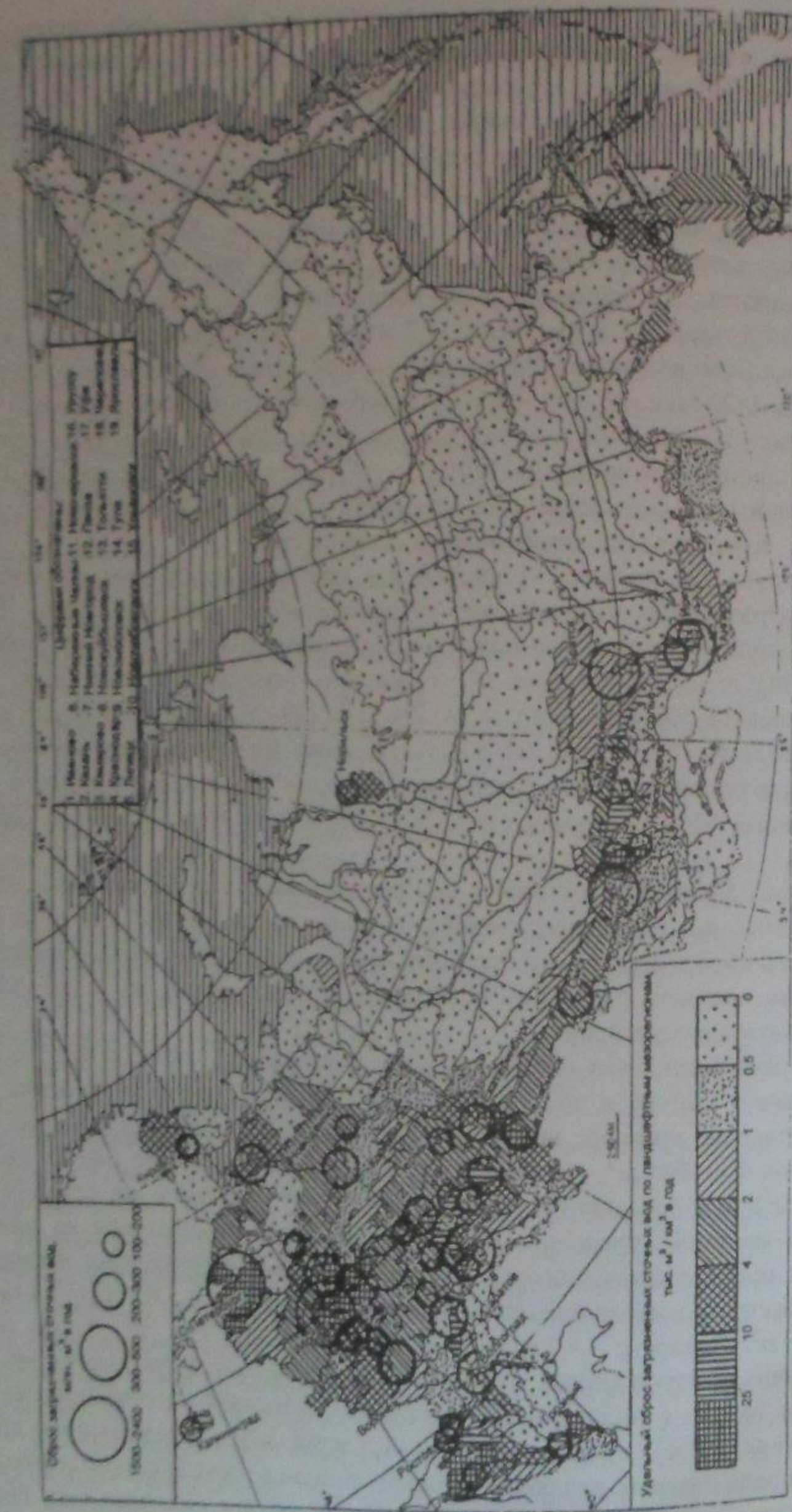


Рис. 54. Загрязнение поверхностных вод.

7-е место (326 млн. м³), Коряжма — 14-е (246 млн. м³), Новодвинск — 19-е (214 млн. м³).

Что касается удельного сброса загрязненных сточных вод с единицы площади (рис. 54), то в этом отношении наиболее интенсивными нагрузками выделяются высокоурбанизированные индустриальные территории (Волго-Окская подтаежная провинция, северостепное Низкое Заволжье, подтаежное и лесостепное Зауралье, Кузнецкая котловина и др.), а также районы орошаемого земледелия (главным образом Предкавказье), где плотность сброса загрязненных сточных вод достигает 50–60 тыс. м³/км² в год.

К первичным реципиентам, принимающим на себя антропогенную геохимическую нагрузку, наряду с атмосферой и водоемами относится почва. На поверхность почвы непосредственно поступают многообразные по происхождению и составу отходы производства и потребления. Данные об их количестве недостаточно точны. К 1991 г. объем накопленных твердых отходов (без осадков от очистных сооружений и без хвостохранилищ) оценивался приблизительно в 50 млрд. м³, а ежегодное увеличение их — более чем в 4,5 млрд. т. По данным на 1994 г. в отвалах, специализированных полигонах и хранилищах, на свалках накопилось около 80 млрд. т твердых отходов производства и потребления, в том числе более 1,1 млрд. т токсичных промышленных отходов. Только в 1993 г. образовалось 122,4 млн. т промышленных токсичных отходов, из них I класса опасности 0,18, II — 1,6, III — 6,4, IV — 114,2 млн. т. Использовано в собственном производстве 27,1 млн. т, полностью обезврежено 4,3, передано другим предприятиям для использования и обезвреживания 29 млн. т. К I классу опасности относятся отходы гальванического производства, отходы, содержащие ртуть, хлор и хлорорганические соединения, хром и др.

Небольшая часть твердых промышленных отходов вывозится на специализированные полигоны, в основном же они складываются на открытых свалках, зачастую несанкционированных (самовольных), практически остающихся вне контроля за составом вывозимых отходов и соблюдением технических требований к складированию и обезвреживанию. Утилизируется и обезвреживается небольшая часть поступающих отходов, например в химии и нефтехимии только 30% из ежегодно поступающих 125 млн. т. За последние годы почти не вводились установки для утилизации и переработки отходов производства, не существует вполне оборудованных предприятий для обезвреживания токсичных отходов. На многочисленных свалках накапливаются золошлаковые смеси тепловых электростанций, металлический лом, строительный, древесный, пластмассовый и другой мусор, отходы пищевой промышленности, частично также жидкие материалы (отработанные нефтепродукты и др.). В загрязнении земной поверхности и почвы растет доля отходов автотранспорта. Так, в 1993 г. от него поступило на свалки 1452 тыс. т металлического лома, 720 тыс. т отходов резины, 315 тыс. т отработанного масла и нефтепродуктов.

В предыдущей главе уже отмечалось, что одним из источников загрязнения земной поверхности служат отвалы вскрышных пород и хвостохранилища, появляющиеся при добыче и обогащении полезных ископаемых. Ежегодно в городах образуется 130–140 млн. м³ твердых бытовых отходов (ТБО) и лишь 3–5% уничтожается или перерабатывается на 7 мусоросжигательных и 2 мусорперерабатывающих заводах. На этих заводах установлено в основном импортное оборудование, и отсутствие запасных частей

существенно затрудняет их работу. Более 70% ТБО накапливается на несанкционированных свалках.

В результате очистки канализационных и водопроводных вод на специальных иловых площадках вблизи городов, занимающих площадь 1740 га, накопилось около 200 млн. т иловых осадков (по сухому весу). В 1991 г. только 15% осадков обрабатывалось в 46 цехах механического обезвреживания, из которых лишь 9 работали стабильно. В систему коммунальной канализации сбрасывают сточные воды около 70% промышленных предприятий, поэтому после очистки в осадке остаются соли тяжелых металлов, хлоритые вещества, специфические химические соединения, что усугубляет проблему утилизации осадков.

Специфическая форма загрязнения земной поверхности связана с падением отдельных частей ракет-носителей и компонентов высокотоксичного ракетного топлива. Под полигоны падения отходов запуска ракет-носителей выделена территория площадью 28 950 тыс. га без прекращения на ней хозяйственной деятельности.

Непосредственно в почву, а нередко также и в грунтовые воды попадает часть жидких отходов производства. Один из источников — многолетние накопители отходов, в том числе химических и нефтехимических предприятий (в Ангарске, Ставрополе, Стерлитамаке, Кемерово и др.). Причиной загрязнения подземных вод может служить размыв отвалов твердых отходов, например золошлаковых при тепловых электростанциях (в Курске, Нижнем Новгороде, Партизанске, Конаково).

Повсеместно распространено локальное загрязнение почвы нефтепродуктами и горюче-смазочными материалами, используемыми транспортными средствами (в том числе и оборонной техникой).

Наиболее ощутимый локальный экологический эффект загрязнения почв и подземных вод связан с залповыми выбросами при авариях в промышленности и на транспорте. Особо высокой аварийностью отличаются нефтепроводы. В 1991 г. из-за аварий на них было потеряно более 1 млн. т нефти, в результате прорыва 42 трубопроводов пострадали от загрязнения 29 водных объектов. В 1993 г. зарегистрировано 57 аварий на магистральных нефте- и газопроводах, сопровождавшихся пожарами и загрязнением больших площадей. Только на нефтепроводе Красноярск-Иркутск разлилось 25 тыс. м³ нефти и было выведено из оборота 33 га плодородных земель. В 1994 г. самая крупная авария на нефтепроводе произошла севернее г. Усинска (Республика Коми), утечка десятков тысяч тонн нефти привела к загрязнению значительной территории. Аварии на железных дорогах, главным образом из-за неисправности вагонов и цистерн, нередко сопровождаются локальным загрязнением территории нефтепродуктами, сжиженным газом, кислотами и другими опасными химическими веществами. Водный транспорт не является исключением и может служить источником загрязнения водоемов, в особенности нефтепродуктами, в том числе и морей (в 1991 г., например, отмечено 7 случаев нефтяного загрязнения морей).

О некоторых аспектах сельскохозяйственного загрязнения почв уже упоминалось в предыдущей главе. Напомним, что главные факторы — неудовлетворительное хранение и избыточное внесение минеральных удобрений и пестицидов, накопление отходов животноводческих ферм и птицефабрик. В 1991 г. пестициды были использованы на площади 81 млн. га, а в 1993 г. — 33 млн. га, при этом подлежало обезвреживанию

13,4 тыс. т пестицидов. Из 140–150 млн. т навозных и пометных стоков, накапливаемых ежегодно, 1/3 сбрасывается на прилегающие земли и частично попадает в поверхностные и подземные воды. К этому следует добавить биологические отходы — убитые и погибшие сельскохозяйственные животные, отходы производства мяса и др., оцениваемые 0,5 млн. т в год.

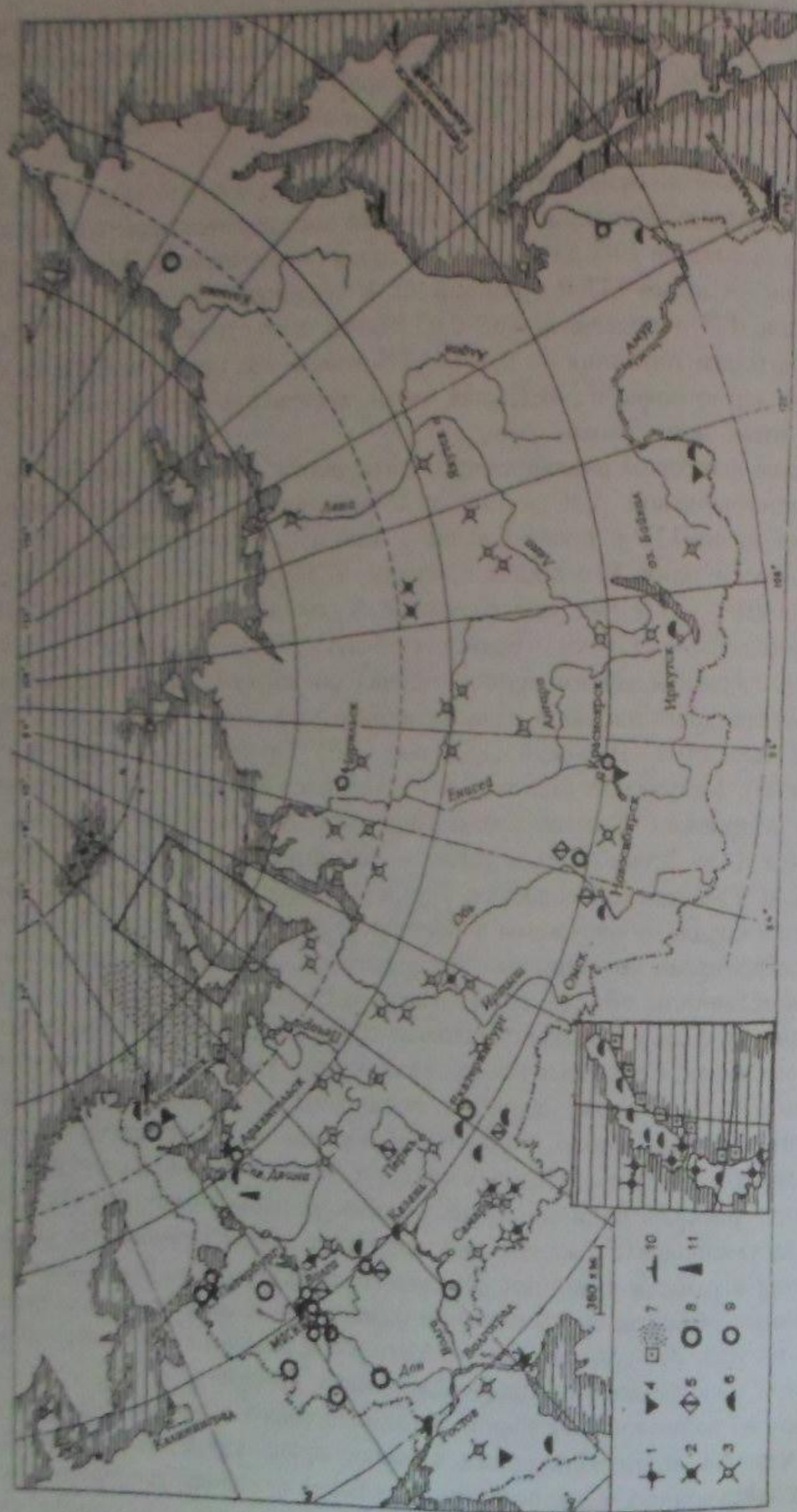
Радиационное загрязнение представляет особую экологическую опасность. Фоновый глобальный уровень радиационной обстановки определяется испытаниями ядерного оружия в воздухе с конца 40-х до начала 70-х годов (в том числе на Новой Земле). Основные загрязнители — цезий-137 и стронций-90. К середине 90-х годов средний глобальный фон по цезию-137 определялся 0,05–0,07 Ки/км², а по стронцию-90 — 0,02–0,03 Ки/км², по радиоизотопам плутония — 0,004–0,005 Ки/км². За пределами ареала влияния Чернобыльской катастрофы и локальных пятен загрязнения содержание Cs-137 и Sr-90 во много раз ниже допустимых норм.

Главным фактором радиационного загрязнения на территории России явилась авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. С ней связаны наиболее обширные аномалии содержания цезия-137 в почве (свыше 1 Ки/км²). «Чернобыльский след» охватил 19 областей и республик. Его общая площадь — 57 650 км², в том числе с плотностью более 5 Ки/км² — 7,9 тыс. км² (Брянская, Тульская, Калужская, Орловская области), более 15 Ки/км² — 2130 км² (Брянская область), более 40 Ки/км² — 310 км². Загрязнение Sr-90 чернобыльского происхождения обнаружено на небольшом пространстве. Самые значительные площади радиоактивного загрязнения находятся в областях Брянской (11,8 тыс. км²), Тульской (11,6 тыс. км²), Орловской (9,0 тыс. км²), Рязанской (5,3 тыс. км²), Калужской (4,9 тыс. км²), Пензенской (4,3 тыс. км²); менее значительные — в Мордовии, Белгородской, Липецкой, Воронежской, Курской, Ульяновской областях (от 1 до 2 тыс. км²), а также в Ленинградской, Тамбовской, Нижегородской, Саратовской, Смоленской областях, Татарстане, Чувашии. Самые северные пятна «чернобыльского следа» обнаружены в Карелии и на Кольском полуострове.

Существенными источниками локального радиационного загрязнения стали аварии на производственном объединении «Маяк» в Свердловской области (1957 и 1967 гг.), на предприятии Томск-7 и радиоактивные сбросы в Енисей Красноярского горно-химического комбината. Серьезные последствия оставил так называемый «восточноуральский радиационный след» после аварий на предприятии «Маяк» в окрестности г. Кыштым, охвативший площадь около 4000 км². Наибольшему загрязнению подверглась пойма р. Течи (приток р. Исеть), главным образом Sr-90, в меньшей степени Cs-137. В силу физического распада радионуклидов степень радиационного загрязнения территории постепенно уменьшается, однако и в настоящее время повышенное содержание Sr-90 наблюдается в рыбе и в донных отложениях озер (Чуканов, Коробицин, 1995).

Основные объекты потенциальной радиационной опасности на территории России показаны на рис. 55, содержание которого заимствовано с одноименной карты-врезки, помещенной на «Эколого-географической карте России» (1996).

Одним из возможных источников радиационного загрязнения являются подземные ядерные взрывы, производившиеся в разное время как в оборонных целях, так и в народнохозяйственных (для разведки и добычи полезных ископаемых, строительства инженерных сооружений). Подземные ядерные испытания не оказывают существенного



влияния на радиационную обстановку. При взрывах народнохозяйственного значения в отдельных случаях наблюдалось радиоактивное заражение промышленной зоны.

Предприятия по добыче и переработке урановых руд и заводы по производству ядерных материалов относятся к числу наиболее опасных потенциальных источников радиационного загрязнения — в особенности вторые, расположенные в непосредственной близости от крупных городов (Томска, Красноярска, Иркутска, Арзамаса). При добыче урановых и ториевых руд образуются отвалы (площадь которых уже к 1991 г. достигла 60 тыс. га), содержащие естественные радионуклиды.

Атомные электростанции в основном также расположены вблизи крупных городов. Кроме того, во многих городах находятся атомные реакторы научно-исследовательских организаций. Те и другие относятся к объектам потенциальной радиационной опасности. Нарушения в работе АЭС происходят довольно часто, например в 1991 г. их было зарегистрировано 165. Однако в большинстве своем они не приводят к радиоактивному загрязнению, в единичных случаях загрязнение наблюдалось лишь в пределах промплощадок.

Одна из главных проблем радиационной безопасности связана с хранением и захоронением отходов, содержащих радионуклиды. В 1993 г. насчитывалось 257 мест хранения и поверхностного захоронения таких отходов, в которых находилось 495 млн. м³ жидких и 313 млн. т твердых веществ. Однако существующих хранилищ недостаточно и они не всегда надежны, а для создания новых нет необходимых средств.

Атомные подводные лодки и надводные корабли военно-морского и торгового флота с ядерными реакторами служат источниками радиационного загрязнения морских акваторий. Сброс жидких отходов ядерных реакторов военно-морского флота в Баренцевом море привел к шестикратному увеличению концентрации изотопов цезия по сравнению с фоновым уровнем. Отработанное ядерное топливо складывается на судах, становящихся локальными очагами потенциального радиоактивного загрязнения.

В заключение отметим, что на рис. 55 обозначены далеко не все источники потенциальной радиационной опасности. Например, только в Мурманской области их насчитывается более 200, в том числе ядерные реакторы АЭС, судов военно-морского и торгового флота, свалки радиоактивных отходов, предприятия по добыче и переработке расщепляющихся материалов.

Рис. 55. Объекты потенциальной радиационной опасности.

1 — места испытаний ядерного оружия; 2, 3 — места подземных ядерных взрывов народнохозяйственного значения (2 — радиоактивное заражение промышленной зоны, 3 — современная радиационная обстановка на уровне естественного фона); 4 — предприятия по добыче и первичной переработке урановых руд, урановая металлургия; 5 — заводы по производству ядерных материалов; 6 — места хранения и захоронения ядерных материалов; 7 — места необъявленного затопления твердых и слива жидких радиоактивных отходов; 8 — атомные электростанции; 9 — атомные реакторы научно-исследовательских учреждений; 10 — базы атомного флота; 11 — ракетный полигон.

2.4. Миграция техногенных загрязнителей и качество среды обитания

Большинство опасных загрязняющих веществ поступают в природную среду через атмосферу, которая становится важным входным компонентом геосистемы с точки зрения оценки техногенного воздействия. Поведение поллютантов в атмосфере — скорость рассеивания, дальность переноса, время пребывания в атмосфере, взаимодействие между собой, скорость осаждения и т. д. — зависит от их собственных свойств (плотность, размеры частиц, растворимость в воде, химическая активность и др.) и метеорологических условий (величина солнечной радиации, сила и направление ветра, количество атмосферных осадков, в том числе снега, интенсивность и частота их выпадения, повторяемость штителей и температурных инверсий и др.). В целом атмосфере в силу подвижности среды присуща наибольшая способность к самоочищению по сравнению с другими компонентами ландшафта и в то же время наибольшая дальность переноса загрязнителей.

Все техногенные газы, за исключением оксида углерода, тяжелее воздуха и рассеиваются в основном в нижнем трехкилометровом слое тропосферы. Некоторые из них (в том числе SO_2) растворяются в водных каплях и выпадают с осадками. Наиболее крупные твердые пылевые частицы (порядка 20 мкм в диаметре) 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 либо вымываются атмосферными осадками, либо могут месяцами находиться во взвешенном состоянии и перемещаться 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.

Концентрация техногенных примесей в атмосфере вблизи источника загрязнения может в сотни, тысячи и даже десятки тысяч раз превышать фоновую, но с удалением от источника она сокращается со скоростью, близкой к экспоненциальной. По некоторым наблюдениям, никель и молибден осаждаются в ближней зоне (в радиусе до 2 км), свинец, цинк, ртуть — в большем отдалении (до 5 км). Увеличению концентрации поллютантов благоприятствуют температурные инверсии, штитель, туманы. Образование устойчивых локальных геохимических аномалий в воздухе усугубляется рельефом — наличием замкнутых котловин. Мощные воздушные течения способствуют размыванию локальных очагов атмосферного загрязнения и переносу поллютантов на тысячи километров. Многие примеси вступают в воздушной среде в реакции между собой и дают вторичные вещества, нередко очень опасные: в частности, диоксид азота, взаимодействуя с углеводородами, образует наиболее опасный компонент фотохимического (лос-анджелесского) смога — пероксиацетилнитрат (ПАН). Некоторые вещества, например канцерогенный бенз(а)пирен, разрушаются в атмосфере под воздействием солнечной радиации. В результате закисления SO_2 и азотистых соединений образуются серная и азотная кислоты, выпадающие на земную поверхность с кислотными дождями (рН осадков пони-

жается при этом до 5,5–3,0, а отдельных ливней — до 2,0, вместо нормальных величин 5,6–6,0).

Техногенные атмосферные примеси в большинстве своем обладают токсическими, аллергическими, канцерогенными, мутагенными свойствами и при повышенной концентрации сказываются на здоровье людей — главным образом в результате поступления в организм через дыхательные пути, отчасти, попадая на кожную поверхность, а кроме того, через последующие биогеохимические циклы и трофические связи в геосистемах и поступление в пищевой тракт с питьевой водой и пищевыми продуктами. Следует отметить материальный ущерб от разрушения зданий, сооружений и материалов в результате воздействия атмосферных поллютантов.

Кратко рассмотрим основные свойства наиболее важных загрязнителей.

Диоксид серы (сернистый ангидрид, SO_2). Растворяется в водяных каплях и выпадает с осадками. Каталитически окисляется на частицах дыма до SO_3 и переходит в капельки серной кислоты или ее растворимые соли. Выпадая на земную поверхность, растворяется в водоемах, поглощается известняками и другими породами, растениями, взаимодействует с веществами почвы. У растений вызывает повреждение листьев. Для человека токсичен, относится к III классу опасности, поступая в дыхательные пути, поражает клетки бронх, вызывает респираторные заболевания. Усиливает коррозию металлов, разрушает крыши зданий, а также ткани, кожу.

Серная кислота (H_2SO_4). Вторичный продукт трансформации диоксида серы, химически очень активна. Капельки серной кислоты выпадают из воздуха зимой в течение 4–5 ч, летом могут находиться в нем несколько суток. В воздухе реагирует с метаном и металлами, образует твердые сульфаты, поступающие затем в почву с атмосферными осадками. Помимо вредного воздействия на живые организмы (II класс опасности для здоровья человека) вызывает химическое выветривание стен зданий и других сооружений с образованием сравнительно легко растворимого гипса.

Оксид углерода (CO). Рассеивается по всей тропосфере, время его пребывания в воздухе оценивается разными авторами от месяца до 5 лет (в среднем — несколько месяцев). Частично окисляется в озоновом слое до CO_2 . В почве поглощается бактериями, частично окисляется до CO_2 . Класс опасности для здоровья человека — IV, оказывает токсическое действие на клетки с патологическими последствиями в различных органах.

Диоксид азота (NO_2). Время пребывания в воздухе — около 4 сут. Участвует в фотохимических реакциях, взаимодействует с углеводородами. Растворяясь в водяных каплях, образует азотную кислоту, которая в конечном счете трансформируется в нитраты, вымываемые из воздуха атмосферными осадками. Диоксид азота очень токсичен (II класс), разрушает клетки легких, его вдыхание может привести к летальному исходу.

Сероводород (H_2S). В атмосфере может трансформироваться по очень сложной схеме в SO_2 . Сильный восстановитель. Очень токсичен (II класс опасности), оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, при тяжелых отравлениях (в основном в производственных условиях) поражает центральную нервную систему, может вызвать отек легких, паралич дыхания и сердечной деятельности. Под воздействием H_2S разрушаются свинецсодержащие краски, окисляются медь и серебро.

Фенол (C_6H_5OH). Твердые кристаллы, растворимые в воде. Мигрирует в основном в поверхностных водах. Класс опасности — II. Вызывает ожоги кожи, оказывает общетоксическое действие (тошнота, учащение дыхания, поражение центральной нервной системы, почек, печени и др.), раздражает слизистые оболочки и дыхательные пути, канцерогенен.

Аммиак (NH_3). Растворяется в воде, взаимодействует с кислотами, металлами. Токсичен (IV класс), раздражает слизистые оболочки, при остром отравлении вызывает поражение глаз и дыхательных путей, одышку, воспаление легких.

Углеводороды. Это обширный класс органических соединений, среди которых не менее трех десятков вредных атмосферных поллютантов — газообразных, жидких и твердых, в разной степени опасных для биоты и здоровья человека. Назовем основные из них:

бензол — жидкость, раздражает кожу, предположительно канцероген (II класс опасности);

бенз(а)пирен — кристаллы, не растворимые в воде, сильный канцероген (I класс);

ксилолы — жидкости, плохо растворимые в воде, токсичны (III класс);

пропилен — газ, плохо растворимый в воде, оказывает остротоксическое, преанцерогенное и мутагенное действие (III класс);

стирол — жидкость, плохо растворимая в воде, оказывает раздражающее, а в больших дозах наркотическое действие (III класс);

толуол — жидкость, не растворимая в воде, вызывает ожоги кожи, общетоксическое, раздражающее, наркотическое (в больших концентрациях), канцерогенное, мутагенное действие (III класс);

этилбензол — жидкость, плохо растворимая в воде, вызывает ожоги кожи, общетоксическое, раздражающее, наркотическое (в больших концентрациях) действие (III класс);

этилен — газ, растворимый в воде, вызывает раздражающее, наркотическое (в больших концентрациях), мутагенное действие.

Тяжелые металлы, в отличие от газообразных и более легких аэрозольных примесей, оседают на земную поверхность, как правило, относительно быстро и главным образом вблизи источников выбросов, поэтому их воздействие на биоту и человека в большей степени проявляется через последующие водные и особенно почвенно-биотические циклы миграции.

Свинец. Относится к поллютантам, поступающим в окружающую среду преимущественно через атмосферу — с выхлопными газами и пылевыми выбросами ряда производств (металлургического, аккумуляторного и др.). В воздухе свинец адсорбируется на мелкодисперсных частицах диаметром в основном не более 0,5 мкм и способен переноситься на значительные расстояния. Время пребывания частиц в нижней тропосфере — от 6 дней до 2 недель, в верхней — 2–4 недели. Вблизи транспортных магистралей концентрация свинца в приземном слое воздуха в отдельных зарегистрированных случаях превышала фоновую в 40 000 раз. Вдоль автомобильных дорог основная часть свинца выхлопных газов осажается в пределах полосы шириной до 100–200 м, а от стационарных источников высокая его концентрация распространяется до 5, иногда до 30–40 км. Большая часть техногенного свинца вымывается из атмосферы с дождем и

снегом, часть перехватывается растениями и затем поступает в почву с листовым опадом. Свинец очень токсичен (I класс), он влияет на центральную нервную систему, предположительно сказывается на интеллектуальном развитии детей, на генетическом аппарате. Основные пути проникновения этого элемента в организм человека связаны с производственными процессами (выплавка и обработка) и бытовыми каналами (отравление свинцовыми белилами, типографской краской и даже самогоном). Главный источник свинцовой интоксикации через воздушную среду — загрязненный атмосферный воздух, поступающий в дыхательные пути (в значительно меньшей степени — загрязненные свинцом почвенные частицы). Наиболее опасны растворимые соединения свинца — нитраты и хлориды, также сульфаты и оксид, а из компонентов выхлопных газов — тетраэтилсвинец.

Ртуть. Поступает в атмосферу с промышленными отходами как в металлической форме, так и в составе органических соединений (диэтилртуть). Ртуть и ее соединения очень токсичны (I класс), оказывают действие на центральную нервную систему, печень и другие органы. Основная опасность связана с вдыханием паров металлической ртути, что типичнее для производственных и бытовых условий. В естественной среде более известны случаи попадания ртути в организм человека через воду и рыбу.

Никель. Поступает в атмосферу в металлической форме, в виде оксида и растворимых солей. Данные о токсичности противоречивы. Известно, что у животных при вдыхании он вызывает злокачественные опухоли. На предприятиях по рафинированию никеля наблюдается повышенный риск заболевания раком легких. Металлический никель относят к II классу опасности, растворимые соли — к I классу.

Кобальт. В металлической форме относится к I классу опасности, в больших концентрациях очень токсичен, обладает канцерогенными свойствами.

Кадмий. Также относится к I классу опасности, токсичен, способен накапливаться в печени, почках, селезенке, вызывает анемию, снижает содержание кислорода в крови.

Мышьяк. Токсичен (II класс), легко всасывается слизистыми оболочками, поступает в кровь и разносится по всем органам и тканям. Острые и хронические отравления связаны в основном с производственными процессами.

В воздухе может присутствовать еще ряд других металлов (цинк, медь и др.), в той или иной степени токсичных, но основные пути их поступления в организм связаны с другими компонентами ландшафта — водой, почвой, растениями.

Подвижность воздушной среды определяет высокую пространственную и временную изменчивость качества атмосферного воздуха в отношении содержания вредных примесей. Состав и концентрация загрязнителей зависят не только от их поступления из локальных источников, но и от привноса извне и в то же время от интенсивности размывания локальных очагов. Общая тенденция уменьшения концентрации основных газообразных поллютантов в атмосфере России с запада на восток связана не только с характером размещения главных промышленных центров, но и с влиянием трансграничного переноса из других европейских стран. Так, согласно расчетам, в 1996 г. на ЕТР общий объем осаждаемой окисленной серы составил 1995 тыс. т, причем от российских источников поступило 671 тыс. т (34%), а от других европейских стран — 775 тыс. т (39%). Наибольший вклад в закисление природной среды внесли Украина (367 тыс. т окисленной серы), Польша (86 тыс. т), Германия, Белоруссия, Эстония.

Обратный трансграничный поток из России в другие европейские страны составил 76 тыс. т, или менее 9% от общего поступления из всех источников; больше всего выпало на территорию Украины, Финляндии, Белоруссии, Норвегии (Соловьянов, 1998).

При оценке степени загрязнения атмосферного воздуха следует учитывать сезонные различия в условиях рассеивания примесей. Зимой условия рассеивания, как правило, ухудшаются. Кроме того, увеличиваются промышленные выбросы, замедляются процессы химической трансформации веществ. В холодный период возрастает концентрация оксидов серы и азота, бенз(а)пирена, тяжелых металлов (кроме ртути). Для пыли, хлорорганических соединений, пестицидов, ртути характерно повышение концентрации в летний период. В 1981–1991 гг. фоновые уровни концентрации основных загрязнителей оставались относительно стабильными; в холодный период для SO_2 типичные величины в ЕТР составляли около 8–10 мкг/м³, в Азиатской части страны — менее 1 мкг/м³, для сульфатов — соответственно 5–10 и 1–2 мкг/м³ (в теплый период эти показатели в 2–8 раз ниже). Фоновая концентрация свинца в воздухе Европейской России находилась в пределах 8–12 нг/м³, в Азиатской России — 2–3 нг/м³ и менее, бенз(а)пирена — соответственно до 0,4–0,5 и 0,01–0,1 нг/м³.

В запыленности воздуха явственно обнаруживается зональность и в то же время сезонная изменчивость. В аридной зоне концентрация пыли в воздухе достигает 100 мкг/м³ в среднем за год, в степной зоне она сокращается до 70 мкг/м³ летом и 25–30 мкг/м³ зимой. В гумидной зоне наиболее высокие ее значения наблюдаются в зимнее время в промышленных районах — до 40 мкг/м³ и выше, в Азиатской России среднемесячные величины — около 20–30 мкг/м³.

С 1992 по 1996 г. сократилось среднегодовое содержание в атмосфере взвешенных веществ, диоксида серы (на 11–13%), БАП (на 39%), но возросла концентрация CO , NO и NO_2 (на 3–8%) вследствие роста автомобильного парка.

Процессы рассеивания, дальнего переноса и осаждения вредных примесей сглаживают пространственную контрастность в загрязнении атмосферы, но не исключают формирования многочисленных локальных и региональных аномалий, обусловленных влиянием местных промышленных центров. Устойчивые техногенные аномалии концентрации главных загрязнителей атмосферы формируются над мощными источниками промышленных выбросов, такими как Норильск (2,4 млн. т диоксида серы ежегодно), Москва, Омск и др. На рис. 56 и 57 показано размещение основных очагов загрязнения атмосферы диоксидом серы и пылью, которые можно рассматривать как центры потенциальных локальных техногенных аномалий по соответствующим им ингредиентам.

Оценка экологического качества различных природных сред — воздушной, водной, почвенной — основывается на изучении реакций организмов и определении пороговых концентраций поллютантов. Существуют многочисленные нормативы для различных техногенных примесей в виде показателей предельно допустимых концентраций (ПДК), предельно допустимых выбросов (ПДВ), пороговой концентрации (ПК), предпороговой концентрации (ППК) и т. д. Для оценки качества атмосферного воздуха обычно используются показатели ПДК_{м.р.} — максимальная разовая концентрация, которая не должна при вдыхании в течение 30 мин вызывать рефлекторных реакций в организме человека, и ПДК_{с.с.} — предельно допустимая суточная концентрация вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного влияния при неопределенно длительном (годы) воздействии.

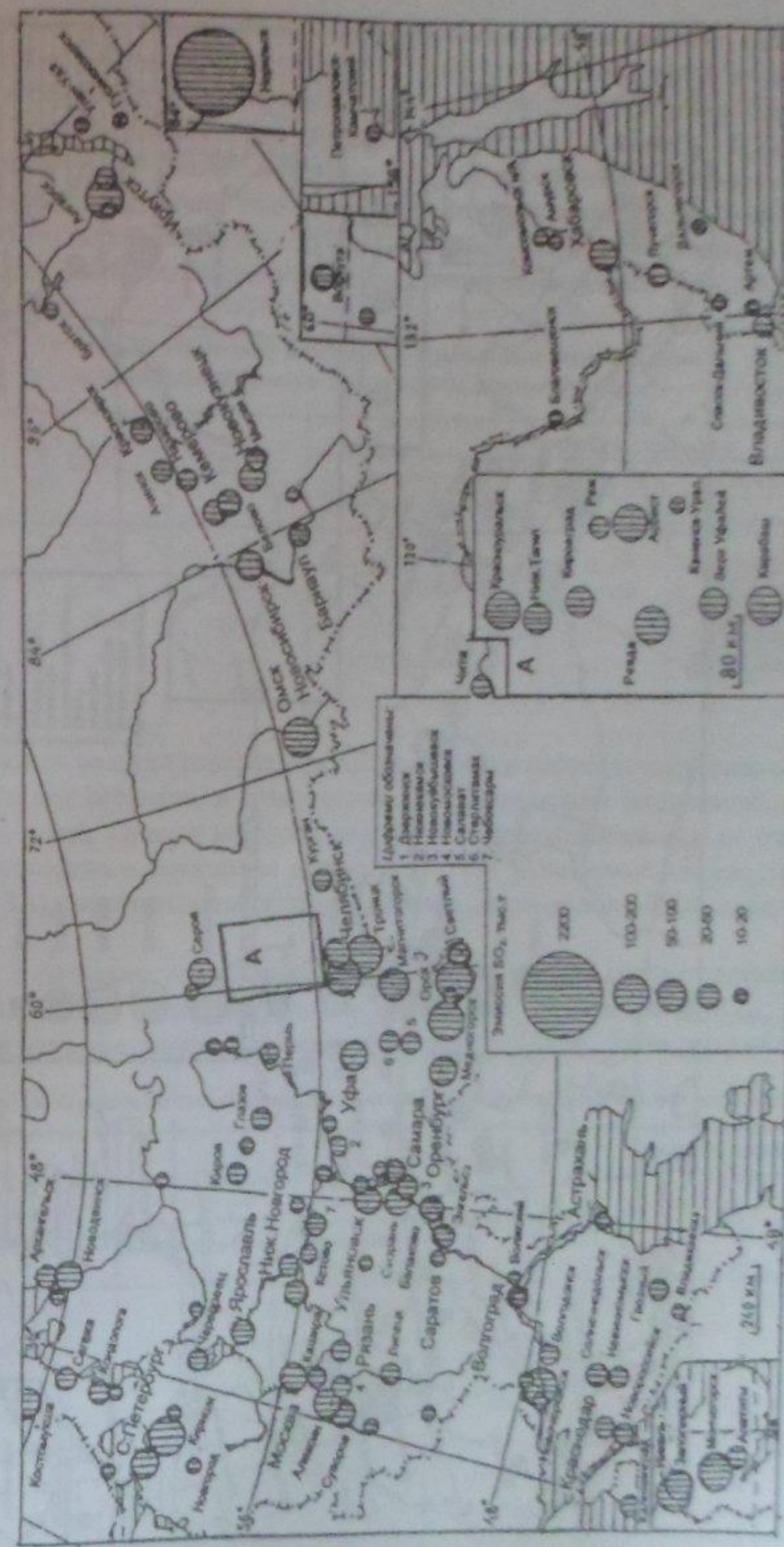


Рис. 56. Поступление диоксида серы в атмосферу от основных промышленных центров.

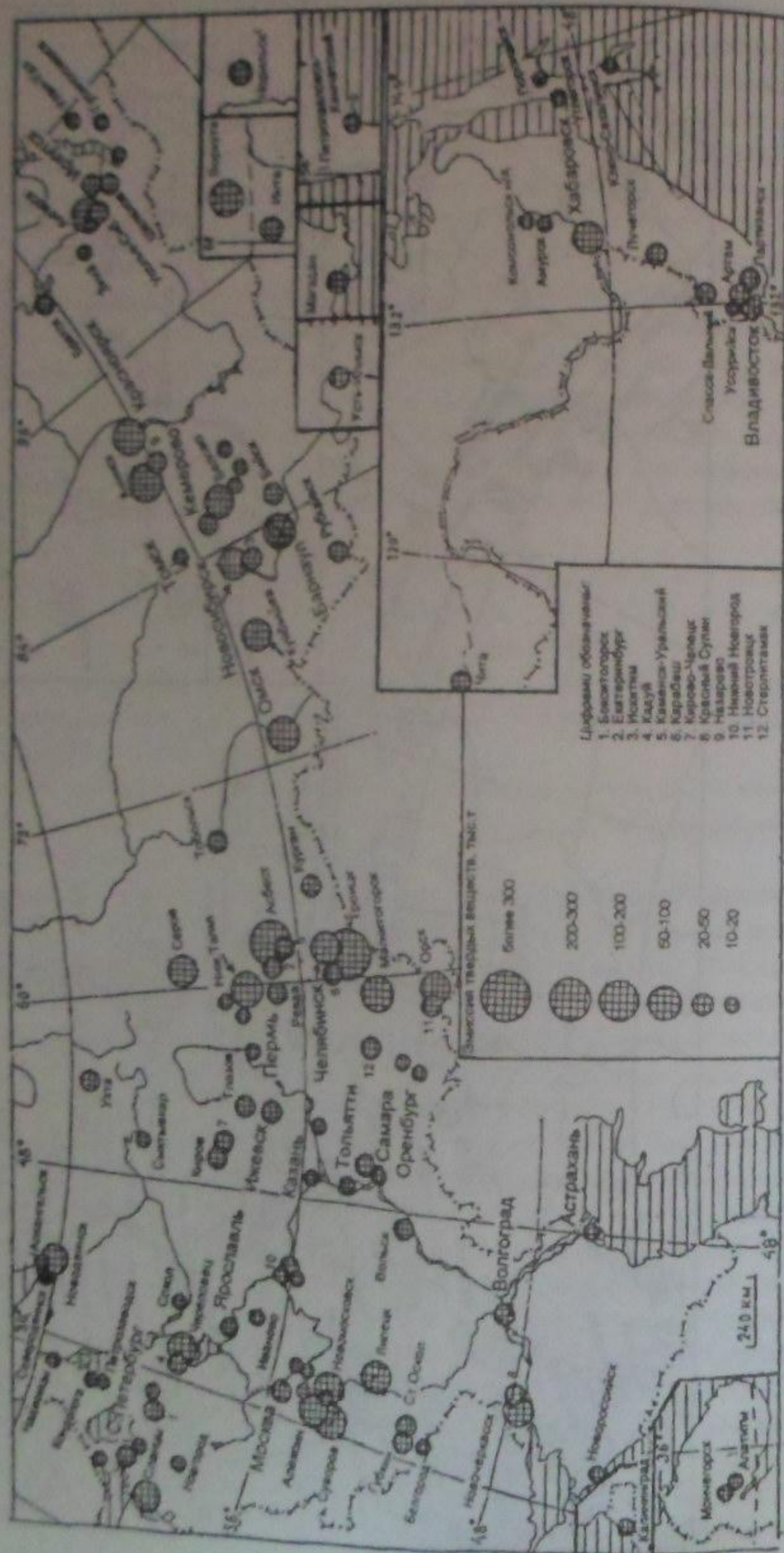


Рис. 57. Поступление твердых веществ в атмосферу от основных промышленных центров.

Хотя многие ПДК законодательно оформлены, их недостаточная надежность и условный характер отмечались неоднократно. Отсутствие их должной объективности подтверждается большим разбросом величин ПДК, принятых в разных странах. Так, ПДК_{с.с.} свинца в воздухе в России — 0,3 мкг/м³, а в ФРГ — 2,0 мкг/м³, ПДК_{с.с.} фенолы в воздухе в России — 0,01 мг/м³, в Японии — 0,1, а в ФРГ и Швейцарии — 0,5 мг/м³. Тем не менее для последующих оценок и сравнений практически единственно возможными критериями остаются ПДК_{с.с.} и ПДК_{м.р.} Предельно допустимые и пороговые концентрации для некоторых типичных поллютантов приведены в табл. 28 и 29.

Таблица 28. Предельно допустимые и пороговые концентрации основных газообразных атмосферных примесей (мкг/м³)

Вещество	ПДК _{м.р.}	ПДК _{с.с.}	Пороговые концентрации		
			для растений (Добровольский, 1983)		суточные (Серебрякова, 1980)
			для хвойных	для лиственных	
Диоксид серы	500	50	785	20	20
Диоксид азота	85	40	4700	30	50
Оксид углерода	3000	1000	—	—	—
Сероводород	8	8	1500–1700	—	—
Аммиак	200	40	1500–1700	100	200

Загрязненность воздуха городов, как правило, определяется концентрацией нескольких или многих поллютантов, и сравнительная оценка степени загрязненности требует их совместного учета. Однако методика подобной комплексной оценки не разработана. В качестве упрощенного показателя используется так называемый индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), рассчитываемый по величинам превышения ПДК пяти основных загрязнителей.

В 1988 г. в большинстве обследованных городов страны среднегодовые концентрации SO₂, CO, NO, а также металлов в воздухе не превышали ПДК_{с.с.}; главными загрязнителями, средние значения которых достигали 3–4 ПДК, были сероуглерод, БАП,

Таблица 29. Предельно допустимые и пороговые концентрации тяжелых металлов

Элемент	ПДК _{с.с.} (воздух), мкг/м ³	ПДК (вода), мкг/л		ПДК (почва), мг/кг	Пороговая концентрация в растениях (Ковальский, 1974), мг/кг	
		рыбохозяйственный	санитарно-бытовой		нижняя	верхняя
Свинец	0,3	100	100	32	—	—
Ртуть	0,3	5	200	2–5	—	—
Цинк	—	10	1000	150	30	70
Медь	1,0	10	100	23	6–15	60
Никель	1,0	10	100	35	—	—
Кобальт	1,0	10	1000	—	2–7	30
Кадмий	3,0	5	10	—	—	—
Мышьяк	3,0	50	50	—	—	—

формальдегид, некоторое превышение ПДК отмечалось по пыли, фенолу, аммиаку и диоксиду азота. В указанном году наиболее высокий уровень загрязнения (по ИЗА) наблюдался в 68 городах СССР (13% от числа контролируемых), в том числе в 37 — России. В 16 городах СССР отмечалось более чем 50-кратное превышение ПДК_{м.р.} по отдельным загрязнителям, а в 103 городах — более чем 10-кратное. В целом в 1986–1988 гг. наблюдалась тенденция к сокращению уровня загрязнения воздуха городов, однако в крупных городах увеличилась концентрация диоксида азота за счет выброса автотранспорта (Состояние природной среды..., 1989).

В 1989–1991 гг. в атмосфере многих городов намечалось сокращение концентрации пыли, фенола, формальдегида, аммиака, сероводорода. Однако в ряде регионов сохранялся высокий уровень загрязнения и наблюдался рост концентрации оксида и диоксида азота, фтористого водорода, сероуглерода. В 1991 г. контроль загрязнения воздушной среды осуществлялся в 334 городах России. В 84 из них было зафиксировано превышение 10 ПДК_{м.р.} по одному-трем вредным веществам. Пятикратное и более превышение ПДК_{м.р.} по отдельным загрязнителям зарегистрировано в следующем числе городов: диоксид азота — 96, пыль — 67, сероводород — 35, фенол — 25, оксид углерода — 23, формальдегид — 20, сероуглерод — 14, метилмеркаптан — 14, фтористый водород — 6. К 1991 г. около 50 млн. чел. испытывали вредное воздействие веществ, содержащихся в воздухе с концентрацией 10 ПДК и выше, а более 60 млн. — с концентрацией 5 ПДК и выше (Государственный доклад..., 1992).

В последующие годы некоторая тенденция к снижению загрязнения воздуха в городах сохранилась, но из-за неритмичной работы предприятий и частых залповых выбросов в отдельных крупных городах (например, в 1993 г. в Братске, Кемерово, Липецке, Магадане, Нижнем Тагиле, Новочеркасске, Петропавловске-Камчатском, Саратове, Ставрополе, Усолье-Сибирском, Хабаровске) средняя концентрация вредных примесей возросла. В 1993 г. среднегодовая концентрация пыли, превышающая ПДК, отмечалась в 111 городах, диоксида азота — в 105, формальдегида — в 101, БАП — в 100 городах. Превышение ПДК по одной или нескольким примесям наблюдалось в 231 городе, больше 5 ПДК — в 41, а превышение 10 ПДК по трем и более примесям зарегистрировано в 14 городах: Барнауле, Березниках, Братске, Волгограде, Губахе, Екатеринбурге, Кемерово, Магнитогорске, Москве, Новосибирске, Омске, Тюмени, Хабаровске, Щелково (Государственный доклад..., 1994). Помимо перечисленных городов достаточно устойчивым высоким уровнем загрязнения воздуха характеризуются Волжский, Каменск-Уральский, Комсомольск-на-Амуре, Красноярск, Липецк, Новодвинск, Новокузнецк, Норильск, Оренбург, Пермь, Ростов-на-Дону, Саратов, Усолье-Сибирское, Уфа, Череповец, Чита, Шелехов.

К 1996 г., несмотря на сокращение поступления некоторых загрязняющих веществ в атмосферу, сохранился высокий уровень загрязнения воздуха в городах. Средняя концентрация загрязняющих веществ была выше ПДК в 206 городах из 262, где велись наблюдения. На автомагистралях концентрация оксида углерода, оксидов азота, углеводородов в 5–10 раз выше ПДК, содержание свинца вблизи автомагистралей — в 1,5–4 раза выше, чем в жилых кварталах.

Техногенные атмосферные примеси не только влияют на здоровье человека, но и вызывают косвенный экологический эффект: они существенно трансформируют природ-

ную среду города, изменяя свойства приземного слоя атмосферы и местный климат. Загрязнение воздуха влияет на освещенность и поступление солнечной радиации. Сокращение длительности солнечного освещения и снижение ультрафиолетовой радиации приводят к усилению авитаминозов и ослаблению сопротивляемости организмов в отношении простудных и инфекционных заболеваний, ухудшению обмена веществ, а кроме того, вызывают усиление бактериологического загрязнения воздуха. Образующиеся в больших городах «острова жары» могут служить причиной повышения смертности. Увеличение облачности, частоты осадков и туманов, снижение скорости ветра способствуют загрязнению воздуха и образованию смогов, негативное влияние которых на здоровье общеизвестно.

Благодаря исключительной динамичности воздушная среда быстрее других компонентов ландшафта очищается от техногенных загрязнителей. Она служит главным промежуточным звеном, передающим воздействие вредных примесей на другие компоненты ландшафта, и в этом состоит ее особая экологическая функция. Большая часть поступающих в атмосферу поллютантов осаждается на земную поверхность и вовлекается в дальнейшую миграцию. Согласно расчетам, основанным на изучении загрязнения снежного покрова, в 1991 г. на территории России выпало 8,9 млн. т серы и 6,7 млн. т суммарного (нитратного и аммонийного) азота. Наибольшая интенсивность (плотность) выпадения этих веществ — свыше 2 т/км² в год серы и более 1,5 т/км² в год азота — наблюдается в основных промышленных районах, наименьшая (соответственно менее 0,25 и 0,30 т/км²) — в Азиатской России (кроме южной полосы). С 1988 по 1993 г. выпадение серы сократилось на 27%, азота — на 11%. В последующие годы сокращение продолжалось. Как уже отмечалось, существенная часть загрязняющих веществ, выпадающих на земную поверхность, поступает на территорию России с трансграничным переносом. В 1991 г. вклад дальнего переноса в общую массу выпавшей серы оценивался для центральных и северных районов Европейской России в 52–55%, для северо-восточной части ЕТР — 80%, Урала — 47%, Кузбасса — 36%.

Одно из важных следствий загрязнения атмосферы — выпадение кислых осадков. По наблюдениям в 138 пунктах (1991 г.) закисление осадков (рН 5,6) отмечено в 22%, в том числе в 3% пунктов величина рН находилась в пределах 3,5–4,5, в 19% — от 4,5 до 5,5, в 71% реакция была нейтральной (рН 5,6–7,5), а в 7% осадки имели щелочной характер (рН 7,5). Кислые осадки чаще всего выпадают в зонах влияния предприятий цветной металлургии (Никель, Мончегорск, Карабаш, Челябинск, Медногорск) и нефтехимии (Пермь, Уфа и др.).

Большинство техногенных выбросов проходят через водное звено миграции. Поллютанты поступают в реки и водоемы как непосредственно из источников загрязнения со сточными водами, так и косвенным путем, пройдя предварительно воздушное и (или) почвенно-биологическое звенья миграции, — в результате осаждения из атмосферы или с поверхностным, внутрипочвенным и грунтовым стоком. Собирая загрязнение с площади всего водосбора, реки несут основную техногенную нагрузку, и концентрация поллютантов в речной воде могла бы достигать катастрофических масштабов, если бы не проточность рек и постоянное возобновление стока, обеспечивающие разбавление загрязненной воды и самоочищение. Реки, таким образом, выполняют важную транзитную экологическую функцию в ландшафте, вынося из него значительную часть поллю-

тантов. Однако оборотная сторона этого процесса — прогрессирующее загрязнение водоприемников, т. е. внутренних водоемов (особенно непроточных) и Мирового океана.

Наибольшая концентрация загрязнителей в речной воде наблюдается, естественно, в непосредственной близости от источников сброса сточных вод. Так, концентрация свинца в сточных водах городов в среднем близка к 500 мкг/л, но может достигать 3000–8000 мкг/л при норме для незагрязненных рек порядка 5 мкг/л. Техногенные примеси частично преобразуются в ходе химических реакций, частично накапливаются в донных отложениях водоемов, которые представляют собой одну из важнейших деponирующих сред для многих поллютантов. Циркулируя в водной среде в виде растворов, взвесей, крайне многообразных по составу, техногенные примеси изменяют физико-химические и биологические свойства природных вод и их качество.

В загрязненных водах в больших или меньших количествах присутствуют тяжелые металлы. Их поведение и токсичность зависят от концентрации, биологической активности, температурных и других условий, восприимчивости к ним различных видов водных организмов, способности последних аккумулировать и выводить вещества, накопления в пищевых цепях и т. д. Однако последствия воздействия этих поллютантов на водную фауну, а также на организм человека изучены еще недостаточно.

Свинец характеризуется невысокой биологической активностью и большей частью откладывается в донных отложениях, но тем не менее в определенных ситуациях представляет опасность для животных. Ртуть, попадающая в водоемы, осаждается на дне, где преобразуется бактериями в метилртуть (CH_3Hg), которая поглощается фитопланктоном, а затем различными консументами и при этом прогрессирующим образом накапливается в их тканях (в том числе у рыб). Например, потребление рыбы и беспозвоночных, зараженных метилртутью, вызвало в 50-х годах в Японии вспышку болезни «минамата», выразившейся в тяжелых поражениях центральной нервной системы, часто с летальным исходом.

Для пресноводной и морской фауны и флоры сильно токсичны сбрасываемые с промышленными отходами медь, цинк, хром, никель, кадмий. Высокая концентрация кадмия, цинка, свинца в питьевой воде может служить причиной болезни «итайтай», проявляющейся в хрупкости и ломкости костей, повышении кровяного давления, инсультах. Установлена связь между онкологическими заболеваниями и содержанием в воде кадмия, свинца, никеля, цинка, а также мышьяка, бериллия. Кроме тяжелых металлов сточные воды содержат пестициды, фенолы, углеводороды и другие токсичные соединения и элементы.

С экологической точки зрения оценка качества воды должна основываться на целой системе критериев, учитывающих требования питьевого водоснабжения, рекреационного использования водоемов, условия обитания водных организмов, и в первую очередь ихтиофауны. При этом необходимо принимать во внимание показатели, характеризующие не только химический состав воды, но и ее физические, гидробиологические, бактериологические особенности.

Для оценки уровня химического загрязнения водных объектов разработаны ПДК различных поллютантов, причем в двух вариантах — санитарно-бытовом и рыбохозяйственном (некоторые примеры приведены в табл. 29). Однако ПДК, принятые для водных

примесей, как и для атмосферных, не могут служить надежными критериями при объективной оценке качества природных вод. Различия между ПДК, принятыми в разных странах, также весьма значительны. Например, в России как рыбохозяйственное, так и санитарно-бытовое ПДК мышьяка в воде составляет 0,05 мг/л, тогда как по европейскому стандарту — 0,2 мг/л. Реакции человеческого организма на изменения концентрации тех или иных загрязнителей зависят от многих причин и изучены крайне недостаточно. Многие важные ПДК не установлены (например, для кадмия и некоторых других элементов в питьевой воде). Рыбы, как правило, более чувствительны к поллютантам, чем человек, но разные виды рыб в этом отношении сильно различаются между собой, что никак не учитывается в усредненных рыбохозяйственных ПДК.

Для обобщенной характеристики качества воды, в которой обычно присутствуют различные загрязнители, предложен ряд условных показателей. Один из них — индекс загрязнения воды (ИЗВ) — рассчитывается как среднее из превышений среднегодовых ПДК по 6 основным ингредиентам. Согласно официальной инструкции по гидрохимической оценке качества вод, все водные объекты делятся на 7 классов в зависимости от величины ИЗВ. Эта классификация использована для характеристики водных объектов на «Эколого-географической карте России» (1996), но число градаций уменьшено до 5. Однако показателю ИЗВ присущ ряд недостатков. В частности, он не отражает максимальной концентрации загрязнителей, сглаживает контрасты в превышениях ПДК у учитываемых загрязнителей. Иной подход к оценке качества вод по гидрохимическим показателям основан на учете соотношений в концентрации нескольких главных ингредиентов. Так, бывший СЭВ установил 6 классов качества воды, каждый из которых характеризуется определенным уровнем концентрации меди, никеля, цинка, аммонийного азота, фенола, нефтепродуктов.

По приближенным оценкам, около 50% населения страны использует питьевую воду, не соответствующую гигиеническим требованиям. В 1980 г. не отвечали гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям 15,4% изученных проб, а по микробиологическим показателям — 22,9%; в 1991 г. соответствующие цифры составили 30,2 и 24,4%, а в 1993 г. — 30,5 и 28,2%. Во многих регионах по бактериологическим показателям для водоемов I категории (питьевого назначения) не соответствуют требованиям 50–60% проб. В 1991 г. к ним относились области Костромская, Калининградская, Брянская, Ростовская, Кемеровская, Омская и Хабаровский край. В том же году в 1,2% проб из водоемов I категории обнаружены возбудители инфекционных заболеваний, больше всего в областях Владимирской (37,9% проб) и Новосибирской (13%); по наличию гельминтов «лидировали» области Ленинградская (14,4% проб) и Свердловская (5,2%).

Из водоемов II категории (рекреационного назначения) в 1991 г. не удовлетворяли требованиям по бактериологическим показателям 24,6% проб (в республиках Калмыкия, Саха, Брянской области и С.-Петербурге — 60–85%); возбудители инфекционных заболеваний обнаружены в 5% проб (в Татарстане — 33,9%, в Ленинградской области — 21,4%), гельминты — в 0,8% проб (в Сахалинской области — 33,7%, в Астраханской — 11,8%).

В гидрохимических пробах 1991 г. превышение ПДК по основным ингредиентам составило (в %): нефтепродукты — 40–45, органические вещества — 30–35, фенолы —

45–60, СПАВ — 6–8, аммонийный азот — 25–40, соединения меди — 70–75, соединения цинка — 30–35 (Государственный доклад..., 1992). Минерализация поверхностных вод сравнительно мало изменяется под влиянием хозяйственной деятельности, так же как и состав преобладающих ионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^-), но концентрация хлоридов и сульфатов может заметно возрасти, существенно увеличивается также содержание азота и фосфора (в значительной мере за счет сельскохозяйственных стоков). Наивысшая концентрация P_2O_5 (более 20 мг/л) наблюдается в поверхностных водах степных ландшафтов Нижнего Дона и Северного Кавказа, несколько меньшая (10–20 мг/л) — в других степных ландшафтах Европейской России, самые низкие показатели (около 0,1 мг/л) характерны для водоемов Севера ЕТР и большей части Сибири и Дальнего Востока.

Как уже отмечалось, самый высокий уровень загрязнения рек наблюдается непосредственно ниже центров сосредоточенного сброса сточных вод, в особенности от предприятий цветной металлургии, целлюлозно-бумажной, химической и нефтехимической промышленности, а также коммунального хозяйства. При этом сильнее страдают малые реки с небольшими расходами, исключая возможность эффективного разбавления сточных вод. Ущерб от химического загрязнения часто усугубляется обмелением, заиливанием, уменьшением водности малых рек, а во многих таежных реках последствиями молевого сплава — засорением дна затонувшей древесиной и ее разложением.

К числу самых грязных, с превышением ПДК меди и никеля в 50–100 и более раз, относятся речки Колос-йоки и Ньюдай на Кольском полуострове, Щучья в Норильске, принимающие сточные воды предприятий цветной металлургии. Аналогичные источники загрязнения определяют сходный уровень концентрации меди, цинка, бора (последнего до 800 ПДК) в р. Рудной (Приморский край), меди и отчасти цинка в реках Среднего Урала и Зауралья — Тагиле, Нейве, Пышме, Салде. Стоками целлюлозно-бумажных комбинатов, содержащими до 50–100 ПДК аммонийного азота, лигносульфонатов, фенола, загрязнены некоторые мелкие реки Севера ЕТР (в частности, Пельшма у г. Сокол). Весьма типично сильное загрязнение многих малых рек нефтепродуктами различного происхождения (нефтедобыча, транспортные разливы, коммунальные и производственные сбросы и др.).

Степень химического загрязнения крупных рек обычно изменяется вдоль течения в зависимости от расположения источников сброса и притом колеблется от года к году. Для рек бассейна Невы характерно умеренное загрязнение (ИЗВ = 1–2, III класс качества); у ряда рек, особенно в верхнем течении, вода может рассматриваться как чистая (ИЗВ < 1, II класс качества), но ниже крупных промышленных центров ИЗВ возрастает до 4, вода оценивается как загрязненная, IV класса качества. Наиболее типичные загрязнители, с частым превышением ПДК, — нефтепродукты (нередко до 10 ПДК), соединения меди, железа, цинка, марганца, местами пестициды, соединения азота, легкоокисляемые органические вещества. Нева принадлежит к относительно «благополучным» рекам (III класс качества в верхнем течении), но в пределах С.-Петербурга, в рукавах дельты, загрязнение увеличивается местами до IV–VI классов качества; сильно загрязнены притоки Невы — Ижора, Славянка, Охта, у последней в отдельные годы ИЗВ превышал 10 и вода определялась как чрезвычайно грязная (VII класс).

Дон загрязнен на значительном протяжении: в верхней части — азотом нитратным (до 10 ПДК), фенолами (до 9 ПДК), нефтепродуктами, медью, в устьевой части — пестицидами. К числу «грязных» рек относится Кубань (до 5–7 ПДК нефтепродуктов, азота нитратного, меди, в устьевой части — пестициды).

Волга на большей части своего протяжения превращена в каскад водохранилищ, способствующих разбавлению (но не самоочищению) сточных вод. Концентрации загрязнителей в них, как правило, не очень велики, однако типично превышение ПДК по нефтепродуктам и фенолам (до 8–9-кратного), а также по меди, азоту аммонийному и нитратному. Кама на значительном протяжении загрязнена нефтепродуктами и фенолами (до 10 ПДК). Среди «грязных» рек — приток Камы Чусовая, в которой концентрация соединений меди, цинка, шестивалентного хрома, марганца может в десятки раз превышать ПДК. Наиболее загрязнена у Орска и Оренбурга р. Урал (азот нитратный и аммонийный, соединения железа, нефтепродукты).

Многие реки Севера ЕТР (в том числе Мезень, Пинега и др.) принадлежат к относительно чистым. На Кольском полуострове из 45 находящихся под контролем рек и озер 16 считаются условно-чистыми, 17 — умеренно загрязненными, остальные — грязными в разной степени. О некоторых мелких реках Европейского Севера, по существу превратившихся в сточные каналы, уже упоминалось. Из наиболее загрязненных участков крупных рек следует отметить устьевую часть Северной Двины, верхнее течение Сухоны вместе с притоком Вологодой, отрезки Вычегды ниже Коржмы и Сыктывкара; типичные загрязнители — фенол, нефтепродукты, аммонийный азот, лигносульфонаты, формальдегид, соединения меди. В бассейне Печоры к наиболее загрязненным рекам относятся Ижма (ниже Сосногорска) и ее приток Ухта, а также Воркута, Б. Инта, Колва.

Для рек бассейна Оби (в том числе для самой Оби и Иртыша) характерно высокое нефтяное загрязнение, нередко в десятки и даже сотни раз превышающее ПДК. В р. Томь ниже г. Кемерово наблюдается интенсивное загрязнение высокотоксичным анилином, капролактамом, формальдегидом, метанолом. В р. Исеть ниже Екатеринбурга концентрация нефтепродуктов, соединений меди и цинка, азота аммонийного, сероводорода в десятки раз превышает ПДК.

В бассейне Енисея на фоне преобладающих относительно чистых водотоков выделяются участки интенсивного локального загрязнения, среди них — Енисей ниже Красноярска, участки Братского и Усть-Илимского водохранилищ в сфере воздействия выбросов целлюлозно-бумажного производства (с многократным превышением ПДК по метилмеркаптану, сероводороду и др.). Реки Восточной Сибири в основном чистые, хотя в Лене, Вилюе и других крупных реках может наблюдаться некоторое превышение ПДК по нефтепродуктам и фенолу. Заметное загрязнение, преимущественно взвешенными веществами и соединениями металлов, присуще рекам горнопромышленных районов (бассейны верхней Колымы, среднее течение Вилюя). Качество воды р. Амур изменяется по течению. Концентрация загрязнителей существенно возрастает вблизи Благовещенска, Хабаровска, Амурска, Комсомольска-на-Амуре; местами в воде отмечается высокая концентрация меди, цинка, никеля, шестивалентного хрома.

Водная миграция антропогенных поллютантов приводит к трансформации гидрохимических и гидробиологических условий в озерах и водохранилищах. Так, в водах

Псковско-Чудского озера с 1955 по 1981 г. концентрация натрия и калия увеличилась в 6 раз, сульфатов — в 6, хлоридов — в 3, магния — в 1,7 раза. Содержание фосфора в некоторых частях этого водоема возросло в 10 раз, что привело к распространению сине-зеленых водорослей и изменению состава зоопланктона, расширению зарослей макрофитов. Следствие этих процессов — ухудшение кислородного режима; восстановление сульфатов в зимнее время приводит к образованию сероводорода в придонных слоях (Мязметс и др., 1985). Описанные явления типичны для большинства озер Северо-Запада и других гумидных регионов. Из крупных озер Псковско-Чудское и Ильмень перешли из олиготрофного состояния в мезотрофное.

Ладожское озеро заметно эвтрофируется, в течение 60–70-х годов поступление фосфора в него увеличилось в 3 раза и продолжало расти. Минерализация воды повысилась на 12–14% за счет сульфатов и хлоридов. Вода озера загрязнена фенолами, нефтепродуктами, пестицидами, органическими веществами, в Волховской и Свирской губах отмечена повышенная концентрация тяжелых металлов. Накопление фосфора (до 7 тыс. т в год) нанесло наибольший ущерб водоему; в течение 15 лет из-за эвтрофикации озера масса сине-зеленых водорослей увеличилась в 30 раз, что в конечном счете губительно влияет на ихтиофауну (Ладожское озеро..., 1992). Из больших озер Северо-Запада относительно чистым еще можно считать Онежское, хотя отдельные его заливы — Кондопожский и Петрозаводский — сильно загрязнены, а кроме того, известны случаи залпового аварийного сброса нефтепродуктов. К избыточным нагрузкам фосфором и азотом особенно чувствительны малые озера, повсеместно подвергающиеся интенсивной эвтрофикации.

Загрязнение внутренних и окраинных морей — особая проблема, на которой здесь нет возможности подробно задерживаться. Отметим лишь, что наиболее интенсивному загрязнению подвергаются Азовское и Каспийское моря, а также восточная часть Финского залива, некоторые заливы Баренцева и Белого морей, Енисейский залив Карского моря, шельф Сахалина и прибрежная зона Черного моря.

В процессы водной миграции антропогенных поллютантов неизбежно вовлекаются подземные воды. К 1991 г. было выявлено около 500 участков загрязнения подземных вод, наиболее значительные — в окрестностях Москвы (Лыткарино), в буроугольном бассейне Тульской области, районах нефтяных месторождений Татарстана, Башкортостана и Пермской области, окрестностях Волгограда, Волжского, Магнитогорска, Кеморова. Подземные воды загрязняются главным образом сульфатами, хлоридами, нитратами, нитритами, аммиаком, нефтепродуктами, фенолами, а также соединениями меди, цинка, свинца, ртути, кадмия (Государственный доклад..., 1992).

Важным звеном в миграции и трансформации загрязняющих веществ в ландшафте служит почва. Она играет особую экологическую роль в силу способности накапливать загрязняющие вещества, и в частности сорбировать тяжелые металлы. Основная масса токсичных техногенных веществ поступает в наземные организмы из почвы. Почва обладает свойствами депонирующей среды с множеством геохимических барьеров, на которых аккумулируются поллютанты. Способность к самоочищению у почвы ограничена и зависит от деятельности микроорганизмов, воздушного и водного режима.

Техногенные загрязнители поступают в почву разными путями, но главный их «поставщик» — атмосфера. Поэтому содержание поллютантов в почве убывает по экс-

поненте по мере удаления от источника атмосферных выбросов. Наиболее резко выраженные техногенные геохимические аномалии в почве образуются чаще в радиусе до 18–30 км. Конфигурация и протяженность аномалий зависят от направления и силы преобладающих ветров, а также от форм рельефа. Многие загрязнители, как уже говорилось, поступают в почву, кроме того, с плоскостным смывом из различных источников. С поверхностными и внутрпочвенными потоками влаги происходит латеральное перераспределение поллютантов, в связи с чем могут наблюдаться их повышенные концентрации во впадинах.

Газообразные атмосферные примеси большей частью активно поглощаются почвой. Оксид углерода усваивается почвой примерно в 10 раз сильнее, чем растениями, оксиды азота — в 35, а SO_2 — в 300 раз. Под лесной растительностью почва поглощает из воздуха до 26 мг/ч·м² CO. Диоксид серы и сероводород также быстро абсорбируются почвой, особенно если она хорошо оструктурена и богата гумусом. Оксид и диоксид азота поглощаются менее интенсивно (при этом оксид окисляется до диоксида). Углеродороды в основном не растворяются в воде, но могут усваиваться почвенными микроорганизмами (особенно этилен, содержащийся в выхлопных газах, и ацетилен). Почвы поглощают озон, пары ртути, аммиак.

Как уже было отмечено, почва служит прекрасным сорбентом тяжелых металлов — свинца, цинка, кадмия, меди, никеля, марганца, хрома. Эти элементы, а также мышьяк, сурьма, селен задерживаются в самом верхнем слое почвы, поскольку поступают из воздуха в основном в виде нерастворимых пылевых частиц. Водно-растворимые соединения металлов прочно связываются с органическим веществом и высокодисперсными минералами почвы, так что лишь небольшая часть их выносится за пределы почвенного профиля. Но в кислых почвах тяжелые металлы накапливаются в относительно подвижных формах, опасных для растений. В случаях выноса в нижние горизонты почвы, ниже корнеобитаемого слоя, поллютанты (в том числе медь, никель, хром, мышьяк) становятся недоступными для растений и исключаются из дальнейшей миграции, оставаясь как бы в условиях естественного захоронения.

Трансформация веществ в почве иногда приводит к разрушению токсичных продуктов (например, нейтрализация минеральных кислот в щелочных почвах или щелочей в кислых; разложение и минерализация углеводов, пестицидов, переход веществ при окислительно-восстановительных реакциях в малоподвижные и нетоксичные соединения).

Поведение и трансформация поллютантов в почве зависят как от их собственных свойств, так и от свойств почвы — водного, воздушного и теплового режимов (связанных в свою очередь с механическим составом, структурностью), реакции почвенного раствора, окислительно-восстановительных условий, гумусированности, емкости поглощения и др. Легкие почвы более водопроницаемы, лучше аэрируются и промываются, что способствует выносу продуктов загрязнения. Реакция среды влияет на подвижность тех или иных элементов. Чем больше в почве коллоидных частиц (диаметром менее 0,1 мкм), чем более она гумусирована и чем выше емкость поглощения, тем выше ее буферная способность, т. е. способность переводить токсичные вещества в нетоксичные формы и связывать их. Буферная емкость почвы — это то предельное количество поллютанта, больше которого почва не может аккумулировать. Считается, что чем выше

буферная емкость почвы, тем она устойчивее и тем эффективнее защищает ландшафт (и в первую очередь биоту) от вредного воздействия загрязнений. Однако такую роль почва может выполнять лишь временно, поскольку пределы буферной емкости рано или поздно будут перекрыты. Общей тенденцией является прогрессирующее увеличение концентрации вредных веществ в почвах. «Складирование» опасных веществ в верхнем горизонте почвы нельзя рассматривать как гарантию от их последующего вредного воздействия. Скорее наоборот, подобное накопление загрязнителей таит в себе потенциальную угрозу вовлечения их в миграцию, в том числе в биологический круговорот (например, при нарушении защитного растительного покрова, мелиорации, развитии эрозии и дефляции и т. д.).

Негативное влияние подзотантов на почву сказывается главным образом через подавление микроорганизмов или вредное воздействие на ферменты, которые они производят. В результате замедляется разложение опада, сокращается содержание гумуса. Кадмий, никель, медь, цинк негативно воздействуют на клубеньковые бактерии. Кислые осадки вымывают из подстилки подвижные катионы натрия, калия, кальция, магния, увеличивают концентрацию иона водорода. Загрязнение почвы нефтепродуктами ухудшает ее аэрацию и деятельность микроорганизмов, понижает содержание водно-растворимых солей, натрия, калия, магния. Непосредственное воздействие на свойства почвы могут оказывать некоторые химически активные вещества. Например, сероводород и метан изменяют окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные условия в почве.

Легкие углеводороды при теплом и сухом климате сравнительно быстро испаряются из почвы в атмосферу, растворимые соединения выщелачиваются в нижние слои и могут быть вымыты из почвы. Тяжелые углеводороды разлагаются медленно и могут рассеиваться в почве на больших пространствах. Если в лесостепи скорость разложения органических загрязнителей в почве принять за 1, то в подзолистых таежных почвах она составит 0,2–0,3, а в тундровых глеевых — 0,02–0,05 (Глазовская, 1979). Скорость вымывания зависит в основном от водопроницаемости и сорбционной способности почв. Если на песчаных почвах ее принять за 1, то на суглинках она составит 0,2–0,3, а на суглинках и глинах в условиях вечной мерзлоты — 0,01–0,05.

Техногенный свинец — наименее подвижный из тяжелых металлов — накапливается в подстилке и верхнем (0–5 см) слое почвы (главным образом в глинистой фракции). Его концентрация может превышать фоновую в сотни и тысячи раз. Свинец поступает в почву из атмосферы в разнообразных формах: PbS , PbO , $PbSO_4$ и др. (от предприятий цветной металлургии), галоидных солей $PbBr$, $PbBrCl$, $Pb(OH)Br$ и др. (в выхлопных газах). Благодаря высокой способности органического вещества связывать свинец он легко переходит из атмосферной влаги в почву. При этом галоидные соли реагируют с анионами сульфатов, фосфатов, карбонатов и превращаются в труднорастворимые оксиды, карбонаты, сульфаты. В результате подвижность свинца резко сокращается, что способствует его накоплению в самой верхней части почвенного профиля. Инертность свинца обуславливает его прогрессирующее накопление в почве. В промышленных районах ежегодное поступление свинца в почву во много раз превышает его удаление со стоком. Некоторая доля техногенного свинца вовлекается в биологический круговорот, оказывая при этом негативное воздействие на живую природу, хотя большинство

почвенных бактерий, а также грибы обнаруживают высокую резистентность к свинцовому загрязнению.

Ртуть образует в почве высокотоксичные металлоорганические соединения, очень устойчивые в восстановительных условиях, где низка деятельность микроорганизмов. Сульфиды ртути в кислых и нейтральных почвах слабоподвижны, в щелочных переходят в растворимые формы и могут накапливаться в засоленных почвах с выпотным режимом. Кадмий токсичен для почвенной микрофлоры, причем токсичность возрастает с повышением pH. В кислых лесных почвах с промывным режимом опасность снижается. В щелочных почвах кадмий может накапливаться в слабоподвижных формах. Аналогичные закономерности присущи другим тяжелым металлам (цинк, медь, кобальт, никель). Хотя в кислых почвах их соединения более подвижны и токсичны, но легче вымываются. В щелочных условиях преобладают слабоподвижные формы с тенденцией к накоплению.

Известны попытки определить пороговые концентрации техногенных загрязнителей, например свинца в почве, опасные для здоровья человека. Однако результаты, полученные разными авторами, часто оказываются противоречивыми. Принятые официально ПДК (некоторые примеры приведены в табл. 29) преимущественно не обоснованы и нередко чрезмерно жестки. Так, ПДК свинца в почве — 20 мг/кг сверх природного фона, принятого за 12, т. е. в сумме 32 мг/кг, — близок к фоновому уровню для большинства незагрязненных почв. В черноземах, например, естественная концентрация свинца составляет в среднем около 25 мг/кг. Основными критериями уровня техногенного химического загрязнения почвы логично считать реакции организмов. Однако у каждого вида и даже у каждой популяции существует свой порог чувствительности к изменениям свойств почвы.

Информация по техногенному загрязнению почв недостаточна, неоднородна и отрывочна. Основой для сравнения и оценок могут служить главным образом результаты определения концентрации тяжелых металлов в почвах ряда промышленных центров. С 1984 г. наблюдения велись в 164 пунктах, с 1989 г. — в 98, но из этого числа ежегодно наблюдениями было охвачено лишь 20–50 промышленных центров. В сеть пунктов не вошли многие регионы страны, в том числе Северо-Запад с С.-Петербургом, Юг ЕТР, Предкавказье (рис. 58). Следует отметить, что места отбора проб располагаются на разных расстояниях от источников загрязнения, что не позволяет производить вполне корректные сопоставления. К этому надо добавить несовершенство методики отбора образцов и их обработки, неравномерность поступления загрязнителей, пестроту их распределения и различные формы содержания в почве.

При оценке уровня загрязнения почв отдельными ингредиентами используются различные критерии: в одних случаях — ПДК, в других — превышение над фоновым уровнем, в третьих — над кларковым. Приведем некоторые данные о наибольших средних концентрациях (за годы наблюдений, включая 1993 г.) тяжелых металлов в почвах городов, согласно «Ежегоднику загрязнения почв...» (1994):

- ванадий — превышение ПДК наблюдалось в 7 городах, самое высокое в Иркутске (1,4 ПДК);
- кадмий — выше 2 кларков в 21 пункте (Белово в 4,5 раза, Реж в 3,5, Кировград в 2,5);
- кобальт — выше 2 кларков в 8 пунктах (Орск в 4,8 раза);
- медь — выше 5 кларков в 12 пунктах (Верхняя Пышма в 4,7 раза);

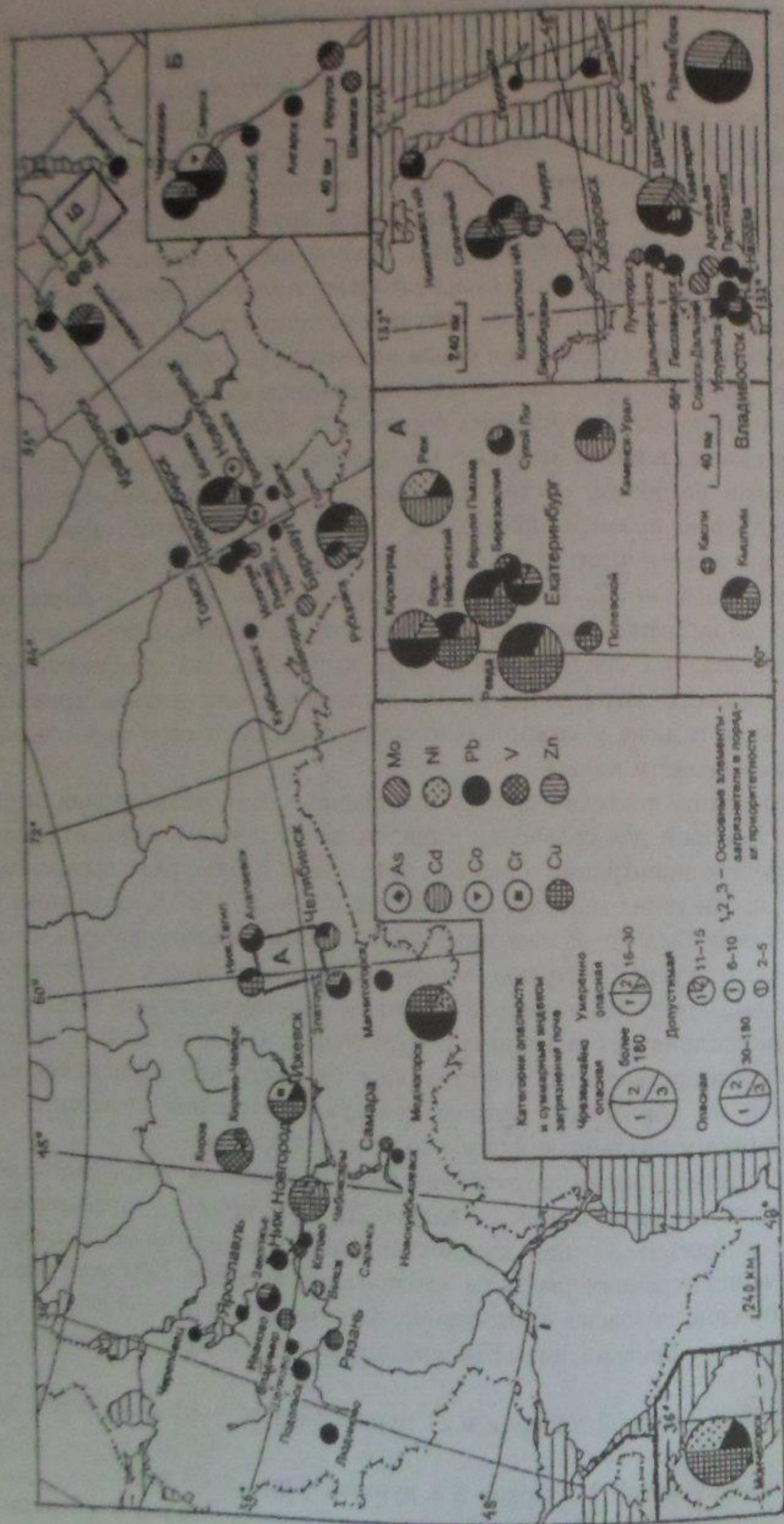


Рис. 58. Загрязнение почв тяжелыми металлами вокруг промышленных центров.

марганец — нигде не наблюдалось превышения ПДК,
 молибден — выше 2 кларков в 14 пунктах (Рубцовск в 3,8 раза, Орск в 2,8, Славгород в 2);
 мышьяк — выше ПДК в 11 пунктах (Горняк в 37 раз, Заринск в 25, Линево в 16);
 никель — выше 2 кларков в 11 пунктах (Реж в 4,4 раза, Орск в 3,2),
 свинец — выше 30 мг/кг (т. е. несколько ниже ПДК, равного 32 мг/кг) в 44 пунктах (Рудная Пристань в 60 раз, Свирск в 12,3, Горняк в 9,3, Кировград в 9,3).
 Согласно другому источнику (Государственный доклад..., 1994), обследование содержания тяжелых металлов в 5-километровой зоне вокруг 85 городов в 1993 г. дало следующие результаты:

ванадий — в 4 пунктах от 0,07 до 1,5 ПДК;
 медь — более чем 10-кратное превышение кларка вокруг 5 городов (Ревда, Мончегорск, Ижевск, С.-Петербург, Рязань);
 марганец — в 3 пунктах от 0,05 до 6 ПДК;
 никель и кобальт — более 10 кларков вокруг Мончегорска,
 свинец — в обследованных пунктах от 0,4 до 80 ПДК; превышение ПДК в 10 и более раз в 5-километровой зоне Рудной Пристань, Белово, Верх-Нейвинского, Дальнегорска, Медногорска, Свирска, С.-Петербурга.

Как видим, приведенные данные во многих отношениях трудно сопоставить. Одно из бросающихся в глаза различий — присутствие во втором перечне С.-Петербурга в числе городов, наиболее загрязненных по меди и свинцу.

Для комплексной оценки уровня загрязнения почв тяжелыми металлами и степени опасности для здоровья человека НПО «Тайфун» (г. Обнинск) предложен условный индекс загрязнения почв, основанный на расчетах суммарного отношения концентрации учитываемых элементов к их фоновому (практически — кларковому) содержанию. По величине индекса все пункты наблюдений (около 100) ранжированы и сгруппированы в 4 категории опасности — от допустимой до чрезвычайно опасной. К последней могут быть отнесены, с большим отрывом от остальных, Рудная Пристань (индекс 231), Мончегорск (180), Ревда (180) и Белово (172) (Ежегодник загрязнения почв..., 1994). По материалам указанных расчетов составлена прилагаемая карта (рис. 58).

Основными источниками загрязнения почв городов и их ближайших окрестностей тяжелыми металлами служат предприятия цветной металлургии, в меньшей степени — черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроения. Загрязнители поступают в почву преимущественно через атмосферу. Кроме тяжелых металлов в их составе часто имеются и другие вредные примеси, в том числе фтор. В 1993 г. вокруг Братска, Красноуральска, Новокузнецка, Волгограда, Красноярска максимальное содержание валового фтора в почве превышало фоновое в 4-10 раз, а содержание водно-растворимых форм в 10-30 раз превышало ПДК.

Загрязнение почв может распространяться в радиусе до нескольких десятков километров от источников. К 1994 г. было учтено более 700 тыс. га земель с чрезвычайно опасным загрязнением почв вокруг основных загрязняющих промышленных центров (Охрана окружающей среды..., 1995). По мере удаления от источников выбросов происходит близкое к экспоненциальному уменьшение концентрации тяжелых металлов в почве, и в соответствии с этим вокруг крупных промышленных центров образуются

локальные зоны различной степени техногенной трансформации геосистем. Так, ареал закисления (по снежному покрову) Норильского горно-металлургического комбината занимает 7520 км², а Мончегорского медно-никелевого комбината — 900 км². В пределах влияния первого максимальная аккумуляция тяжелых металлов в почве наблюдается на расстоянии 6,7–7 км, радиус зоны интенсивного воздействия на геосистемы и их структурной перестройки — 11 км. В районе Мончегорского комбината наиболее интенсивная аккумуляция поллютантов и формирование зоны структурной перестройки геосистем происходят в радиусе 5 км. Радиус внешней зоны влияния, где наблюдается выпадение отдельных элементов геосистем, в районе Норильска достигает 32–38 км, в районе Мончегорска — 25–30 км (Бредихина, Дончева, 1997).

Вне ареалов воздействия городов и промышленных центров существуют многочисленные иные источники химического загрязнения почв. Напомним об автомагистралях, железных дорогах, нефте- и газопроводах, рассеивании пестицидов и др. Вдоль оживленных автомагистралей формируются линейные техногенные геохимические аномалии с высокой концентрацией в почве соединений свинца, а также тяжелых углеводородов и других поллютантов. В 1991 г. остаточное количество пестицидов обнаружено в 20% почвенных проб, из них в 4% с превышением ПДК. Существуют, таким образом, основания говорить о локальных геохимических аномалиях по пестицидам в ряде районов.

Специфический источник опасного загрязнения почв — разлив ракетного топлива в местах падения отделяющихся частей ракет-носителей. Главный токсикант — несимметричный диметилгидразин (НДМГ), легко окисляющийся и образующий вторичные токсичные соединения, относящиеся к I классу опасности для человека. Миграция, трансформация и аккумуляция НДМГ во многом зависят от характера ландшафта и подчинены зональности. В тундровых ландшафтах недостаток солнечной радиации и ее ультрафиолетовой части, избыточное увлажнение, господство кислых глеевых условий, высокая сорбционная способность почв благоприятствуют длительному сохранению НДМГ. В местах выпадения его концентрация может достигать 268 мг/кг при условно допустимой норме 0,1 мг/кг и сохраняется более 20 лет на уровне, превышающем эту норму. В тасжной зоне природные условия также способствуют накоплению НДМГ, главным его концентратором (как, впрочем, и в тундре) служит торф. В степных и пустынных ландшафтах условия для сохранения НДМГ неблагоприятны вследствие интенсивной солнечной радиации, высоких температур, недостатка влаги. Эти условия препятствуют миграции загрязнителя и способствуют его быстрому разложению. Максимальная концентрация НДМГ в почвах достигает 18 мг/кг, однако растения в аридной зоне способны накапливать до 224 мг/кг, тогда как в тундре — лишь до 46,6 мг/кг (Касимов и др., 1997).

Растительность относится к компонентам ландшафта, испытывающим наиболее сильное антропогенное воздействие, но в то же время она активно трансформирует это воздействие. Растения способны интенсивно поглощать техногенные поллютанты, причем разные виды обладают избирательной способностью. Газообразные атмосферные примеси могут накапливаться в листьях непосредственно из воздуха через устьица и связываться в тканях. С увлажненной поверхности листьев поглощается в 10 раз больше газов, чем с сухой. Тяжелые металлы в основном перехватываются листьями и накап-

ливаются на их поверхности, а после их опадения в конечном счете попадают в почву. Так что в данном случае растения служат как бы промежуточным звеном в миграции элементов между атмосферой и почвой, но одновременно играют роль фильтра, очищающего воздух. Хвойные деревья перехватывают больше металлов, чем лиственные. Накопление тяжелых металлов растениями зависит от интенсивности воздействия, расстояния от источника, метеорологических и других условий. Так, вдоль автомобильных дорог свинец наиболее интенсивно поглощается на расстоянии до 5–10 м от обочины, в меньшей степени — до 200–300 м, причем в древесной растительности накопление его сокращается быстрее, чем в травяной.

По сравнению с механическим перехватом тяжелых металлов надземными частями растений, роль всасывания корнями из почвы относительно невелика. Хуже других металлов корневой системой усваивается свинец.

Данные о воздействии на растения тяжелых металлов противоречивы. Считается, что к наиболее опасным для деревьев относятся кадмий, кобальт, хром, медь, свинец, ртуть, никель, но кадмий и никель быстро выносятся, тогда как ртуть и некоторые другие металлы способны аккумулироваться.

В целом растения более устойчивы к тяжелым металлам, чем к газам техногенного происхождения и кислым дождям. Кислые дожди интенсивно вымывают из растений калий, кальций, натрий, магний, марганец и органические вещества, вызывают серьезные повреждения листьев. При остром (импактном) воздействии газов на листья деревьев реакция растений зависит от их генетических особенностей, возраста (взрослые деревья менее страдают, чем сеянцы и молодняки), температуры и влажности воздуха, освещенности, скорости ветра и др. Существенное значение имеют концентрация поллютанта, взаимодействие разных поллютантов между собой, длительность воздействия. Импактные воздействия через повреждение листьев замедляют рост деревьев, снижают продуктивность, увеличивают заболеваемость и подверженность инвазиям насекомых.

Наибольшую опасность для растений представляют соединения серы и фтора. Диоксид серы, поступая через устьица листьев, легко растворяется, образуя сернистую кислоту. Ион SO_4^{2-} нарушает ряд биохимических процессов. Мхи и лишайники гибнут при концентрации SO_2 в воздухе около 5 мкг/м³, лиственные деревья выдерживают концентрацию, превышающую эту величину на порядок и более. Но хвойные деревья очень чувствительны к диоксиду серы. Вблизи мощных источников загрязнения атмосферы диоксидом серы наблюдается полное уничтожение растительного покрова. «Мертвая зона» окружена зонами с разной степенью угнетения растительности.

Оксиды азота менее вредны для деревьев, чем SO_2 . Диоксид азота более токсичен, чем оксид. Наблюдаются также очень большие различия в чувствительности разных видов. При небольших дозах NO_2 даже может играть роль удобрения (на почвах, бедных азотом). Оксид углерода плохо растворяется и плохо абсорбируется, он не сопровождается остротоксичным воздействием даже при очень высокой концентрации. Аммиак редко оказывает прямое воздействие на растение, но образует вредные аэрозоли, в том числе серноокислый аммоний. Среди летучих углеводородов следует отметить этилен, к которому очень чувствительны некоторые растения.

Растительность — важнейший активный реципиент техногенных загрязнений и их индикатор. Она выполняет стабилизирующие экологические функции в ландшафте, очищая воздух от вредных атмосферных примесей, являясь барьером на пути миграции

поллютантов из воздуха в почву, препятствуя распылению почвы и вторичному загрязнению воздуха. Кроме того, растительный покров сокращает поверхностный сток, предотвращает загрязнение рек и водоемов за счет смыва с водосборной площади. Уничтожение растительного покрова приводит к резкому нарушению баланса веществ и геохимического равновесия в ландшафте.

Состояние растительности дает возможность косвенно судить о техногенных нагрузках на более консервативные компоненты ландшафта, где непосредственные последствия обнаруживаются с трудом. Поэтому можно согласиться с мнением, что состояние биоты, ее продуктивность и качество производимой продукции служат главным показателем нормального функционирования почвы и всего ландшафта (Глазовская, 1988).

Стабилизирующая экологическая функция растительного покрова находится в определенном противоречии с его высокой чувствительностью к антропогенным, в том числе технохимическим, воздействиям. Известны довольно многочисленные факты о влиянии химических загрязнений на растительный покров различных ландшафтов. Ограничимся лишь одним примером, относящимся к району уже упоминавшегося медно-никелевого комбината в Мончегорске. Еще в 60-е годы было установлено накопление меди и никеля в растениях, выпадение древесных пород, изменения в травяно-кустарничковом ярусе, гибель мхов и лишайников в лесах на расстоянии до 10–13,5 км от комбината (Е. Исаченко, Филиппова, 1975). В. В. Крючков (1988б) выделил 5 зон деградации экосистем вокруг медно-никелевых предприятий, в совокупности охватывающих всю индустриально развитую часть Кольского полуострова. Даже в периферической зоне, на площади 40–50 тыс. км², где не заметно внешних признаков поражения растительности, концентрация тяжелых металлов в хвое в 5–10 раз превышает фоновую, а в эпифитных лишайниках — в сотни раз.

Реакция одного и того же вида на воздействие поллютанта зависит от многих условий, как внешних (в частности, метеорологических), так и внутренних (избирательная способность к поглощению различных элементов, неодинаковая чувствительность к загрязнениям в разных фазах роста и развития и др.). Установлено, например, что при недостатке влаги растения более резистентны к воздействию атмосферных примесей, чем при избытке, поскольку влажная погода способствует растворению многих веществ (в том числе диоксида серы) и проникновению их в ткани листьев. Существенное значение имеет длительность воздействия. Известны многочисленные попытки определить пороговые значения концентрации различных загрязнителей для растений (см., например, табл. 28 и 29). Однако оценки разных исследователей могут сильно расходиться. Так, пороговая концентрация свинца в листьях растений оценивается от 10 до 300 мкг/г. Согласно В. В. Добровольскому (1983), пороговая концентрация диоксида серы в воздухе для большинства растений составляет 785 мкг/м³. Однако В. В. Крючков (1988а) приводит для растений Кольского полуострова более жесткие нормативы (мкг/м³):

эпифитные кустистые лишайники	5
сфагновый мох	5–9
зеленые мхи, напочвенные кустистые лишайники, хвойные деревья	9–50
береза, рябина	50–70
ольха, ива, брусника, черника, голубика, травянистые растения	70–100

В приведенных цифрах не учитывается длительность воздействия, точнее, подразумевается постоянное присутствие в воздухе примеси с указанной концентрацией. По исследованиям Л. К. Серебряковой (1980) для хвойных и лиственных деревьев максимальная разовая концентрация SO₂ в воздухе на уровне крон составляет 80 мкг/м³, а допустимая средняя суточная (при длительном воздействии) — 20 мкг/м³. Однако эти нормы, по-видимому, чрезмерно ужесточены. По разным источникам пороговые для растений величины содержания диоксида серы в воздухе колеблются от $n \cdot 10^2$ до $n \cdot 10^4$ мкг/м³ в зависимости от вида.

Животные также являются весьма чувствительными реципиентами техногенных воздействий. Вредные вещества поступают в организм наземных животных через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт — главным образом с поедаемыми растениями. Эти вещества имеют тенденцию увеличивать концентрацию с переходом от низших звеньев пищевой пирамиды к высшим, что может привести к тяжелым физиологическим расстройствам и гибели животного. Из атмосферных загрязнителей к числу самых опасных (в частности, для домашних животных) относятся фтор и свинец. Возможны острые отравления фтором при вдыхании, но наиболее опасна хроническая интоксикация — через почву и растительный корм. Избыточное потребление фтора вызывает поражение зубов (флюороз), деформацию костей. Свинец попадает в организм животных в основном через пищевые цепи. В больших дозах опасность для животных представляют также медь (поражает печень, вызывает анемию, желтуху), цинк (угнетение окислительных процессов, анемия), кобальт и другие тяжелые металлы. Атмосферные поллютанты оказывают стрессовое воздействие на лесных насекомых-фитофагов. Сероводород и фтор губительны для пчел.

Загрязнение поверхностных вод губительно действует на пресноводную фауну и служит одной из причин (наряду с гидротехническим строительством и антропогенным преобразованием речного стока) обеднения ихтиофауны и сокращения рыбных ресурсов. Кризисным состоянием в этом отношении характеризуются реки бассейнов Волги и Каспия, реки и озера Балтийского бассейна, Карелии и Кольского полуострова, а также многие реки, относящиеся к бассейну Северного Ледовитого океана, особенно Обь и ее притоки. Ранее уже упоминалось об ущербе, наносимом ихтиофауне Сибири предприятиями нефтегазовой, золото- и алмазодобывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, цветной металлургии и других отраслей.

2.5. Антропогенные нагрузки и трансформация ландшафтов

Прогрессирующее антропогенное воздействие на ландшафты, а тем самым на среду обитания людей, обуславливает актуальность проблемы *экологического нормирования*. Затронутые в предыдущей главе вопросы установления предельно допустимых и пороговых концентраций вредных веществ имеют прямое отношение к названной проблеме, но составляют лишь ее небольшую часть. Рассмотренные нормативы (независимо от степени их обоснованности и надежности) учитывают только возможное воздействие отдельных технoхимических факторов непосредственно на здоровье человека, но никак не на состояние среды его обитания. Главную задачу экологического нормирования следует видеть в разработке нормативов для различных антропогенных нагрузок на геосистемы в целом как естественные системы жизнеобеспечения населения. Ключевое значение для решения проблемы экологического нормирования имеют исследования *устойчивости геосистем к антропогенным нагрузкам*. Необходимой предпосылкой для анализа устойчивости геосистем в свою очередь должна служить возможность количественной оценки интенсивности всякого антропогенного воздействия, т. е. *антропогенных нагрузок*.

Обсуждение большой и сложной, пока еще далекой от разрешения проблемы экологического нормирования выходит за рамки этой книги, однако связанное с ней понятие об антропогенных нагрузках имеет прямое отношение к ее содержанию. Заметим, что для решения задач экологического нормирования и для практической реализации результатов исследований в этой области (как, впрочем, и в других сферах экологической географии) важно опираться на иерархию геосистем и выбрать в ней адекватный уровень. Экологические нормативы приобретают практический смысл, если они разработаны применительно к территориальным объектам, подвергающимся непосредственному антропогенному воздействию (вырубке, распашке, застройке и т. п.). По своим территориальным масштабам подобные объекты обычно соответствуют локальным геосистемам, т. е. морфологическим частям ландшафта порядка урочищ или местностей. При эколого-географическом анализе на региональном уровне, с которым мы имеем дело в данном случае, возникают иные задачи, и в частности сравнительная оценка экологического состояния ландшафтных регионов всей страны. Здесь не обойтись без представления об антропогенных нагрузках, которое также приобретает особую специфику в зависимости от уровня исследования — локального или регионального.

Понятие «антропогенная нагрузка», несмотря на его широкое использование в научной литературе, не имеет точного определения. Обычно под ним интуитивно подразумевается некоторая количественная мера воздействия на природный комплекс или на его отдельные компоненты. В хозяйственной практике находят применение различные ведомственные нормативы, по своему характеру близкие к попыткам установить предельные нормы нагрузок на отдельные компоненты ландшафта. Таковы, например, размеры расчетной лесосеки главного пользования, нормы выпаса для естественных кормовых угодий, нормы отстрела промысловых животных и т. п. К этой же категории показателей, в сущности, относятся ПДК вредных веществ в воздухе, воде, почве, растениях. Известны многочисленные попытки установить показатели рекреационных нагрузок. Подобные показатели могут быть в той или иной мере использованы при

комплексной оценке антропогенных нагрузок на ландшафты, но играют ограниченную (вспомогательную) роль, так как, во-первых, далеко не всегда достаточно обоснованы и часто противоречивы и, во-вторых, имеют преимущественно узкую производственную направленность и не отражают влияния учитываемых нагрузок на структуру и функционирование геосистем.

На страницах этой книги уже были упомянуты различные показатели антропогенных нагрузок и некоторые из них нашли отражение на картах. Обратим внимание на два варианта таких показателей — в абсолютном и относительном исчислении. Примером может служить серия карт, отображающих распространение выбросов вредных веществ в атмосферу. На рис. 46–52 показано количество выбросов в тоннах от различных источников (городов и промышленных центров), т. е. конкретный вклад каждого источника в суммарную антропогенную нагрузку в абсолютном выражении. На рис. 53 тот же фактор антропогенной нагрузки представлен в виде суммарного удельного показателя, отнесенного к единице площади. Таким образом мы получаем вместо дискретных пунктов непрерывное изображение, а следовательно возможность сравнивать любые территории (в данном случае — ландшафтные мезорегионы) по интенсивности антропогенных нагрузок данного типа. Аналогичный пример — рис. 54, отображающий антропогенную технoхимическую нагрузку на поверхностные воды. В этом примере на одной карте совмещены оба показателя — абсолютный (для дискретных центров сброса загрязненных вод) и относительный (для всей территории страны по ландшафтным мезорегионам). Есть основания считать, что для оценки нагрузок на геосистемы в региональных масштабах репрезентативны относительные показатели. Помимо названных выше из числа ранее использованных к ним можно отнести распаханность территории (рис. 45), а также серию показателей плотности населения (рис. 38–43).

При оценке антропогенных нагрузок нельзя не учитывать фактор времени. Ландшафтно-географический и экологический эффект воздействия любого антропогенного фактора зависит от его продолжительности и изменения интенсивности во времени. Такое воздействие может быть и практически перманентным для обозримого отрезка времени, и эпизодическим, более или менее кратковременным. В ряде случаев фактор времени как бы автоматически закладывается в используемые показатели. Например, статистические характеристики поступления загрязняющих веществ в природную среду приводятся к календарному году, что позволяет учесть погодичную динамику нагрузок при разного рода экологических расчетах. В разработках по нормированию рекреационных нагрузок предпринимаются попытки учесть фактор времени, т. е. продолжительность рекреационных занятий в пределах сезона или годового цикла.

Таким образом, антропогенную нагрузку можно определить как количественную меру воздействия на геосистему или на ее компоненты, выражаемую в натуральных абсолютных или относительных (удельных) показателях и отнесенную к периоду, в течение которого воздействие сохраняло стабильный характер.

Учитывая многообразие факторов и форм антропогенного воздействия на геосистемы, в практике эколого-географических исследований приходится иметь дело с множеством показателей антропогенных нагрузок. Качественная неоднородность воздействий по их физической природе исключает возможность единой меры нагрузок. Вполне закономерна необходимость разработки системы частных показателей нагрузок на от-

дельные компоненты ландшафта. Несравненно более сложная задача — интегральная оценка антропогенной нагрузки на геосистему в целом, особенно когда речь идет об оценке на региональном уровне в масштабах всей страны. Здесь мы сталкиваемся с трудностями как методического, так и информационного характера. Уже отмечалось, что критерии нагрузок зависят от иерархического уровня геосистем. Очевидно, для сравнительной оценки антропогенных нагрузок, испытываемых ландшафтами различных провинций, не вполне приемлемы показатели, применяемые на локальном уровне. Здесь требуется особый подход, связанный с необходимостью достаточно высокого уровня обобщения, но при этом мы неизбежно наталкиваемся на недостаток информации. Из неограниченного множества возможных частных параметров нужно выбрать минимальное число наиболее репрезентативных и имеющих интегративное значение. Как свидетельствует опыт, весьма полезными могут оказаться некоторые косвенные показатели интегрального характера, например плотность населения. Не касаясь всех деталей выполненного экспериментального исследования с использованием картографического метода, приведем лишь итоговый перечень критериев, принятых для региональной оценки антропогенных нагрузок на современные ландшафты России.

В качестве интегрального показателя антропогенной нагрузки на ландшафты была принята общая плотность населения по ландшафтным мезорегионам (рис. 39). Вполне признавая условность этого показателя, следует отметить его преимущество в сравнении с возможными другими. С изменением плотности населения, как правило, согласуется уровень хозяйственной освоенности территории, интенсивность хозяйственной деятельности и различных форм антропогенного воздействия на ландшафты. Увеличение населенности влечет за собой рост потребления различных природных ресурсов (например, водных, рекреационных), автомобильного парка, количества коммунально-бытовых отходов, не говоря уже об отходах производств, в которых занята активная часть населения. Разумеется, здесь не может быть речи о строгих пропорциях, но вряд ли можно отрицать указанную общую тенденцию. Ряд других показателей позволяет выявить существенные региональные различия в этой общей тенденции, уточнить и конкретизировать оценку антропогенных нагрузок.

Прежде всего важно учесть различия между двумя главными типами хозяйственной деятельности и освоенности территории, которые были рассмотрены в гл. 2.2, а именно «доиндустриальным» (преимущественно сельскохозяйственным) и индустриальным. В системе расселения с первым типом освоения и вместе с тем воздействия на ландшафты сопряжены сельские поселения, а со вторым — городские. Отсюда представляется естественным рассматривать плотность сельского населения как косвенный интегральный индикатор фоновых сельскохозяйственных, а также охотничье-промысловых нагрузок на ландшафты, а плотность городского населения — как соответствующий индикатор очаговых нагрузок, создаваемых промышленным производством и урбанизацией. При ближайшем рассмотрении, однако, оказывается, что указанные индикаторы следует использовать с осторожностью, скорее в качестве вспомогательных. Так, нам уже известны примеры мощных очагов промышленного загрязнения при относительно небольшой численности населения (и соответственно его невысокой плотности в региональных масштабах). Можно также отметить, что в условиях экстенсивного сельского хозяйства при низкой плотности населения не исключены интенсивные нагрузки на естественные

пастбища. По мере улучшения природных условий для сельского хозяйства площадь пашни на душу населения, как правило, уменьшается, поэтому между плотностью сельского населения и распаханностью, которая служит одним из важных показателей антропогенной нагрузки, не существует линейной зависимости.

Опытным путем было установлено, что наиболее репрезентативным региональным показателем фоновой сельскохозяйственной нагрузки на ландшафты является распаханность территории. В качестве дополнительного, или вспомогательного, индикатора в ряде случаев целесообразно использовать плотность сельского населения. Для сравнительной оценки нагрузок очагового характера, связанных с воздействием промышленности и урбанизации, наиболее подходящим показателем оказалась плотность (на единицу площади) выброса загрязняющих веществ в атмосферу; вспомогательное значение имеют плотность городского населения и его доля в общем населении региона.

Для каждого из названных показателей принята условная шкала из 8 ступеней (табл. 30). В соответствии с этими шкалами все ландшафтные мезорегионы ранжированы по каждому показателю в отдельности, а затем по их сочетанию сведены в 30 групп, которые в свою очередь объединены в 9 укрупненных подразделений по шкале общей плотности населения. Полученная оценочная классификация положена в основу содержания пяти карт (рис. 59–63). Краткая характеристика выделенных групп мезорегионов дана в легенде по четырем обобщенным качественным показателям. Критерием общей нагрузки, как уже было сказано, принята плотность всего населения. Все частные нагрузки сведены в три основных вида. В их числе отдельно представлена урбанистическая, под которой подразумевается «нагруженность» ландшафта городскими поселениями со всеми ее экологическими последствиями; основным индикатором считается плотность городского населения, дополнительным — его доля в общем населении мезорегиона. Промышленная нагрузка отделена от урбанистической и ее интенсивность устанавливается по соответствующим ступеням шкалы плотности вредных выбросов в атмосферу (табл. 30). Наконец, в качестве критерия сельскохозяйственной нагрузки взята распаханность, также с ранжированием по соответствующей шкале; в некоторых случаях произведена корректировка с учетом плотности сельского населения.

Приведем несколько типичных примеров. К ландшафтным мезорегионам с очень высокой общей антропогенной нагрузкой отнесены три группы. Среди них выделяется группа 1, в которую вошли Волго-Окская подтаежная провинция (23 на рис. 2), Среднезауральская подтаежная провинция (71 на рис. 2), Кузнецкая лесостепная провинция (78 на рис. 2) и некоторые другие ландшафтные мезорегионы. Общие отличительные особенности ландшафтов этой группы — самая высокая плотность населения (более 100 чел./км²), наивысшая степень урбанизированности (плотность городского населения составляет 100–200 чел./км², а его доля в населении регионов — 80–95%), близкая к наибольшей плотность вредных атмосферных выбросов (25–100 т/км²). По сельскохозяйственной нагрузке отдельные провинции группы 1 заметно различаются, и этот вид нагрузки имеет подчиненное значение, хотя в целом уровень его довольно высок: распаханность колеблется от 30 до 60%, плотность сельского населения — от 10 до 20 чел./км². Две другие группы, отнесенные к первой категории по общей нагрузке, характеризуются несколько более низкими показателями, но не выходящими за пределы принятой шкалы. Так, ландшафты группы 3, типичные для предгорной полосы Север-

Таблица 30. Шкала основных региональных показателей антропогенной нагрузки на ландшафт

Показатель	Средняя для РФ	Интенсивность нагрузки							вспышка или мим отсутствует
		очень высокая	высокая	повышенная	средняя	пониженная	низкая	очень низкая	
Средняя плотность населения, чел./км ²	8,6	> 85	50-85	25-50	10-25	5-10	1-5	0,1-1,0	< 0,1
Плотность выбросов вредных веществ в атмосферу, т/км ² в год	3,1	50-100	25-50	10-25	5-10	1-5	0,1-1,0	< 0,1	0
Распаханность, %	7,8	> 60	40-60	10-40	2-10	1-2	0,1-1,0	< 0,1	0
Плотность городского населения, чел./км ²	6,3	> 80	50-65	25-50	10-25	5-10	1-5	0,1-1,0	< 0,1
Доля городского населения, %	73,6	90-100	80-90	70-80	60-70	40-60	20-40	< 20	0
Плотность сельского населения, чел./км ²	2,3	> 25	10-25	5-10	2-5	1-2	0,1-1,0	0,01-0,1	< 0,1

ного Кавказа, при очень высокой плотности населения (110 чел./км²) относительно слабо урбанизованы (доля городского населения 57%), но выделяются максимальной сельскохозяйственной освоенностью (распаханность 60-70%) и самой высокой плотностью сельского населения (48 чел./км²).

Во вторую категорию мезорегионов — с высоким уровнем общей нагрузки — вошли две группы ландшафтов, типичных для западной части «средней полосы» и Предкавказья, с интенсивным сельскохозяйственным освоением и близким к среднему уровню урбанизованности и индустриального развития. С переходом от группы 4 к группе 5 наблюдается постепенное снижение некоторых показателей антропогенной нагрузки, в том числе плотности атмосферных выбросов — с 10-25 до 4-6 т/км².

Следующая по нисходящей линии категория общей нагрузки, определяемая как повышенная, объединяет группы 6-9, куда вошли ландшафты разных зон с близкой плотностью населения (25-50 чел./км²), но довольно разнообразные по типу антропогенных нагрузок. Так, группа 6, включающая Северо-Уральскую и Обско-Зауральскую подпровинции южной тайги, выделяется высоким уровнем индустриальных нагрузок, но относительно низкой сельскохозяйственной освоенностью. В группе 8, куда вошли многие ландшафты широколиственно-лесной, лесостепной и степной зон, уровень индустриальных нагрузок заметно снижается, а сельскохозяйственных — возрастает, местами почти до максимальных значений. Группа 7 занимает промежуточное положение между двумя предыдущими.

Ландшафты со средней степенью общей антропогенной нагрузки (группы

10-15) широко распространены в южной тайге, подтайге и степи Русской равнины, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока и разнообразны по сочетанию отдельных типов нагрузок и их интенсивности. То же можно сказать о группах 16-20, характеризующихся дальнейшим уменьшением общей нагрузки, определяемой как пониженная. К ним относятся некоторые сравнительно слабо освоенные ландшафты тайги, степей и полупустынь. Последующие ступени шкалы общей антропогенной нагрузки характеризуются дальнейшим снижением всех показателей от низкого до очень низкого и незначительного уровня (группы 21-29), вплоть до практического отсутствия антропогенных нагрузок (группа 30). Сюда вошли многие ландшафты тайги, Субарктики и горных территорий.

На картах (рис. 59-63) фоновыми штриховыми обозначениями выделены группы ландшафтных провинций, о которых шла речь выше. Кроме того, специальными условными обозначениями показаны центры очаговых антропогенных воздействий — городские поселения и промцентры, дифференцированные по числу жителей и количеству вредных выбросов в атмосферу.

Изложенная система группировки ландшафтов, точнее ландшафтных мезорегионов, по характеру и интенсивности антропогенных нагрузок основана на использовании осредненных региональных показателей. При таком подходе неизбежно остаются «за кадром» промышленно-городские очаги, вносящие основной вклад в суммарную региональную нагрузку. Занимая в совокупности всего лишь десятые доли процента от площади страны, они сосредоточивают почти 3/4 ее населения и практически всю промышленность. Если воспользоваться для сравнения среднего регионального фона и отдельных очагов «универсальным» показателем — плотностью населения, то окажется, что в городских очагах она может на два-три порядка превосходить фоновую. Выборочные расчеты показали, что плотность населения в городских поселениях возрастает с увеличением числа жителей в них. Для городов и поселков городского типа с численностью населения до 10 тыс. чел. она в среднем близка к 1500 чел./км² (при выявленной амплитуде от 600 до 2400 чел./км²). Для последующих ступеней увеличения численности населения можно привести такие примерные соотношения:

Города с числом жителей:	Средняя плотность населения, чел./км ²
10 000-20 000	2000
20 000-50 000	3500
50 000-100 000	4000
100 000-250 000	4500
250 000-500 000	5000
500 000-1 000 000	6000
1 000 000-1 500 000	6500
С.-Петербург	8000
Москва	10 000

Разумеется, вряд ли правомерно проводить жесткие параллели между этими цифрами и величинами антропогенной нагрузки, но для первоначальной ориентировки они могут оказаться полезными.

Антропогенные нагрузки ведут к нарушению структуры и функционирования геосистем. Чем интенсивнее нагрузки и чем продолжительнее их действие, тем более

Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (условные обозначения к рис. 59—63)
 Виды антропогенных нагрузок и их интенсивность по ландшафтным мезорегистонам

Общая	Урбанистическая	Промышленная	Сельскохозяйственная
1	Очень высокая	Высокая и очень высокая	Преимущественно высокая
2	Очень высокая	Повышенная	Высокая и повышенная
3	Высокая	Повышенная	Очень высокая
4	Высокая и повышенная	Повышенная	Очень высокая и высокая
5	Повышенная	Средняя	Высокая
6	Повышенная и средняя	Высокая	Преимущественно по средней
7	Средняя и повышенная	Повышенная	Повышенная
8	Средняя	Средняя	Высокая и повышенная
9	Средняя, отчасти пониженная	Очень высокая и повышенная	Низкая и незначительная
10	Средняя	Средняя	Средняя и низкая
11	Средняя, отчасти пониженная	Низкая	Средняя
12	Средняя, отчасти пониженная	Средняя	Повышенная
13	Пониженная и средняя	Пониженная	Повышенная и высокая
14	Средняя	Очень низкая	Высокая
15	Пониженная	Незначительная	Повышенная

Города и населенные пункты городского типа

Число жителей

○ более 1 000 000

○ 500 000—1 000 000

○ 250 000—500 000

○ 100 000—250 000

○ 50 000—100 000

• менее 50 000

Общая	Урбанистическая	Промышленная	Сельскохозяйственная
16	Пониженная	Пониженная	Низкая
17	Пониженная	Пониженная	Средняя
18	Пониженная	Пониженная	Пониженная
19	Низкая	Очень низкая	Повышенная и высокая
20	Отсутствует	Практически отсутствует	Повышенная
21	Низкая	Пониженная	Преимущественно высокая
22	Низкая	Низкая	Низкая
23	Низкая	Низкая	Пониженная
24	Очень низкая и низкая	Очень низкая	Низкая, отчасти очень низкая
25	Очень низкая	Низкая и очень низкая	Низкая
26	Очень низкая	Незначительная	Низкая
27	Очень низкая	Очень низкая	Очень высокая
28	Отсутствует	Практически отсутствует	Низкая
29	Незначительная	Практически отсутствует	Незначительная
30	Практически отсутствует	Отсутствует	Незначительная или отсутствует

Центры загрязнения атмосферы

Выброс вредных веществ, тыс. т в год

○ более 1000

○ 200-500

○ 100-200

○ 50-100

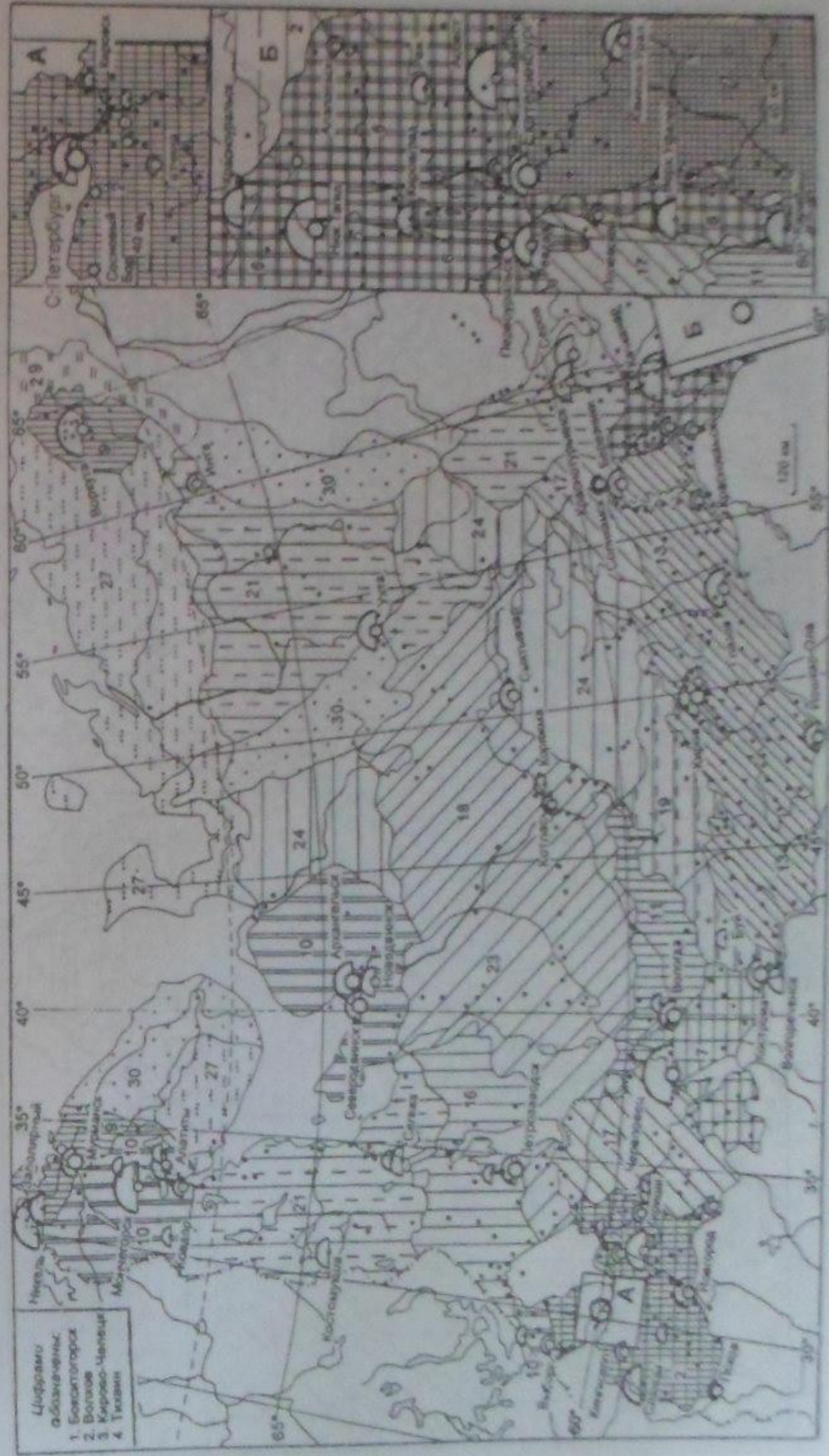


Рис. 59. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (север Европейской России)



Рис. 60. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (север Сибири и Дальнего Востока).

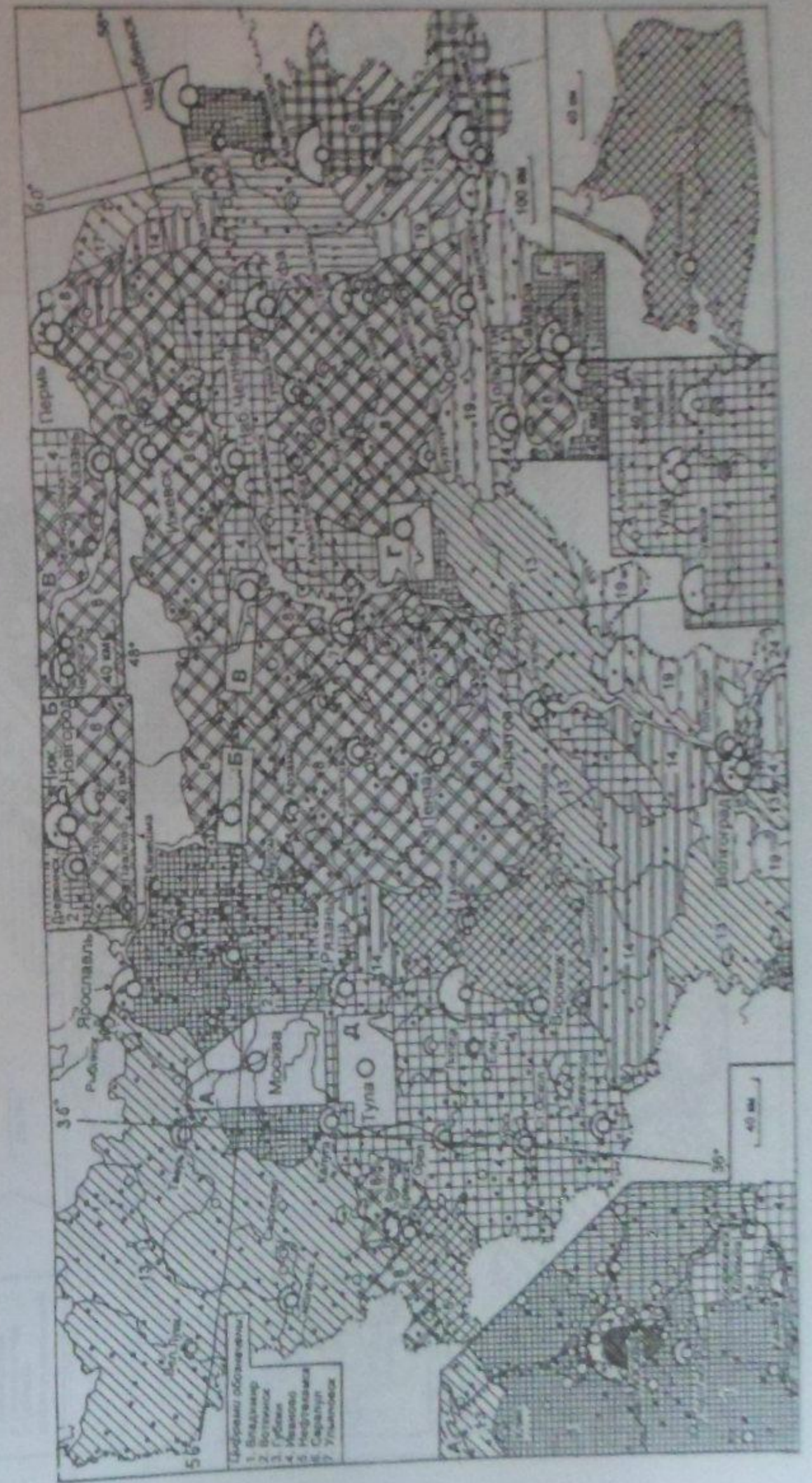


Рис. 61. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (центр Европейской России).

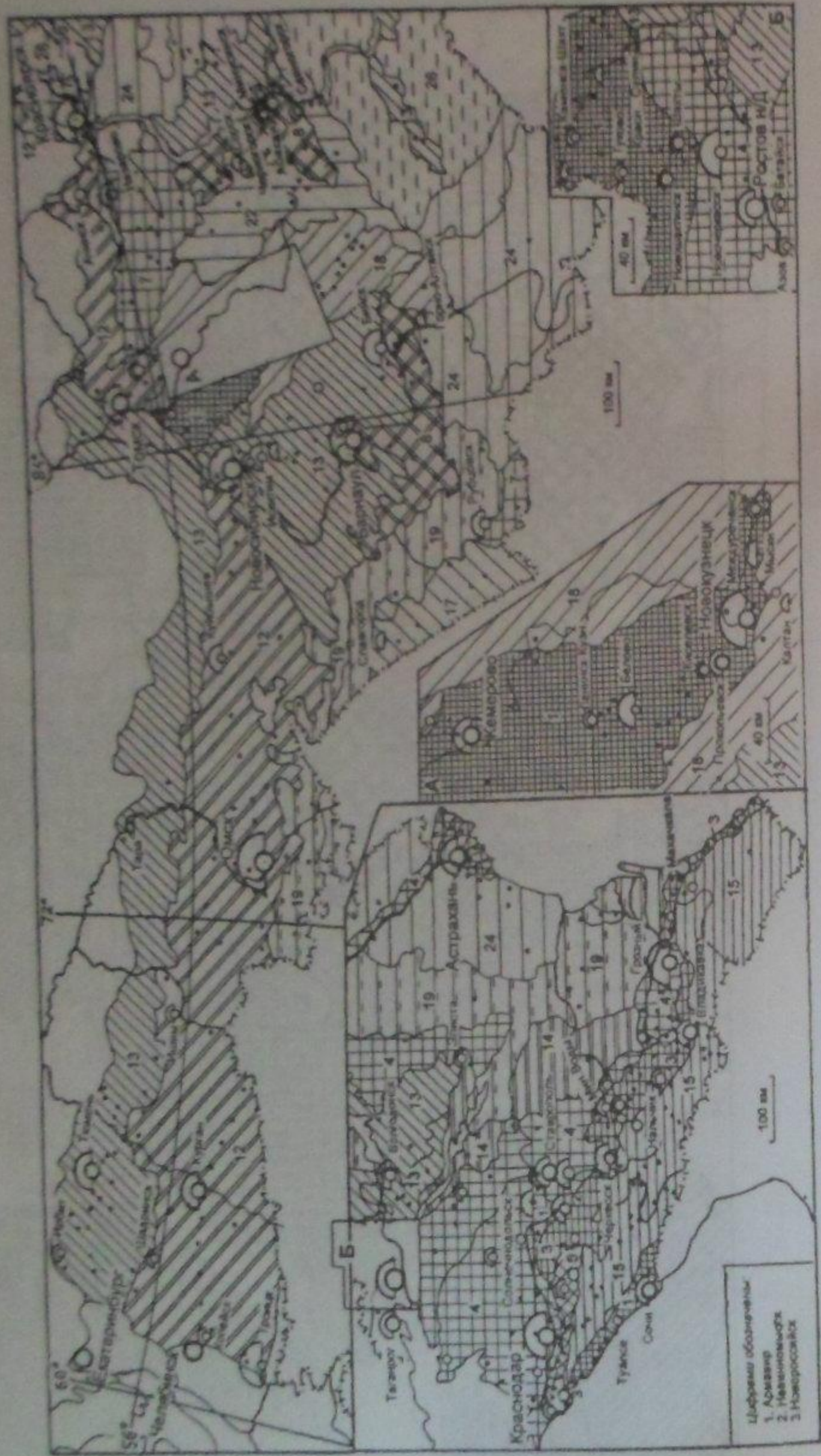


Рис. 62. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (юг Европейской России и Западной Сибири).

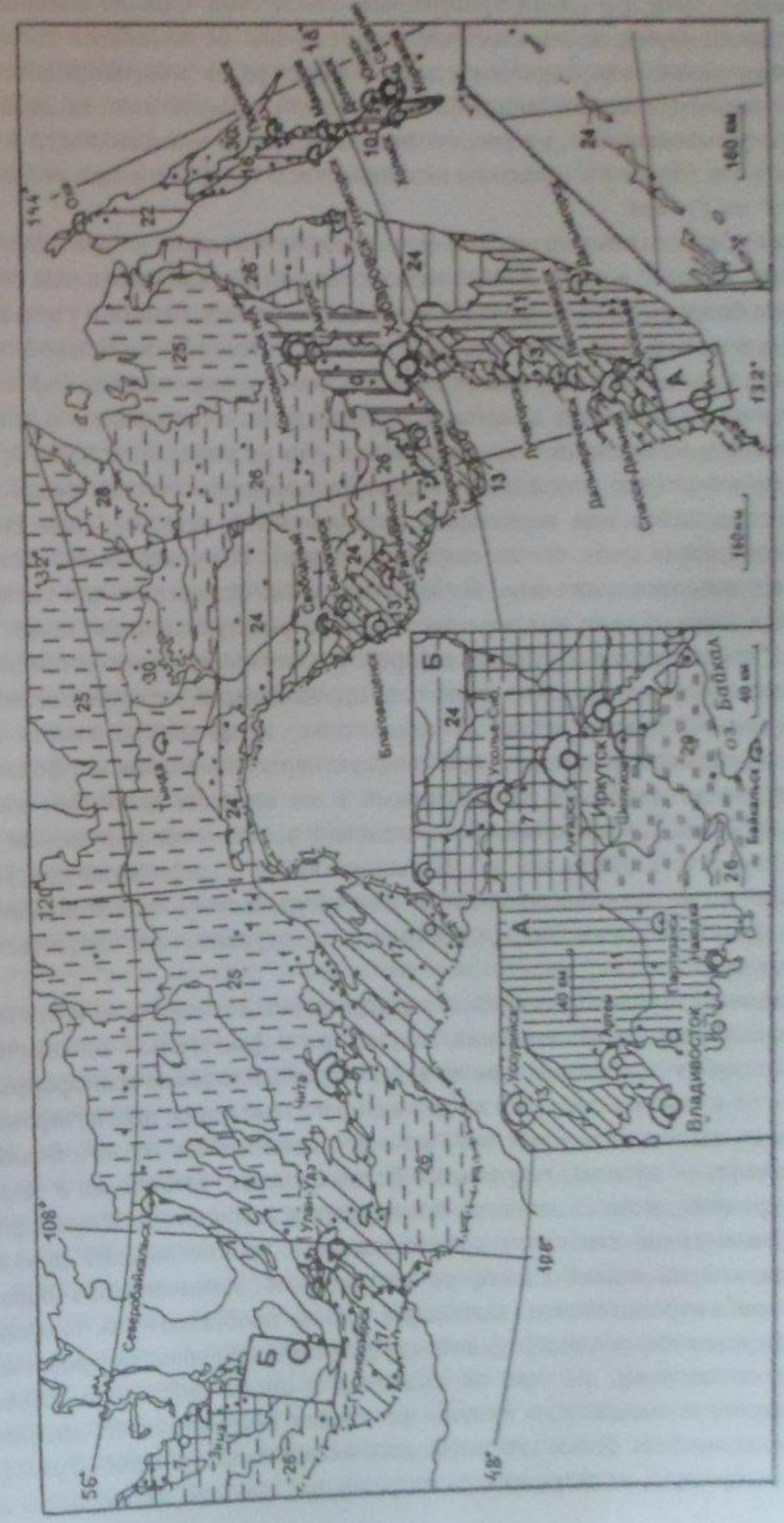


Рис. 63. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (юг Восточной Сибири и Дальнего Востока).

существенные трансформации претерпевает геосистема. Однако связанные с этим процессом и закономерности изучены еще недостаточно. Большинство геосистем подвергаются одновременно или подвергались в прошлом различным антропогенным воздействиям. Нынешнее состояние ландшафтов оказывается результатом наложения последствий исторически сменявшихся, разных по направленности, интенсивности и продолжительности нагрузок. Подход к изучению антропогенной трансформации геосистем во многом зависит от их уровня.

Геосистемы локального уровня, т. е. морфологические подразделения ландшафта, значительно более чувствительны к антропогенным воздействиям, чем собственно ландшафт и тем более региональные системы высоких рангов. Фации и урочища подвержены быстрым и радикальным антропогенным трансформациям и в реальной действительности представлены многочисленными производными (антропогенными) модификациями. Отличительная особенность подобных модификаций — динамизм, т. е. неустойчивость и изменчивость во времени. В сущности каждую модификацию следует рассматривать как временную стадию (сукцессию) в факторально-динамических рядах антропогенезации (усиливающейся при нарастании антропогенной нагрузки) или ренатурализации (восстановительных смен после снятия нагрузки). Нарушенная геосистема стремится вернуться в исходное состояние, но это стремление существует как тенденция, которая реализуется лишь в виде исключения. Процесс ренатурализации может «застрять» на некоторой промежуточной стадии, которой соответствует более устойчивая модификация, чем исходная (например, с длительно-производными мелколиственными лесами на месте коренных темнохвойных). В случаях же, когда интенсивность антропогенной нагрузки переходит за некоторую критическую черту, изменения морфологической части ландшафта могут оказаться необратимыми и на ее месте возникает новая локальная геосистема. Такой результат возможен главным образом при нарушении твердого фундамента (глубокие карьеры и т. п.). Большинству же модификаций присуща неустойчивость. Многие из них неспособны к самостоятельному существованию (например, пашни) и функционируют лишь в постоянно поддерживаемом искусственном антропогенном режиме.

Устойчивость новообразованных модификаций, возможность и степень их обратимости, длительность существования, положение в факторально-динамическом ряду — важнейшие свойства, позволяющие не только судить о глубине трансформации исходных геосистем, но и строить сценарии их дальнейшего поведения, прогнозировать возможные состояния на заданную перспективу, а также оценивать их экологический потенциал.

Ландшафт — система, несравнимо более сложная, устойчивая и долговечная, чем фации и урочища, и не столь легко поддающаяся антропогенной трансформации. Если антропогенная смена геосистем топологического уровня явление довольно обычное, совершающееся на наших глазах, то возможность возникновения нового, в полном смысле слова антропогенного, ландшафта весьма проблематична. Появление многообразных антропогенных модификаций существенно изменяет морфологию ландшафта, усиливает ее пестроту, но еще не приводит к смене собственно ландшафтов. Даже полная антропогенезация всех урочищ не создает антропогенный ландшафт, ибо ландшафт не есть простая сумма его морфологических подразделений. Трансформация последних, как правило, не затрагивает инвариантные качества ландшафта и его первичные

компоненты — твердый фундамент и климат. Антропогенное воздействие оказывает главным образом «вторичные» компоненты ландшафта — биоту, почву, гидрографическую сеть. Можно сказать, что у ландшафта более глубокие корни, чем у урочища — как в переносном, так и в прямом смысле слова. Чтобы заменить данный ландшафт новой устойчивой системой, необходимо по меньшей мере преобразовать определяющие зональные и азональные факторы его формирования, однако это не под силу современному человеку.

Очевидно, для оценки антропогенной трансформируемости ландшафта недостаточны критерии, используемые для геосистем локального уровня. Тем не менее трансформация морфологического строения ландшафта бесспорно служит важным признаком степени его антропогенного изменения. Можно утверждать, что первичная оценка трансформируемости ландшафта как целого должна основываться на анализе пространственно-динамических соотношений между антропогенными модификациями его морфологических подразделений (хотя такой анализ надо рассматривать как первый этап исследования, предшествующий более глубокому функциональному изучению).

Описанный выше подход представляется возможным применить для первичной сравнительной оценки антропогенной трансформируемости ландшафтов всей страны. Однако такое исследование связано с определенными ограничениями, которые обусловлены, с одной стороны, его широкими территориальными масштабами, а с другой — недостатком информации. Что касается первого фактора, то вопрос решается переходом на более высокий уровень ландшафтно-региональной дифференциации, а именно на уровень ландшафтных мезорегионов — провинций и подпровинций. В основу излагаемого ниже анализа положена сетка ландшафтных мезорегионов, состоящая почти из 200 территориальных подразделений (гл. 1.1, рис. 2 и 3). В качестве информационной базы использованы как прямые, так и некоторые косвенные показатели антропогенной трансформации геосистем.

Основополагающее значение для решения поставленной задачи имеет система антропогенных модификаций «первичных» (локальных) геосистем, т. е. тех исходных единиц учета, от сочетания которых будет зависеть конечный (региональный) результат. Исходя из высказанных ранее соображений, система антропогенных модификаций должна строиться по принципу факторально-динамических рядов. Ее основу образуют серии, или динамические ряды, модификаций, соответствующие различным типам хозяйственного освоения территории.

Напомним, что все типы хозяйственного освоения территории можно разделить на две большие группы, условно названные доиндустриальными и индустриальными (гл. 2.2). Первые связаны преимущественно с использованием биоресурсного потенциала ландшафта (от собирательства и охоты до создания искусственных биоценозов), а вторые не связаны с продукционными функциями ландшафта (добыча минерального сырья, промышленная и жилая застройка и т. п.). На доиндустриальных ступенях освоения могут быть в разной степени нарушены структура и функционирование геосистем, но последние не теряют способности производить биологическую продукцию, а их изменения, как правило, имеют обратимый характер. К этой группе относятся многие традиционные формы хозяйственной деятельности, которые можно приближенно раклассифицировать по мере усиления антропогенных нагрузок на ландшафты. Первыми ступенями

антропогенного воздействия следует считать древнейшие экстенсивные формы хозяйственного освоения, которые непосредственно затрагивают лишь отдельные элементы биоты, не приводя к существенной трансформации всей геосистемы (собирательство, рыболовство, охота). Пастбищное животноводство, основанное на использовании естественных кормовых угодий, накладывает более глубокий отпечаток на природный комплекс, затрагивая в значительной степени не только биоту, но и почву. К этой же категории можно отнести лесное хозяйство, точнее добычу древесины, также полностью основанную на использовании естественной биологической продуктивности ландшафта и приводящую к трансформации биоты, но сопровождаемую более или менее существенными нарушениями функционирования всей геосистемы (влагооборота, почвообразования и др.).

Качественно новый этап антропогенного воздействия на ландшафты был связан с развитием земледелия. Такой тип хозяйственного освоения территории также основан на эксплуатации биологического потенциала ландшафта, но не в его натуральной форме, а путем замены естественных биоценозов искусственными. Этот процесс сопровождается обработкой почвы и более глубокими изменениями геосистемы, хотя, как правило, имеет обратимый характер.

Индустриальные формы хозяйственной деятельности охватывают относительно небольшие площади в сравнении с доиндустриальными и имеют преимущественно очаговое распространение, но по интенсивности антропогенных нагрузок и глубине воздействия на геосистемы значительно их превосходят.

Таким образом, основу системы антропогенных модификаций должны составлять их серии по признаку хозяйственного использования и соответствующего ему характера антропогенных нагрузок. Каждая серия включает в себе динамически сопряженный ряд стадийных состояний геосистем, сменяющихся в процессах антропогенизации и ренатурализации. Так, в лесохозяйственной серии это могут быть стадии (модификации) вырубки, закустаривания, заболачивания, разновозрастных насаждений коренных или вторичных пород и т.д.; в пастбищной (пастбищной) серии — различные стадии депрессии или восстановления растительного покрова.

Разработка всеобъемлющей системы антропогенных модификаций не входит в нашу задачу. В данном случае речь может идти лишь о генерализованной схеме применительно к оценке антропогенной трансформированности ландшафтов на мезорегиональном уровне. Кроме того, нельзя не учитывать ограничения, обусловленные недостаточностью и неадекватностью информационной базы. Оценивая антропогенную нарушенность ландшафтных провинций и подпровинций, мы исходим прежде всего из площадных соотношений между наиболее распространенными и репрезентативными модификациями, которые условно можно назвать фоновыми. Как правило, это модификации, доля которых в общей площади региона составляет не менее 10%. Модификации, занимающие свыше половины площади региона, рассматриваются как абсолютно доминантные. В большинстве случаев учитываются и некоторые характерные модификации, занимающие менее 10% общей площади мезорегиона.

Указанные выше ограничения выразились в отказе от учета многочисленных вариантов основных типов хозяйственного освоения и таких факторов антропогенного воздействия, как рекреация, мелиорация, химизация. В составе основных факторально-ди-

намических рядов не всегда удавалось выделить отдельные типичные модификации. Так, все возможные модификации, связанные с распашкой (их можно назвать арвальными от лат. *arvum* — пашня), представлены в виде единой нерасчлененной серии. Ряд трансформаций лесных геосистем разделен на три группы модификаций. В первую группу вошли сильнонарушенные леса, включая разновозрастные насаждения в разных стадиях восстановления, во вторую — длительно-производные, в третью — коренные и условно-коренные. Надо заметить, что практически невозможно отграничить леса коренные от условно-коренных, прошедших все сукцессионные стадии восстановления после вырубки или пожаров. В данном случае к группе коренных и условно-коренных лесных модификаций отнесены спелые и перестойные леса из коренных пород.

На уровне ландшафтных провинций и подпровинций фактически фоновое значение имеют антропогенные модификации доиндустриальных типов. Суммарная доля площади, занятой индустриальными модификациями геосистем, нигде не приближается к 10%. Земли, нарушенные при добыче полезных ископаемых, обычно составляют десятки или сотые доли процента площади ландшафтных мезорегионов и лишь в единичных случаях превышают 1% (см. гл. 2.2). Доля застроенных территорий, как правило, выше, но этот показатель трудно поддается более или менее точному учету.

Городские территории в наиболее урбанизированных ландшафтных провинциях могут занимать до 2% и более от всей площади. Согласно приближенным расчетам, в Волго-Окской (Московской) подтаежной провинции, где расположена крупнейшая городская агломерация и плотность городского населения максимальная (207 чел./км²), на долю городских земель приходится 3,2% всей площади. Такого же порядка этот показатель в подтаежном Зауралье (3,5%) и в северостепном Низком Заволжье (3,2%), в Кузбассе он составляет 2,6%. Урбанизированные территории, точнее территории собственно городов, особенно больших, внутренне крайне разнородны. Они далеко не одинаковы по плотности населения, характеру антропогенных нагрузок, степени трансформированности исходных геосистем. В С.-Петербурге, например, плотность населения административных районов может различаться на порядок: от 2,8–3,5 тыс. чел./км² в периферических районах, с преобладанием новой застройки и значительными зелеными массивами, до 30 тыс. чел./км² в старом, плотно застроенном центре города.

Среди техногенных модификаций геосистем особо выделяются искусственные водохранилища. В известном смысле их можно рассматривать в качестве «новых» геосистем — аналогов естественных водоемов, но с оговоркой: водохранилище функционирует как устойчивая система лишь постольку, поскольку существует удерживающая его плотина. Во всяком случае, к настоящему времени искусственные водохранилища занимают заметное место в ландшафтной структуре страны. В пяти ландшафтных мезорегионах на долю водохранилищ приходится более 10% общей площади, еще в пяти — от 5 до 10%, так что здесь можно говорить о фоновом или близком к нему значении водохранилищ на мезорегиональном уровне.

Принятые для дальнейших расчетов укрупненные категории модификаций можно объединить в следующие группы: 1) ненарушенные (нивално-гляциальные высокогорные, гольцовые, арктические ландшафты, неиспользуемые в хозяйственных целях), 2) слабонарушенные (болотные, озерные, лесные коренные и условно-коренные), 3) сильнонарушенные (лесные длительно-производные и восстанавливающиеся, паст-

бишные, сенокосные) и 4) преобразованные (арвальные, т. е. находящиеся в обработке). В этой группировке несомненно имеется значительная доля условности; она содержится, например, в отнесении всех пастбищных модификаций к сильнонарушенным, всех естественных водоемов — к слабонарушенным (без учета эвтрофированности). Однако необходимость в подобной схематичной группировке диктуется принятой методикой оценки антропогенной трансформированности геосистем по мезорегионам.

При расчетах соотношений между модификациями по ландшафтным провинциям и подпровинциям наибольшую сложность представляет пересчет данных из системы административного деления в систему природных территориальных единиц. В качестве исходной информации использовались статистические материалы по земельному и лесному фонду для республик, краев, областей, а во многих случаях — и для административных районов, лесхозов, леспромхозов. Кроме того, привлекались данные водного кадастра, торфяного фонда, разнообразные тематические карты и литературные источники. Для расчета площадей, занятых водохранилищами, учтены данные по 68 наиболее крупным искусственным водоемам, суммарная площадь которых составляет 92% от площади всех учтенных водохранилищ на территории России.

Все ландшафтные мезорегионы объединены в группы, исходя из сходства в соотношениях основных антропогенных модификаций. Эти группы в свою очередь ранжированы в примерном соответствии со степенью трансформированности ландшафтов. Главными критериями для ранжирования послужили доминантные типы антропогенных модификаций. Результаты этой работы представлены в табл. 31 и на картах (рис. 64 и 65)*.

Таблица 31. Группировка ландшафтных провинций России по площадному соотношению антропогенных модификаций геосистем

Зональные типы ландшафтов	Антропогенные модификации, % от общей площади		
	доминантные	субдоминантные	прочие
1	2	3	4
<i>Абсолютное преобладание преобразованных геосистем</i>			
1. Степные типичные	А 50-70	П 10-25	С <5, Ли <1
2. Лесостепные, реже широколиственно-лесные	А 50-70	-	С 5-10, П 5-10, Ли 5-10
<i>Относительное преобладание преобразованных и сильнонарушенных геосистем</i>			
3. Степные сухие и типичные	А 40-50	П 25-4	С <5, Ли <1
4. Широколиственно-лесные, реже лесостепные	А 45-50	Лпн 20-30	С 5-10, П 5-10
5. Лесостепные	А 30-40	Лп 10-30, Б 10-20, П 10-20, С 10-15	В

* Группировка мезорегионов произведена без учета водохранилищ. Доля последних в структуре мезорегионов показана на рис. 64 и 65 дополнительным условным знаком.

1	2	3	4
6. Сухостепные	П 30-50	А 20-30	С <5, Ли <5
<i>Абсолютное преобладание сильнонарушенных лесных геосистем</i>			
7. Подтаежные, реже южнотаежные	А 25-40	Ли 20-30, Лп 10-20, С 10-15	П 5-10, Лс <5
8. Южнотаежные и подтаежные	Лп 25-40	Ли 20-30, А 15-20	С 5-10, П 5-10, Лс 5-10
9. Южнотаежные	Лп 30-50	Ли 25-30, Б 10-20, А 5-15	Лс 5-10, С 3-10, П 1-5
<i>Сочетание сильно- и слабонарушенных лесных геосистем</i>			
10. Южнотаежные	Лпн 40-50, Б 40-50	-	С 3, А 3, П 2
11. Средне- и южнотаежные	Лс 30-40	Ли 20-30, Лп 15-30, Б 10-20	П 1-5, А 1-3, С 1-3
12. Средне- и северотаежные	Ли 25-30	Лс 15-20, Б до 20, В до 15	Лп 5-10, А <2, С <1
<i>Абсолютное преобладание сильнонарушенных нелесных геосистем</i>			
13. Полупустынные и пустынные	П 70-75	-	А <10
14. Тундровые и лесотундровые	П >50	В, Б	Г
<i>Абсолютное преобладание слабонарушенных лесных геосистем</i>			
15. Средне- и северотаежные	Лс 40-50	Ли 10-30, Лп 10-20, Б до 20	С <1, П <0,5, А <0,2
16. Северотаежные	Лс 40-50	Ли, Б, Г	А <0,1, С <0,1, П <0,1
17. Средне- и северотаежные	Б 50-70	Лс 20-30, Лпн 10-20, В	С <3, П <1, А <0,5
<i>Преобладание сильнонарушенных горных геосистем</i>			
18. Горно-степные и горно-лесные	П 20-60	Лпн 10-30	Г, А <10
19. Горно-лесные	Лпн 50-60	Лс 15-20	А <10, П <10, Г
<i>Преобладание слабонарушенных и ненарушенных горных геосистем</i>			
20. Горно-таежные	Лс 60-70	Лпн 20-30	П <5, А <3, Г
21. Горно-таежные и гольцовые	Г >50, Лс	-	Ли

Примечание. Буквенные индексы модификаций: А — преобразованные (обрабатываемые), П — пастбищные, С — сенокосные, Ли — лесные длительно-производные, Лп — лесные сильнонарушенные, Лс — лесные коренные и условно-коренные, Б — болотные, В — водные (озерные), Г — горные выше границы леса (неиспользуемые).

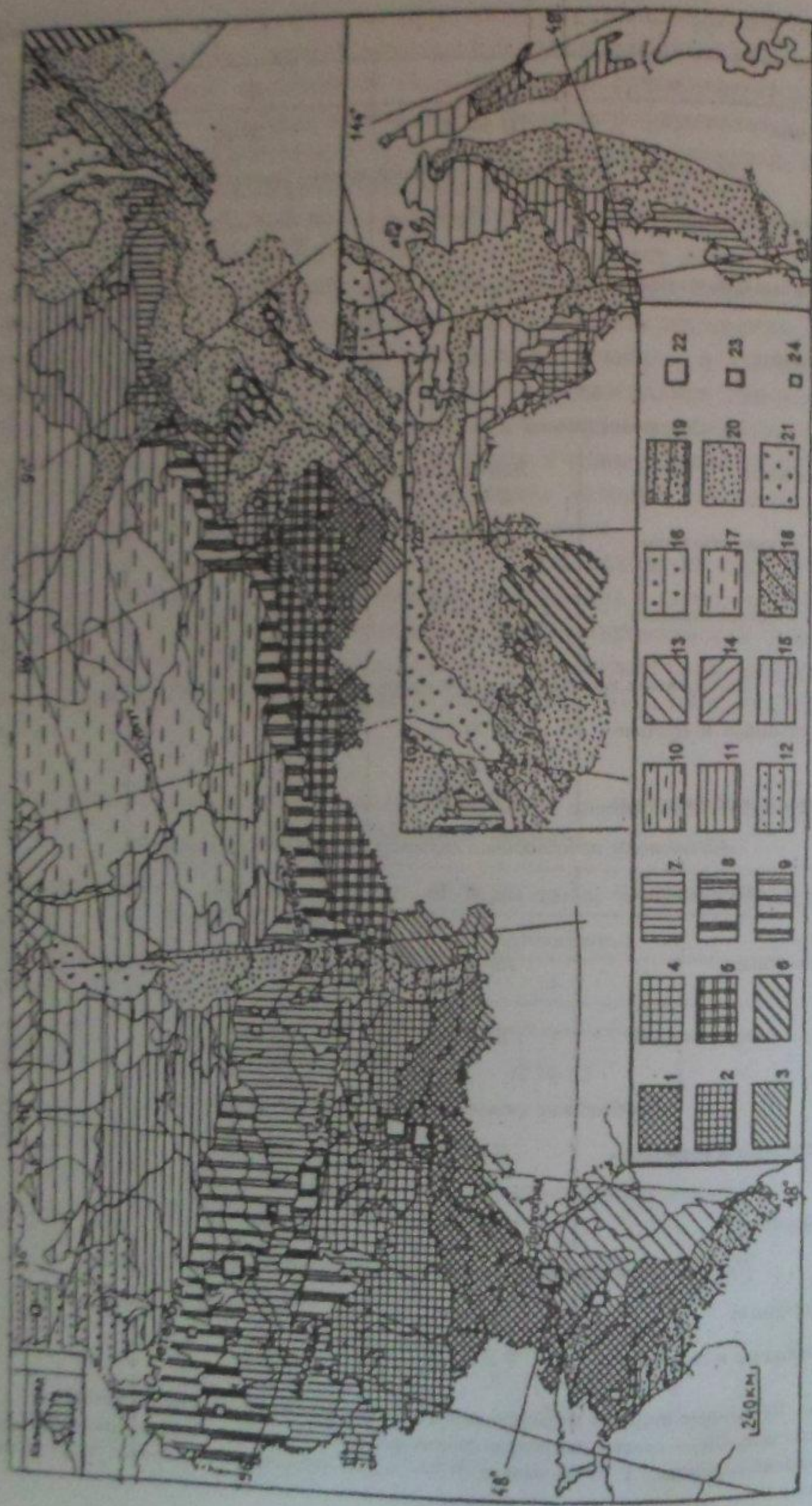


Рис. 64. Антропогенная трансформация ландшафтов по мезорегионам (запад и юг России).
 1-21 — группа ландшафтных мезорегионов (подробнее в табл. 31); 22-24 — доли водоразливов и площади мезорегионов, %: 22 — более 10,
 23 — от 5 до 10, 24 — от 1 до 5.



Рис. 65. Антропогенная трансформация ландшафтов по мезорегионам (север и восток России).
 Условная обозначения см. на рис. 64.

Анализ карт и таблицы позволяет говорить о достаточно четких географических закономерностях. Прежде всего обращает на себя внимание зависимость характера и степени антропогенной нарушенности ландшафтов от их зонального типа, а следовательно от их существенных (инвариантных) природных свойств. Нетрудно заметить, что наиболее интенсивной трансформации подверглись ландшафты типичной степи, лесостепи и зоны широколиственных лесов. Как к северу, так и к югу от этой «осевой» полосы степень нарушенности ландшафтов ослабевает в полном соответствии с законом локальности. Эта общая закономерность дополняется не менее очевидным влиянием долготной секторности и высотной ярусности. Указанная зависимость легко объясняется территориальным размещением различных типов хозяйственного освоения. Но само это размещение в большой степени подчинено ландшафтно-географическим закономерностям, о чем уже говорилось в гл. 2.1.

Итак, хозяйственное освоение территории не есть автономный процесс, как бы извне навязываемый ландшафту; напротив, корни или предпосылки этого процесса лежат в самом ландшафте. И чем более благоприятны природно-ресурсные и экологические предпосылки для хозяйственного освоения, чем сильнее они стимулируют развитие хозяйства, тем более интенсивные нагрузки хозяйство накладывает на ландшафт и тем более существенных трансформаций его можно ожидать. Следовательно, в конечном счете характер и глубина антропогенных трансформаций ландшафта косвенно определяются его собственными качествами, его ресурсно-экологическим потенциалом. В условиях продолжающегося неконтролируемого антропогенного воздействия мы сталкиваемся с парадоксальной ситуацией, когда наиболее серьезные и негативные трансформации проявляются в ландшафтах, изначально самых благоприятных для расселения и хозяйственной деятельности.

2.6. Сравнительная эколого-географическая характеристика основных типов ландшафтов России

Всесторонний региональный анализ различных аспектов экологического потенциала ландшафтов и их антропогенных трансформаций служит предпосылкой для эколого-географического синтеза. Основные цели регионального эколого-географического синтеза — выявление географических закономерностей территориальной дифференциации экологической обстановки и комплексная экологическая оценка современного состояния природной среды различных регионов. В проблеме регионального эколого-географического синтеза ключевым можно считать понятие *эколого-географического районирования*. Принципы такого районирования представляют предмет дискуссий.

К рассматриваемой здесь проблеме имеют прямое отношение работы группы сотрудников Института географии РАН, наиболее полно обобщенные Б. И. Кочуровым (1997). Одним из результатов этих работ явилось районирование территории России по степени остроты экологических ситуаций (экологической напряженности), которое Б. И. Кочуров отождествляет с районированием геоэкологическим, а также эколого-хозяйственным и эколого-экономическим. Выделенные 56 геоэкологических районов рассматриваются автором как целостные природно-антропогенные образования, хотя имеются серьезные основания для сомнений в справедливости такого утверждения. Границы одних районов проводились по природным рубежам, а других — по так называемым ареалам остроты экологических ситуаций. Таким образом, этой схеме присущ известный эклектизм.

Что касается содержания выделенных районов, то оно определяется степенью остроты экологической ситуации, которая связывается исключительно с антропогенными факторами. Шкала остроты ситуаций состоит из 4 ступеней: очень острые, острые, умеренно острые, условно-удовлетворительные. Подобное ранжирование не основано на каких-либо строгих критериях и в значительной мере субъективно. Все геоэкологические регионы распределены по шкале «ранга экологической напряженности». Ранг определяется в баллах в зависимости от соотношения площадей ареалов различной остроты экологических ситуаций в данном районе. Сами же ареалы «остроты» выделены на карте масштаба 1:8 000 000 с достаточной долей условности и не вполне определенными границами. Этому районированию, с нашей точки зрения, присущи недостатки, главные из которых — односторонний «антропогенный» уклон при полном игнорировании природного экологического потенциала ландшафтов, элементы субъективизма в оценке экологических ситуаций и эклектизма в принципах районирования. Впрочем, во всех деталях об этой работе судить трудно, поскольку монография Б. И. Кочурова (1997) не содержит ни карты районирования, ни характеристики всех районов.

Наш подход к региональному эколого-географическому синтезу состоит в последовательной опоре на ландшафтно-географический принцип и на систему объективных показателей, характеризующих как естественный потенциал ландшафта, так и его антропогенные нарушения. Объектами исследования должны служить все ландшафты, а не только те, в которых уже существуют опасные экологические ситуации из-за антропогенного воздействия. Говоря об опоре на систему объективных показателей, мы тем

самым подразумеваем отказ от искусственных построений типа балльных шкал и субъективных оценок степени остроты экологических ситуаций.

Последствия антропогенных воздействий, как известно, в своем распространении не всегда считаются с природными рубежами, а с административными границами и вовсе не считаются. Однако обширная группа воздействий фонового типа, связанных с использованием земель, практически подчинена ландшафтной дифференциации и характеризуется четко очерченными ареалами. Что же касается антропогенных воздействий очагового типа, то их источники всегда могут быть с полной определенностью приурочены к конкретным ландшафтам, а последствия воздействий по-разному проявляются в различных ландшафтах, поэтому ареалы экологических ситуаций должны неизбежно обнаруживать внутреннюю разнородность в соответствии с ландшафтной дифференциацией. Мы не видим оснований для изобретения каких-либо специфических систем районирования территории или ее типизации путем искусственной комбинации природных, административно-хозяйственных или других рубежей. Эколого-географическое районирование практически совпадает с ландшафтным, точнее — является его интерпретацией.

Важнейшим инструментом эколого-географического анализа и синтеза служит карта. С помощью целенаправленно разработанной системы тематических карт эколого-географического назначения можно составить наиболее убедительное и наглядное представление о географических закономерностях и границах регионов, получить исчерпывающую комплексную характеристику последних. Кроме того, через содержание взаимосвязанных карт раскрывается путь поэтапного перехода от анализа к синтезу. Помещенная в книге серия карт, несмотря на их мелкий масштаб и неизбежный схематизм, предоставляет для этого достаточно широкие возможности. Карты этой серии по характеру содержания делятся на две группы. Первую составляют типично аналитические карты (их большинство), отображающие закономерности распространения отдельных элементов ландшафта (различные показатели климата, ареалы видов растений и животных и т. п.), некоторых социально-экономических показателей, элементов загрязнения природной среды. Вторая группа карт отражает результаты первичного или промежуточного обобщения, главным образом в форме частного или отраслевого районирования, например ландшафтно-геохимического, медико-географического, фаунистического и др. Отдельно нужно назвать карты ландшафтного, или ландшафтно-экологического, районирования (рис. 1–3), которые в качестве базовых открывают всю серию карт, хотя по существу являются итоговыми в процессе ландшафтного синтеза.

Среди закономерностей территориальной эколого-географической дифференциации первостепенное значение имеет широтная зональность. Она отчетливо проявляется в пространственных характеристиках различных элементов природной среды и многих экологически значимых социально-экономических показателей. Убедительное подтверждение сказанному мы находим на картах. Черты широтной зональности явно доминируют в конфигурации изолиний большинства гидротермических показателей (рис. 4, 7, 8, 10–13), стока (рис. 15, 16, 18), биологической эффективности климата (рис. 36), биологической продуктивности (рис. 24), в очертаниях ареалов многих видов растений (рис. 25–27) и животных (рис. 30, 31, 33) и др. Не менее явственно ведущая роль зональности выявляется на картах, отражающих процесс регионального синтеза на его

последовательных (промежуточных) этапах, а именно в системах контуров частных видов районирования, в том числе ландшафтно-геохимического (рис. 22), лекарственных растений (рис. 28), ядовитых растений (рис. 29), ландшафтно-фаунистического (рис. 32), медико-географического (рис. 34), экологического потенциала ландшафтов (рис. 37).

Четкое выражение широтной зональности в социально-экономических явлениях и антропогенном воздействии на ландшафты мы обнаруживаем на картах плотности населения (рис. 38–43), распаханности (рис. 45) и на картах синтетического характера, отражающих районирование территории по хозяйственной освоенности и антропогенным нагрузкам на ландшафты (рис. 59–63) и по антропогенной трансформации ландшафтов (рис. 64, 65). Применение картографического метода позволяет выявить косвенное влияние зональности на процессы антропогенного загрязнения атмосферы и поверхностных вод (рис. 53, 54).

Долготная секторность наиболее ярко выражена в степени континентальности климата (рис. 6), продолжительности зимних дискомфортного и экстремально дискомфортного периодов (рис. 9), но в той или иной мере проявляется и в других гидротермических, гидрологических, геохимических, биотических показателях. Сочетание зональности и долготной секторности наглядно отражается в распределении осадков (рис. 10) и стока (рис. 15).

Азональные факторы играют определяющую роль в распределении артезианских вод (рис. 20), лечебных минеральных вод (рис. 21) и, подобно долготно-климатическому фактору, накладываются на широтную зональность, усложняя пространственную дифференциацию большинства эколого-географических показателей. Проявления всех трех закономерностей в тех или иных соотношениях обнаруживаются в районировании деструктивных природных процессов (рис. 35), ландшафтно-геохимических условий и во всех других упомянутых выше схемах районирования.

Рассмотренные географические закономерности определяют выбор критериев для эколого-географической типологии ландшафтов. На первой ступени этой типологии естественно принять в качестве критерия сходство ландшафтов по основным, наиболее общим зональным признакам. По этим признакам ландшафты объединяются в классификационные подразделения первого порядка — зональные типы ландшафтов (например, таежные, степные и др., табл. 32). По второстепенным зональным признакам типы ландшафтов подразделяются на подтипы (например, северо-, средне- и южнотаежные). На третьей ступени вводится критерий секторности и в составе подтипов ландшафтов (или типов, не подразделяющихся на подтипы) различаются секторные варианты (например, северотаежные восточноевропейские, западносибирские и т. д., лесостепные восточноевропейские и западносибирские). На четвертой ступени классификации выделяются азональные объединения ландшафтов — классы (равнинные и горные). На последующих классификационных единицах (подклассы, роды, виды ландшафтов) мы не останавливаемся, поскольку они соответствуют более детальному уровню территориальной ландшафтной дифференциации, чем тот, который принят для итогового обзора.

Высшие категории изложенной ландшафтной классификации не тождественны единицам ландшафтного районирования, но между теми и другими существует определенное соответствие. Ландшафтные макрорегионы (рис. 1, табл. 1) характеризуются преобладанием ландшафтов, относящихся к одному типу (подтипу) и одному из его секторных

Таблица 32. Типы и классы ландшафтов России

Зональные типы и подтипы ландшафтов	Секторные варианты	Вся площадь		В том числе			
		тыс. км ²	%	равнинные		горные	
				тыс. км ²	%	тыс. км ²	%
1	2	3	4	5	6	7	8
Арктические:	-	98	0,6				
ледниковые	-	56	0,3				
полярно-пустынные	-	42	0,3				
Субарктические:	-	3102	18,2	2263	13,3	839	4,9
аркто-тундровые	-	529	3,1	476	2,8	53	0,3
тундровые типичные и кочные	-	1271	7,5	814	4,8	457	2,7
лесотундровые	-	1302	7,6	973	5,7	329	1,9
Лугово-лесные	-	250	1,5	110	0,7	140	0,8
Ташкиные:	-	9230	54,1	5690	33,4	3540	20,7
североташкиные	-	3539	20,7	1933	11,3	1606	9,4
ВЕ	ВЕ	526	3,1	493	2,9	33	0,2
ЭС	ЭС	596	3,5	596	3,5	-	-
СС	СС	857	5,0	543	3,3	314	1,8
ВС	ВС	1510	8,8	281	1,6	1229	7,2
ДВ	ДВ	50	0,3	20	0,1	30	0,2
среднеташкиные	-	4074	23,9	2467	14,5	1607	9,4
ВЕ	ВЕ	610	3,6	596	3,5	14	0,1
ЭС	ЭС	549	3,2	546	3,2	3	0,02
СС	СС	693	4,1	633	3,7	60	0,4
ВС	ВС	1754	10,3	494	2,9	1260	7,4
ДВ	ДВ	468	2,7	198	1,1	270	1,6
южноташкиные	-	1617	9,5	1290	7,6	327	1,9
ВЕ	ВЕ	495	2,9	482	2,8	13	0,1
ЭС	ЭС	547	3,2	486	2,8	61	0,4
СС	СС	466	2,7	246	1,4	220	1,3
ДВ	ДВ	109	0,7	76	0,5	33	0,2
Подтаежные	-	1062	6,2	834	4,9	228	1,3
ВЕ	ВЕ	503	2,9	497	2,9	6	0,04
ЭС	ЭС	198	1,2	195	1,2	3	0,02
СС	СС	153	0,9	59	0,3	94	0,6
ДВ	ДВ	208	1,2	83	0,5	125	0,7
Широколиственно-лесные	-	519	3,0	391	2,3	128	0,7
ВЕ	ВЕ	274	1,6	274	1,6	-	-
ПК	ПК	25	0,1	6	0,04	19	0,1
ДВ	ДВ	220	1,3	111	0,7	109	0,6
Лесостепные	-	912	5,3	753	4,4	159	0,9
ВЕ	ВЕ	353	2,1	321	1,9	32	0,2
ЭС	ЭС	469	2,7	398	2,3	71	0,4
СС	СС	90	0,5	34	0,2	56	0,3
Степные:	-	1535	9,0	851	5,0	684	4,0
северостепные	-	293	1,7	246	1,4	47	0,3
ВЕ	ВЕ	166	1,0	154	0,9	12	0,1
ЭС	ЭС	127	0,7	92	0,5	35	0,2
среднестепные	-	203	1,2	203	1,2	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
южноташкиные	ВЕ	141	0,8	141	0,8	-	-
	ЭС	62	0,4	62	0,4	-	-
	-	219	1,3	193	1,1	26	0,2
	ВЕ	178	1,1	152	0,9	26	0,2
степные нерасчлененные	ЭС	41	0,2	41	0,2	-	-
	СС	50	0,3	17	0,1	33	0,2
	ЮС	655	3,8	102	0,6	553	3,2
предсубтропические	ПК	115	0,7	90	0,5	25	0,2
	Полупустынные	-	134	0,8	134	0,8	-
Пустынные	-	64	0,4	64	0,4	-	-
Субсредиземноморские	-	2,4	0,014				
Лесные предсубтропические	-	3,7	0,02				

Примечание. Секторные варианты: ВЕ — Восточно-Европейский, ПК — Предкавказский, ЭС — Западно-Сибирский, СС — Среднесибирский, ВС — Восточно-Сибирский, ЮС — Южно-Сибирский, ДВ — Дальневосточный.

вариантов. Однако в таком регионе наряду с ландшафтами преобладающего, т. е. районнообразующего, секторного варианта могут присутствовать отдельные ландшафты других типов и вариантов. Например, в Дальневосточном секторе встречаются ландшафты, типичные для Восточно-Сибирского сектора (в частности, ландшафт Центральнокамчатской депрессии), в таежную зону заходят «острова» ландшафтов степного типа, в подтаежную — широколиственно-лесного типа и т. д. Следовательно, классификационные объединения ландшафтов, как правило, имеют разорванные ареалы, тогда как единицы районирования всегда представлены целостными территориями, которые на карте выделяются одним контуром. Естественно, что всякому региону присуща большая или меньшая степень типологической ландшафтной неоднородности. Особенно большую неоднородность в ландшафтной структуре многих макрорегионов создает контрастность ландшафтов равнинного и горного классов.

При большой степени обобщения и на картах очень мелкого масштаба (как в этой книге) границы распространения типов, подтипов и секторных вариантов ландшафтов практически совпадают с контурами ландшафтных (ландшафтно-экологических) макрорегионов. Таким образом, принятая здесь система зональных, подзональных и секторных подразделений территории страны практически может рассматриваться как регионально-типологическая.

Эколого-географическое содержание всех высших регионально-типологических объединений ландшафтов всесторонне раскрывается в тексте отдельных глав книги и на картах. Использование на промежуточных стадиях синтеза единой сетки макро- и мезорегионов существенно облегчает пространственное сопоставление различных частных показателей. Приводимый ниже итоговый обзор построен на обобщении всей ранее изложенной информации и промежуточных выводов. Основные источники ранее уже упоминались и указаны в списке литературы. Кроме того, использована дополнительная информация об экологическом состоянии различных регионов, содержащаяся в много-

численных публикациях, появившихся за последние годы. К ним относятся ежегодники по загрязнению атмосферного воздуха и поверхностных вод, выпускаемые территориальными управлениями Гидрометслужбы, государственные доклады о состоянии природной среды в отдельных субъектах РФ, региональные аналитические обзоры, составляемые при участии географов (например: Состояние окружающей среды..., 1995). Географам принадлежит несколько сводок, касающихся экологической ситуации в отдельных регионах, но лишь немногие из них приближаются к эколого-географической характеристике (А. Исаченко, 1995; Эколого-географические районы Воронежской области, 1996). В других работах хотя и содержится полезная информация, но возможности ландшафтного подхода не реализованы и комплексная региональная эколого-географическая характеристика отсутствует (например: Чибилев, 1992; Геоэкологические проблемы Удмуртии, 1997).

Переходим к краткому описанию основных эколого-географических особенностей различных типов, подтипов ландшафтов и их секторных вариантов. Здесь приводятся лишь их важнейшие макрорегиональные «фоновые» признаки, с добавлением сведений о главных очагах урбанизации и техногенных нагрузок на ландшафты. Что касается мезорегиональных (провинциальных) различий, то разнообразная информация о них содержится на картах, в том числе на рис. 59–63, дающих наиболее комплексное сравнительное представление о современном состоянии природной среды ландшафтных мезорегионов.

Арктические ландшафты занимают самые северные участки суши — Землю Франца-Иосифа, северную часть Новой Земли, Северную Землю. По естественному экологическому потенциалу они должны быть отнесены к типично экстремальным (VI класс по условной шкале, предложенной в гл. 1.8). В сезонной структуре ландшафтов доминирует длительная и суровая зима с сильными ветрами и метелями; период с устойчивыми морозами (средняя температура воздуха ниже -5°C) длится 230–240 сут, полярная ночь — 100–130 сут. Положительные средние суточные температуры воздуха наблюдаются всего лишь на протяжении 40–80 дней, причем их средний уровень не превышает $2-3^{\circ}\text{C}$. Более половины площади ландшафтов этого типа занято покровными ледниками (ледяными куполами), на выследниковых участках формируются ландшафты арктических пустынь с фрагментарным почвенно-растительным покровом, бедным по видовому составу органическим миром, незначительной биологической продуктивностью. Здесь отсутствует постоянное население и ландшафты практически не используются в хозяйственных целях. Наиболее существенные последствия человеческой деятельности связаны с неоднократными ядерными испытаниями на Новой Земле.

Субарктические ландшафты в экологическом отношении можно характеризовать как неблагоприятные, или дискомфортные, близкие к экстремальным, с очень низким экологическим потенциалом (V класс). Определяющий экологический фактор — недостаток солнечного тепла. Продолжительность холодного периода (со средними суточными температурами ниже 0°C) повсеместно превышает 200 сут. Длительная суровая зима сочетается с коротким прохладным летом. Полярная ночь длится до 2–3 месяцев, а практическое отсутствие ультрафиолетовой радиации наблюдается в течение 5–6 месяцев. Зимой часты метели и снежные бури. Короткий (до 1–2 месяцев) период с устойчивыми средними температурами воздуха выше 10°C выражен только в южной

тундре и лесотундре, а летний комфортный период вовсе отсутствует. Дискомфортность субарктического лета усугубляется частыми переходами температуры воздуха через 0°C , высокой влажностью воздуха, частыми морозящими дождями, туманами, обилием гниуса. К этому можно добавить неблагоприятный биогеохимический фон, многолетнюю мерзлоту, безлесие, сильную заболоченность, однообразие пейзажей.

Дискомфортность климатических условий создает предпосылки для специфической патологии (метеострессы, сердечно-сосудистые нарушения, обморожения, авитаминозы), у переселенцев вызывает снижение иммунных свойств организма и сильное напряжение адаптационных систем. Существует потенциальная опасность заражения некоторыми природно-очаговыми заболеваниями, в значительной мере обусловленная контактами людей с животными и особенностями местного рациона (дифиллоботриоз, описторхоз, бруцеллез, токсоплазмоз, тениаринхоз, альвеококкоз); в южных районах известны спорадические очаги туляремии, лептоспироза.

Зональные особенности Субарктики — недостаточная теплообеспеченность, низкая интенсивность биогеохимических, микробиологических процессов и накопления фитомассы, тепловая неустойчивость многолетнемерзлых почвогрунтов — определяют слабую устойчивость ландшафтов к антропогенным нагрузкам. В этих условиях важнейшая стабилизирующая роль принадлежит растительному покрову, который в свою очередь подвержен быстрому антропогенному разрушению и восстанавливается с трудом (не менее чем через 20–25 лет).

Отмеченные типичные эколого-географические черты природы Субарктики обнаруживают определенную зональную и секторную изменчивость. Основные ее признаки — довольно быстрое увеличение теплообеспеченности по мере удаления от берегов Северного Ледовитого океана и усиление континентальности с приближением к Восточно-Сибирскому сектору. Так, индекс биологической эффективности климата в арктической тундре характеризуется нулевым значением, а в лесотундре приближается к 7–8, отопительный период сокращается в том же направлении с 365 до 300–280 дней, биологическая продуктивность возрастает примерно в три раза. По ряду эколого-географических показателей (в том числе по предпосылкам природно-очаговых заболеваний) лесотундровые ландшафты приближаются к северотаежным. Долготно-секторные различия наиболее ярко проявляются в продолжительности и суровости зимы, температура самого холодного месяца в кольской Субарктике не опускается ниже -10°C , тогда как в Восточно-Сибирском секторе она ниже -30°C , а экстремально холодный сезон продолжается до 100 дней и более (на западе он не выражен).

Зональные и секторные различия в определенной степени проявляются в заселенности и хозяйственной освоенности территории, однако не влияют на их общий низкий уровень*. В арктической тундре средняя ПН составляет $0,12 \text{ чел./км}^2$, в типичной южной — $0,5$, в лесотундре — $2,4 \text{ чел./км}^2$. В долготном направлении ПН снижается от $3,0 \text{ чел./км}^2$ в Восточно-Европейском секторе Субарктики до $0,02$ в Среднесибирском

* Далее в тексте используются следующие сокращения: ПН — плотность населения, ПГН — плотность городского населения, ПСН — плотность сельского населения, ДГН — доля городского населения, ЗА — годовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу, ПЗА — плотность выброса загрязняющих веществ в атмосферу, ЗВ — годовой сброс загрязняющих сточных вод в поверхностные водоемы. Основные количественные показатели (кроме особо оговоренных) относятся к 1989 г.

и повышается лишь до 0,25 чел./км² в Дальневосточном. Природная среда определяет традиционный промыслово-оленьеводческий тип освоения территории, с которым связано фоновое антропогенное воздействие на ландшафты, выражающееся главным образом в деградации растительного покрова оленьих пастбищ. Однако в последние десятилетия самую серьезную нагрузку на ландшафты стали создавать техногенные воздействия очагового характера — разведка, добыча и переработка полезных ископаемых. К настоящему времени 87% населения Субарктики сосредоточено в городах и поселках городского типа, ставших центрами локальных, а отчасти и региональных техногенных экологических аномалий. Отметим главные из них.

Мурманский округ Кольской ландшафтной провинции выделяется самой высокой населенностью в российской Субарктике (ПН 34 чел./км², ПГН 32 чел./км², ДГН 95%), здесь расположены Мурманская городская агломерация (580 тыс. чел.) и крупные центры медно-никелевой промышленности — Никель и Заполярный. Ежегодная величина ЗА превышает 350 тыс. т, а ПЗА — 18 т/км². В воздухе повышено содержание SO₂, нередки кислые дожди. Высока концентрация объектов потенциальной радиационной опасности (в том числе хранилищ радиоактивных отходов на морских судах).

В Нижнеленчорской субарктической провинции разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений явились фактором фонового нарушения почвенно-растительного покрова и локального геохимического загрязнения. Особо выделяется старейший индустриальный очаг — Воркутинский с населением более 200 тыс. чел. ЗА превышает 200 тыс. т, ПЗА около 15 т/км². Основные источники техногенных выбросов — цементный завод, ТЭЦ и угольные шахты. Воздух и почвы сильно загрязнены цементной пылью, вокруг шахт растут площади отвалов, сброс шахтных вод приводит к интенсивному загрязнению рек.

Субарктика Западной Сибири за последние годы превратилась в крупнейшего поставщика природного газа. Экологические последствия этого обстоятельства — разрушение мохово-лишайникового покрова на обширных площадях, активизация термокарста, термоэрозии, оползней, местами дефляции, локальное техногенное загрязнение.

Норильский промузел с населением 268 тыс. чел. — крупнейший в стране центр медно-никелевой промышленности и техногенных атмосферных выбросов (ЗА 2,3 млн. т, ПЗА около 100 т/км², в основном SO₂), ЗВ достигает 162 млн./м³ (1993 г.). О воздействии Норильского комбината на окружающую территорию говорится в гл. 2.3.

В дальневосточной Субарктике (Чукотская провинция) локальные очаги нарушения земель и техногенного загрязнения связаны с добычей золота, полиметаллических руд и угля.

Лугово-лесные ландшафты Камчатки и Курильских островов по экологическому потенциалу занимают переходное положение между лесотундровыми и таежными. ТК равняется 9–10. Климат относительно мягкий, но очень влажный, с обильными осадками, сильными ветрами, коротким и прохладным летом, теплый комфортный период не выражен, отопительный период продолжается 250–280 сут, период с устойчивыми морозами — более 120 сут. Свыше половины площади принадлежит к горному классу с более суровыми климатическими условиями. К типичным особенностям ландшафтов этого типа относится развитие стихийных природных явлений — вулканических извержений, землетрясений, цунами, лавин, тайфунов. Ландшафты слабо заселены и относи-

тельно мало нарушены. ПН в среднем составляет 1,8 чел./км², а отнесенная только к равнинным ландшафтам — 4,0 чел./км². ДГН 84%, причем 73% всего населения (327 тыс. чел.) сосредоточено в небольшой Петропавловской городской агломерации, где наблюдается значительное локальное загрязнение воздуха. В последние годы происходит (как и в других районах Севера) заметный отток населения. Число жителей Петропавловска-Камчатского уменьшилось с 269 тыс. чел. в 1989 г. до 205 тыс. чел. в 1996 г.

Таежные ландшафты по сравнению с субарктическими характеризуются более высоким экологическим потенциалом, что обусловлено постепенным увеличением запасов солнечного тепла. Однако недостаточная теплообеспеченность в сочетании с избыточным увлажнением остается главным лимитирующим экологическим фактором. Для ландшафтов этого типа характерна большая продолжительность периода термического дискомфорта. Зима — самый длительный сезон годового цикла, тогда как лето — самый короткий. Сохраняются, хотя и не столь резко выраженные, как в лесотундре, климатические предпосылки простудных и сердечно-сосудистых заболеваний, переохлаждения, обморожения. Полярной ночи в тайге (за исключением ее северной окраины) не бывает, но период ультрафиолетового дефицита продолжается до 3–5 месяцев. Все же здесь появляются благоприятные возможности для рекреации и курортного лечения (хотя летом существенные помехи создают кровососущие насекомые и нередко дождливая погода). Зима имеет свои положительные особенности: развитию рекреации благоприятствуют периоды с умеренными морозами и устойчивым снежным покровом. К негативным экологическим следствиям избыточного увлажнения надо отнести интенсивное заболачивание и усиленный вынос минеральных элементов из ландшафта. Почвы и воды бедны макро- и микроэлементами, что, в частности, служит причиной широкого распространения карнеса зубов и эндемичного зоба. Однако обилие атмосферной влаги определяет высокую обеспеченность населения пресной водой и способствует самоочищению поверхностных вод.

К типичным для тайги природно-очаговым болезням можно отнести туляремию, лептоспироз, клещевой энцефалит, геморрагическую лихорадку с почечным синдромом (ГЛПС), дифиллоботриоз, описторхоз, трихинеллез, но распространение очагов характеризуется большой территориальной контрастностью.

Важнейшим элементом экологического потенциала таежных ландшафтов является лесная растительность, о разносторонних экологических функциях которой уже не раз говорилось в предыдущих главах. В значительной мере именно лесной покров обеспечивает более высокую устойчивость таежных ландшафтов к антропогенным нагрузкам по сравнению с субарктическими.

Огромная площадь, занимаемая таежными ландшафтами, значительная протяженность их ареала как в широтном, так и в долготном направлении обуславливают их существенные внутренние (подзональные и секторные) различия. Если на северных пределах распространения ландшафтов этого типа сумма активных температур составляет всего лишь 800–900°С, то на южных приближается к 1800°С, а индекс ТК соответственно увеличивается с 8 до 18. Таким образом, в шкале уровней экологического потенциала таежные ландшафты охватывают три ступени: в северотаежных потенциал оценивается как низкий (IV класс), а в Восточной Сибири даже приближается к очень

низкому (V класс), в среднетаежных — как средний, а в южнотаежных — как относительно высокий. Соответственно природные условия обитания населения изменяются от малоблагоприятных к условно-благоприятным и благоприятным (прекомфортным).

Описанные выше эколого-географические особенности тайги наиболее типично выражены в средней подзоне, где природные условия не создают существенных препятствий для формирования постоянного населения из переселенцев. В северной тайге природная среда еще во многом близка к субарктической. Холодный период длится здесь более полугода (до 240 дней), отопительный сезон — 270–285 дней, летний комфортный период в северных районах отсутствует, а в южных не превышает 15–20 дней. Медико-географические условия мало отличаются от лесотундровых, значительный риск простудных, сердечно-сосудистых и некоторых других заболеваний, у переселенцев наблюдается повышенное напряжение адаптивных систем организма; возможности отдыха и лечения на открытом воздухе крайне ограничены. Ландшафтам присуща пониженная устойчивость к антропогенным воздействиям вследствие недостаточной теплообеспеченности, большой продолжительности холодного периода, относительно невысоких запасов фитомассы, затрудненной возобновляемости лесной растительности. В южной тайге природные условия еще не отвечают экологическому оптимуму, но значительно ближе к нему, чем в средней подзоне. Холодный период сокращается до 140–160 дней, отопительный сезон — до 230–250 дней. Летний комфортный период, напротив, увеличивается до 50–60 дней, зима становится короче и мягче; условия для рекреации и климатотерапии более благоприятны. Биологическая продуктивность и запасы фитомассы достигают максимальных для таежных ландшафтов значений. Однако улучшение климатических условий благоприятствует выживанию и распространению возбудителей и переносчиков природно-очаговых заболеваний, в том числе клещевого энцефалита.

Весьма существенны различия между секторными вариантами ландшафтов таежного типа. По степени континентальности они варьируют от слабо и умеренно континентальных (пояса VI и VII по Н. Н. Иванову, 1959) в Восточно-Европейском секторе до крайне континентальных (пояс X) в Восточно-Сибирском. Амплитуда средних месячных температур соответственно возрастает с 25 до 60°C. Экстремально холодный период с устойчивыми морозами ниже -30°C в западных секторах не выражен, а в Восточной Сибири продолжается более 100 дней (в Верхоянске — 137). Одновременно уменьшается атмосферное увлажнение. В Восточно-Сибирском секторе годовая сумма осадков местами менее 200 мм, а коэффициент увлажнения приближается к 0,5. В восточноевропейской тайге годовое число дней с осадками достигает 200 и более, в Восточной Сибири оно вдвое меньше, преобладает ясная, сухая погода, больше продолжительность солнечного сияния, но в лесах усиливается пожароопасность. Для западных таежных районов характерна активная циклоническая деятельность, благоприятствующая размыванию очагов загрязнения атмосферы; для Восточной Сибири типичны температурные инверсии, слабые ветры, штили, резко снижающие способность атмосферы к самоочищению. Здесь приведены лишь некоторые примеры долготно-секторных контрастов в таежных ландшафтах. Можно напомнить о наличии или отсутствии многолетней мерзлоты и о ряде других отличительных признаков.

Таежные ландшафты в целом характеризуются слабой заселенностью. Средняя плотность населения составляет 2,8 чел./км², что в три раза ниже средней ПН для

России. На территории таежной зоны проживает 25,7 млн. чел., т.е. 17,5% населения страны. При этом ДГН составляет 78%. В размещении населения, а вместе с тем в уровне хозяйственной освоенности и интенсивности антропогенных нагрузок существуют значительные подзональные, секторные и мезорегиональные (провинциальные) различия. Средняя величина ПН составляет в северной тайге 0,9 чел./км² (от 0,05 в Среднесибирском секторе до 3,9 в Восточно-Европейском), в средней тайге — 1,4 чел./км² (от 0,2 в Среднесибирском секторе до 4,5 в Восточно-Европейском), в южной тайге — 10,4 чел./км² (28,5 в Восточно-Европейском секторе и от 1,9 до 2,5 в остальных секторах). Как видим, на общем достаточно низком фоне резко выделяется Восточно-Европейский сектор, в особенности его южнотаежная часть, где сосредоточено 55% населения таежной территории России, причем только на долю С.-Петербургской агломерации приходится 1/5 населения этой зоны.

Столь же контрастна степень сельскохозяйственной освоенности ландшафтов. Лишь в южнотаежных и восточноевропейских среднетаежных ландшафтах распаханность превышает 1%, возрастая как бы скачкообразно в Восточно-Европейском южнотаежном секторе до 12%. При всех территориальных различиях подавляющему большинству таежных ландшафтов присущ общий фоновый тип хозяйственного освоения, связанный с лесными ресурсами и ограниченными возможностями для развития земледелия. Этому типу освоения сопутствуют специфические антропогенные воздействия и их экологические последствия, включая обезлесивание, лесные пожары, вторичную эрозию и другие явления, о которых ранее уже было достаточно сказано.

В настоящее время на общем зональном фоне по своей экологической роли наиболее резко выделяются локальные, местами приобретающие региональное значение очаги, связанные с урбанизацией и индустриализацией. Их распространение при внешней беспорядочности все же обнаруживает определенные закономерности.

Северотаежные ландшафты по типу очагового промышленно-городского освоения аналогичны субарктическим: промышленные очаги возникли здесь как центры добычи полезных ископаемых. Единственное существенное исключение — Архангельская городская агломерация, аналог Мурманской. Как и в Субарктике, основная часть населения сосредоточена в городских поселениях. ДГН выше, чем в других подзонах тайги (83%), и почти такая же, как в Субарктике. Число городов с населением более 100 тыс. чел. — 4 (в Субарктике — 3).

Интенсивные антропогенные нагрузки испытывают ландшафты Западно-Кольского округа Кольской таежной провинции. ДГН достигает здесь 89%, ЗА — около 400 тыс. т, ПЗА — около 8 т/км². Главный источник загрязнения воздуха — Мончегорский медно-никелевый комбинат (240 тыс. т), а кроме него — ТЭС и предприятия по добыче и обогащению железных руд и апатито-нефелинового сырья. В атмосфере высока концентрация SO₂. Особенно загрязнен воздух Мончегорска, в окрестностях города почвы содержат большое количество тяжелых металлов. На значительной площади от загрязнений пострадали леса, в том числе в Лапландском заповеднике. Сброс сточных вод особенно оз. Имандра, в которое кроме загрязняющих веществ ежегодно поступает около 2 млн. м³ нагретой воды от АЭС. Леса округа сильно нарушены вырубками.

В Карельской северотаежной подпровинции возник крупный очаг нарушения земель и загрязнения атмосферы — Костомукшский ГОК.

В Прибеломорской ландшафтной подпровинции расположена Архангельская городская агломерация с населением около 720 тыс. чел., что составляет почти 1/4 населения всех северотаежных ландшафтов. В атмосферу ежегодно поступает около 300 тыс. т вредных выбросов. Новодвинский ЦБК — главный центр загрязнения воздуха (ЗА около 100 тыс. т) и вод в устьевой части Северной Двины (ЗВ более 200 млн. м³). Серьезная экологическая проблема связана с накоплением отработанного ядерного топлива во временных хранилищах и на подводных лодках.

В Печорской северотаежной подпровинции основной вклад в загрязнение атмосферы (ЗА около 300 тыс. т) вносят нефте- и газоперерабатывающие предприятия Ухты и Сосногорска, а также сжигание попутного газа на нефтепромыслах. Реки бассейна Печоры сильно загрязнены, участились аварийные разливы нефти.

Обско-Иртышская северотаежная подпровинция входит в обширную нефтегазоносную область с центром в Новом Уренгое, которая охватывает также прилегающие районы Субарктики. К уже отмеченным особенностям антропогенного воздействия на ландшафты надо добавить сведение лесов и усиление заболачивания в результате прокладки трубопроводов, распространения дефляции на борových террасах и сложенных песками водоразделах.

В восточной половине рассматриваемой подзоны в эколого-географическом отношении наиболее заметно выделяется золотоносный Верхнеколымский ландшафтный округ с обширными площадями нарушенных земель и локальными очагами загрязнения рек и атмосферного воздуха.

Среднетаежные ландшафты мало отличаются от северотаежных по урбанизованности и интенсивности очаговых нагрузок. ДГН здесь даже ниже, чем в северной подзоне. — 71%, крупных городов всего 7, а агломерации, соизмеримые с Архангельской или Мурманской, отсутствуют. Однако характер промышленных очагов меняется за счет развития центров переработки древесины. Объемы промышленной заготовки древесины заметно возрастают и антропогенная трансформация лесов усиливается. К югу увеличивается площадь земледельческих очагов.

В Восточно-Европейском среднетаежном секторе леса интенсивно вырубаются, местами с превышением расчетной лесосеки. В южных районах производные мелколиственные леса занимают более 20%, местами более 40% лесопокрытой площади, в некоторых ландшафтах до 50–60% приходится на хвойные молодняки. Главный источник загрязнения атмосферы и в особенности поверхностных вод — целлюлозно-бумажная промышленность, крупнейшие центры сброса загрязненных сточных вод — ЦБК в Коржоме (около 250 млн. м³) и лесопромышленный комплекс в Сыктывкаре (более 100 млн. м³), менее значительные — ЦБК Кондопоги, Соликамска и др. Реки и озера загрязнены также топливом, местами стоками животноводческих комплексов. Пахотные земли сосредоточены в основном на юге, на склонах возвышенностей они подвергаются интенсивному смылу.

Северо-Уральская среднетаежная подпровинция — крупный горнорудный район с металлургическими предприятиями. ЗА превышает 300 тыс. т, главные центры загрязнения атмосферы — Серов (теплоэнергетика, черная металлургия) и Красноуральск (производство алюминия, теплоэнергетика).

Обско-Иртышская среднетаежная подпровинция — главный нефтепромышленный район страны. При невысокой средней ПН (3 чел./км²) ДГН составляет 90%. Население в основном сконцентрировано в двух группах городских поселений с центрами в Сургуте и Нижневартовске, которые условно можно рассматривать как агломерации с населением соответственно 450 и 380 тыс. чел. В атмосферу ежегодно поступает не менее 1 млн. т вредных примесей от нефтепромыслов, нефте- и газоперерабатывающих предприятий, ГРЭС. В 1996 г. суммарный ЗА только трех главных промцентров — Сургута, Нефтеюганска и Нижневартовска — составил 456 тыс. т. Типичные следствия промышленного освоения — нефтяное загрязнение, вырубка лесов, лесные пожары, развевание песков, ухудшение качества речных вод.

В средней тайге Восточной Сибири и Дальнего Востока среди обширных, почти необжитых пространств разбросаны многочисленные локальные очаги нарушения земель и химического загрязнения, приуроченные к разрабатываемым месторождениям алмазов, золота, угля и др.

Южнотаежные ландшафты с давних времен подвергаются интенсивным и разнообразным антропогенным воздействиям, выделяются относительно высокой хозяйственной освоенностью и урбанизованностью. Число крупных городов возрастает до 14, ДГН составляет 79%. В Восточно-Европейском секторе значительная часть территории обезлесена, а оставшиеся леса представлены производными мелколиственными насаждениями, занимающими до 30–50% площади ландшафтов, и хвойными неполнозрелыми лесами. Спелые и перестойные леса занимают не более 10–20% от лесопокрытой площади. Тем не менее усиленная вырубка лесов продолжается. На сельскохозяйственные угодья в различных провинциях приходится от 10 до 35% территории. Как правило, пашня составляет несколько более их половины. Распространена сельскохозяйственная эрозия, значителен вклад сельского хозяйства в загрязнение почв и водоемов.

С.-Петербургская городская агломерация — вторая в стране по численности населения (около 5,5 млн. чел.), масштабам промышленного производства и сбросу загрязненных сточных вод (более 1,5 млрд. м³). Город расположен в Балтийско-Волховской ландшафтной провинции, которая характеризуется многоотраслевой хозяйственной структурой, высокой ПН (87 чел./км²) и урбанизованностью (ДГН 91%). Суммарная величина ЗА более 1 млн. т, ПЗА более 12 т/км². Почти половина ЗА приходится на С.-Петербург (главный источник — автотранспорт, на втором месте — теплоэнергетика), другие крупные центры — Кириши (теплоэнергетика, нефтепереработка), Сланцы (сланцевая, цементная промышленность). К числу серьезных экологических проблем провинции нужно отнести загрязнение рек, озер, Невской губы, прогрессирующее накопление промышленных и бытовых отходов, стихийное рекреационное воздействие на ландшафты.

Из других промышленных очагов восточноевропейской южной тайги выделяется один из главных центров черной металлургии и загрязнения атмосферы — Череповец (ЗА 645 тыс. т).

Высокой техногенной нагрузкой на ландшафты характеризуется Северо-Уральская подпровинция (ПН 43 чел./км², ДГН 94%, ЗА около 1,5 млн. т, ПЗА около 50 т/км²). Главные центры загрязнения атмосферы — Нижний Тагил (632 тыс. т, черная и цветная металлургия), Качканар (203 тыс. т, ГОК), Рева, Красноуральск, Кировград (металлургия).

видные заводы). Воздух городов сильно загрязнен, в окрестностях промцентров в почве наблюдается высокая концентрация тяжелых металлов. Значительная насыщенность промышленными очагами присуща смежной Обско-Зауральской подпровинции (ПН 28 чел./км², ДГН 88%, ЗА более 600 тыс. т, ПЗА более 40 т/км²). Крупнейший загрязнитель атмосферы — ГРЭС в г. Асбест (514 тыс. т); производство никеля (г. Реж) — существенный источник загрязнения атмосферы и почв.

В Приангарской провинции Среднесибирского южнотаяжского сектора важнейшим фактором трансформации ландшафтов явилось создание Братского и Усть-Илимского водохранилищ при одноименных ГЭС суммарной площадью 7343 км², что составляет 3% от площади провинции. Братск — один из крупнейших центров сброса загрязненных сточных вод (более 300 млн. м³), основные источники — лесопромышленный комплекс и алюминиевый завод, в атмосферу от города поступает 167 тыс. т загрязняющих веществ. Второй очаг загрязнения атмосферы и поверхностных вод — Усть-Илимский ЛПК.

Подтаежные ландшафты по экологическому потенциалу и качеству среды обитания занимают промежуточное положение между южной тайгой и зоной экологического оптимума. Индекс ТК находится в основном в пределах 18–20, но в южных районах приближается к 22, что отвечает условиям наивысшего экологического потенциала (класс I). В целом же на преобладающей площади условия можно отнести к прекомфортным. По сравнению с таяжными ландшафтами теплообеспеченность здесь заметно возрастает, продолжительность летнего комфортного периода увеличивается до 65–70 дней, период с устойчивыми морозами сокращается в Восточно-Европейском секторе до 110 дней, отопительный период — до 215 дней. Однако атмосферное увлажнение остается избыточным, что благоприятствует развитию заболачивания на плоских равнинах, стока, выщелачивания легкорастворимых соединений из почвогрунтов и других процессов, типичных также для таяжных ландшафтов. По характеру геохимической среды ландшафты этого типа близки к южнотаяжным, но содержание необходимых химических элементов в почве несколько повышено, особенно на карбонатных и пестроцветных породах, местами наблюдается увеличение жесткости питьевых вод. Существуют очаги клещевого энцефалита, туляремии, ГЛПС, лептоспироза, местами бешенства и других зооантропонозов, на Дальнем Востоке — клещевого риккетсиоза и эндемичных гельминтозов.

Среди ландшафтов России подтаежные выделяются наибольшей населенностью и урбанизированностью. Здесь проживает 28% всего населения страны и 31% городского. ПН в среднем составляет 38 чел./км², ПГН 32 чел./км², ДГН 83%, число городов с населением более 100 тыс. чел. — 48. Степень обезлесенности и сельскохозяйственная освоенность довольно сильно колеблются по ландшафтным секторам. В Восточно-Европейском секторе распахано 26% территории, в Среднесибирском — 24%, в Западно-Сибирском — около 18%, в Дальневосточном — около 3%. В западной части зоны лесами покрыто менее половины площади, господствуют длительнопроизводные насаждения, к востоку лесистость увеличивается, но леса также сильно нарушены.

Наиболее сильному воздействию урбанизации подверглась Волго-Окская подтаежная провинция, в которой расположена основная часть Московской городской агломерации (10,7 млн. чел.). ПН достигает здесь 227 чел./км², ПГН 206 чел./км², ДГН 91%.

ЗА приближается к 2 млн. т, ПЗА более 25 т/км². Главные центры загрязнения атмосферы — Москва (1095 тыс. т) и Ярославль (268 тыс. т), основные источники — автотранспорт, нефтехимия, теплоэнергетика, воздух Москвы сильно загрязнен. В водосмы сбрасывается более 3 млрд. м³ загрязненных сточных вод (Москва — 2,4 млрд. м³, Ярославль — 250 млн. м³), наблюдается ухудшение качества питьевой воды. Значительные площади заняты нарушенными землями, свалками промышленных и бытовых отходов, пригородные леса подвергаются сильным рекреационным нагрузкам.

Мещерская подтаежная провинция (ПН 132 чел./км², ДГН 87%) испытывает воздействие Московского промышленного узла (здесь расположена его часть с населением 1,6 млн. чел.) и Нижегородской агломерации (около 1,8 млн. чел.). ЗА не менее 600 тыс. т, ПЗА около 15 т/км². Главные центры загрязнения атмосферы и поверхностных вод — Нижний Новгород и Дзержинск (нефтехимия, теплоэнергетика, автотранспорт). Обширные площади заняты выработанными торфяниками.

В Прикамской провинции крупный центр нефтехимии, загрязнения атмосферы (248 тыс. т) и поверхностных вод — г. Пермь (1,1 млн. чел.).

Одна из наиболее населенных и промышленно развитых провинций — Среднезауральская (ПН 177 чел./км², ПГН 161 чел./км², ДГН 91%). Ядро провинции образует Екатеринбургская агломерация (1,6 млн. чел., ЗА 137 тыс. т, ЗВ 237 млн. м³). Основные загрязняющие отрасли — черная и цветная металлургия, ПЗА более 30 т/км². Вокруг промцентров (Екатеринбург, Каменск-Уральский, Кыштым) почва сильно загрязнена тяжелыми металлами. В остальной части западносибирской подтайги существуют немногочисленные разобщенные очаги антропогенного воздействия на природную среду; основные из них — Тюмень, Томск, Ачинск.

Подтайга Средней Сибири представлена Предсаянской провинцией (ПН 30 чел./км², ДГН 83%) с рядом крупных центров техногенных нагрузок, относящихся в основном к Иркутской агломерации (около 1 млн. чел.). ЗА около 1 млн. т, ПЗА около 20 т/км², ЗВ около 1 млрд. м³. Ангарск — один из крупнейших центров загрязнения поверхностных вод в стране (ЗВ 529 млн. м³ в 1993 г.), главные источники — теплоэнергетика и нефтехимия; ЗА достигает 432 тыс. т. Другие значительные центры — Иркутск (ЗА 135 тыс. т), Усолье-Сибирское (ЗА 95 тыс. т, ЗВ 100 млн. м³, химическая промышленность, теплоэнергетика). Вокруг центров цветной металлургии (Шелехов, Свирск) в почвах наблюдается высокая концентрация тяжелых металлов, в Черемховском угольном бассейне — распространение нарушенных земель, загрязнение воздуха и почв.

Главные промышленно-городские очаги Дальневосточного подтаежного сектора — Хабаровск (ЗА — 212 тыс. т) и Комсомольск-на-Амуре (ЗА 90 тыс. т); основные источники загрязнения атмосферы и поверхностных вод — теплоэнергетика и нефтехимия.

Широколиственно-лесные ландшафты представлены на территории страны двумя разобщенными секторными вариантами — восточноевропейским и дальневосточным*. Оба относятся к зоне экологического оптимума (ТК от 20 до 25, в среднем близок к 22), с комфортными условиями жизни населения, повышенной теплообеспеченностью при достаточном увлажнении, наивысшей для лесных ландшафтов биологической продуктивностью. Однако между этими вариантами имеются и существенные различия. Для

* Небольшой фрагмент ландшафтов этого типа (преимущественно горного класса) выражен, кроме того, на северном склоне Большого Кавказа.

восточноевропейских ландшафтов характерен умеренно континентальный климат с относительно сбалансированными по длительности сезонами, продолжительным (до 80–90 дней) комфортным летним периодом, умеренно морозной зимой; летние осадки обычно непродолжительны, но часто выпадают в виде ливней. Существуют предпосылки для развития эрозионных процессов. Лесная растительность практически утратила свои экологические функции в зональных масштабах и лишь в локальных условиях способна играть стабилизирующую роль. Геохимическая среда более благоприятна, чем в подтайге, но некоторые минеральные элементы почвы здесь еще в дефиците. Существуют устойчивые предпосылки заражения туляремией, бешенством, ГЛПС, лептоспирозом, сибирской язвой, местами столбняком, дифиллоботриозом, Ку-лихорадкой; риск заражения клещевым энцефалитом заметно уменьшается.

Восточноевропейские ландшафты описываемого типа отличаются высокой плотностью населения (52 чел./км^2) при сравнительно невысокой урбанизованности (ДГН 72%) и увеличении ПСН до 15 чел./км^2 (в три раза выше, чем в южной тайге). Сельскохозяйственная освоенность территории в среднем близка к 65%, распаханность — около 50% (в западных районах до 60% и выше). Современная лесистость в западных районах 5–10%, в восточных достигает 20–30%. Важнейшие негативные последствия высокой сельскохозяйственной освоенности — интенсивная овражная эрозия и плоскостной смыл почв, сопровождаемые ухудшением водного режима, потерей почвенного плодородия и т.д. На эти фоновые нагрузки накладывается воздействие ряда мощных промышленно-городских очагов. В пределах сравнительно небольшой территории зоны расположено 18 крупных городов, в том числе 2 «миллионера».

Среднерусская ландшафтная провинция — одна из наиболее густо населенных (ПН 68 чел./км^2 , ПГН 52 и ПСН 16 чел./км^2) и промышленно развитых. ЗА около 1,5 млн. т, ПЗА более 20 т/км^2 , ЗВ более 500 млн. м^3 . Основные очаги загрязнения атмосферы — Суворов (238 тыс. т, ГРЭС), Тула (213 тыс. т, автотранспорт, черная металлургия), Рязань (177 тыс. т, теплоэнергетика, нефтехимия), Алексин (144 тыс. т, теплоэнергетика), Новомосковск (141 тыс. т, химия). Значительные площади нарушенных земель связаны с добычей бурого угля. Особый фактор экологического неблагополучия — положение провинции в ареале «чернобыльского следа» (наиболее высокий уровень радиационного загрязнения отмечается в Придеснянской провинции этой же зоны).

В Приволжской лесной провинции выделяются отдельные очаги загрязнения, связанные главным образом с нефтехимической промышленностью, — Кстово (ЗА 138 тыс. т) и Новочебоксарск.

Заволжско-Уфимская провинция характеризуется наличием крупных промышленно-городских очагов. ПН 69 чел./км^2 , ПГН 57 чел./км^2 , ДГН 82%. Главные центры урбанизации, с населением более 1 млн. чел. в каждом, — Казань и Уфа. Суммарная величина ЗА превышает 1 млн. т, ПЗА около 20 т/км^2 . Важнейшие загрязняющие отрасли — нефтехимия и теплоэнергетика, основные центры — Уфа (ЗА 428 тыс. т, ЗВ 220 млн. м^3), Казань (ЗА 178 тыс. т, ЗВ 247 млн. м^3), Нижнекамск (ЗА 139 тыс. т), Набережные Челны (ЗА 133 тыс. т, ЗВ 186 млн. м^3).

Широколиственно-лесные ландшафты Дальнего Востока отличаются муссонным климатом с высокой степенью континентальности (пояс IX по Н. Н. Иванову). Зима здесь более суровая, чем в Восточно-Европейском секторе, и малоснежная, лето до-

ждливое, часты тайфуны и катастрофические наводнения. Значительная часть территории сейсмоопасна. Почти половина площади относится к классу горных ландшафтов. Медико-географическая обстановка характеризуется значительным риском заражения клещевым энцефалитом, существуют очаги клещевого риккетсиоза, лептоспироза, туляремии, Ку-лихорадки, бешенства, специфических для Дальнего Востока лихорадки тсутсугамуши, японского клещевого энцефалита, трематодозов (клонорхоза и др.). Показатели численности населения и освоенности относительно невысоки: ПН 14 чел./км^2 , ПСН на равнинах около 6 чел./км^2 , ДГН 74%. Сельскохозяйственные угодья занимают 25–40% площади равнинных ландшафтов, пашни — 10–25%. Локальные центры загрязнения довольно многочисленны и связаны с теплоэнергетикой (Лучегорск, Артем, Партизанск), производством строительных материалов (Спасск-Дальний), цветной металлургией (Дальнегорск), угледобычей (Партизанск, Райчихинск). Суммарный ЗА более 750 тыс. т, ПЗА около 4 т/км^2 . Крупнейший очаг техногенного загрязнения — Владивосток (ЗА 142 тыс. т, ЗВ 262 млн. м^3).

Лесостепные ландшафты также относятся к зоне экологического оптимума, однако в полной мере комфортными можно считать восточноевропейские ландшафты этого типа с индексом ТК 20–24. В лесостепи Западной Сибири экологические условия ближе к прекомфортным, ТК 18–20. Климат обоих секторов типично континентальный, но в первом показатели теплообеспеченности и увлажнения несколько выше, чем во втором: сумма активных температур соответственно 2500 и 2000 $^{\circ}\text{C}$, коэффициент увлажнения — 0,9 и 0,8, продолжительность летнего комфортного периода — до 90 и до 80 дней; продолжительность и суровость зимы нарастают к востоку. Климатические условия в наибольшей степени отклоняются от оптимума в лесостепных ландшафтах Средней Сибири, расположенных на крайнем востоке ареала и имеющих островной характер. К неблагоприятным природным факторам относятся засухи (1–2 раза в 10 лет), суховеи, ливни, грозы и высокая потенциальная эрозионная опасность, которая в результате интенсивного сельскохозяйственного освоения реализуется, вызывая ряд сопутствующих негативных экологических последствий. В Западной Сибири развиты засоление и заболачивание, поверхностные и грунтовые воды в большей или меньшей степени минерализованы, что способствует распространению уролитиаза. Типичные для лесостепи зооантропонозы — туляремия, бешенство, лептоспироз, сибирская язва, в Восточно-Европейском секторе, кроме того, Ку-лихорадка, столбняк, в Западно-Сибирском клещевой энцефалит, клещевой риккетсиоз, описторхоз, омская геморрагическая лихорадка, альвеококкоз. В лесостепных ландшафтах проживает 18,6% населения страны, средняя плотность населения одна из наиболее высоких — 30 чел./км^2 . Здесь расположено 29 крупных городов. В Восточно-Европейском секторе средняя ПН составляет 39 чел./км^2 , в том числе ПГН 24 и ПСН 15, в Западно-Сибирском — соответственно 28, 22, 6, в Среднесибирском — 7, 4, 3, а без учета горных ландшафтов примерно вдвое больше. В Восточно-Европейском лесостепном секторе 70–80% площади занято сельскохозяйственными угодьями, в том числе до 60–70% пахотными, в сибирских провинциях распаханно 35–40, местами до 50% площади. Однако наиболее значительные очаги урбанизации и техногенного воздействия, в том числе все 3 города-миллионера, расположены за Уралом.

В Среднерусской лесостепной провинции интенсивная сельскохозяйственная эрозия сочетается с наличием крупных техногенных очагов, главным образом центров черной

металлургии — Липецка (ЗА 720 тыс. т), Старого Оскола (ЗА 163 тыс. т) — и горно-добывающей промышленности (Курская магнитная аномалия), а также самого населенного города — Воронежа (ЗА 127 тыс. т, ЗВ 216 млн. м³). Суммарная величина ЗА около 1,5 млн. т, ПЗА более 15 т/км².

В Приволжской лесостепи отдельные очаги загрязнения атмосферы — Ульяновск, Сырань, Новоульяновск (суммарный ЗА около 0,5 млн. т) — связаны с нефтехимической, цементной промышленностью, теплоэнергетикой. В лесостепном Низком Заволжье (Черемшанская провинция) в качестве локального центра техногенного загрязнения выделяется г. Тольятти (ЗА 178 тыс. т). В Бугульминско-Белебеевской провинции главными очагами промышленного загрязнения служат центры нефтехимической промышленности и теплоэнергетики (Салават и Стерлитамак), а также нефтедобывающей промышленности (Туймазы); крупнейший источник загрязнения поверхностных вод — Урусинская ГРЭС (ЗВ 139 млн. м³, 1993 г.).

Южно-Зауральская лесостепная провинция — одна из наиболее населенных и промышленно развитых (ПН 114 чел./км², ДН 90%). Ядром ее является Челябинская агломерация с населением около 1,4 млн. чел., ЗА 508 тыс. т (в основном от черной и цветной металлургии), ЗВ 273 млн. м³ (1993 г.).

Обско-Иртышская лесостепная провинция — важный сельскохозяйственный район с отдельными крупными очагами урбанизации и техногенных выбросов. Главные центры — Новосибирская городская агломерация с населением около 1,7 млн. чел. и г. Омск (1170 тыс. чел.). ЗА около 2 млн. т, ПЗА около 10 т/км². Главные очаги загрязнения атмосферы и поверхностных вод — Омск (ЗА 600 тыс. т, основные источники — автотранспорт, нефтепереработка, нефтехимия, теплоэнергетика; ЗВ 286 млн. м³, 1993 г.), Новосибирск (ЗА 315 тыс. т, теплоэнергетика, автотранспорт; ЗВ 317 млн. м³), Троицк (ЗА 460 тыс. т, ГРЭС), менее значительные — Куйбышев (ГРЭС) и Курган.

Кузнецкая ландшафтная провинция практически соответствует Кузбассу — одному из важнейших промышленных районов страны. ПН достигает здесь 124 чел./км², ПГН 114 чел./км², ДН 92%. Через всю территорию с севера на юг протянулась полоса городских поселений, в которой можно выделить 3 «куста», в той или иной мере близких к агломерациям, с центрами в Кемерово (около 0,6 млн. чел.), Белово—Ленинске-Кузнецком (0,35 млн. чел.) и Новокузнецке (1,3 млн. чел.). Суммарный ЗА более 1,5 млн. т, ПЗА более 75 т/км² (самая высокая после Норильского округа); воздух городов сильно загрязнен. ЗВ 750 млн. м³. Более 3% территории занято нарушенными землями. Главные очаги техногенных нагрузок на ландшафты — Новокузнецк (ЗА 858 тыс. т, основные источники — черная металлургия, производство алюминия, добыча угля), Кемерово (ЗА 185 тыс. т, теплоэнергетика, химическая промышленность), Белово (ЗА 148 тыс. т, ГРЭС, производство цинка), Мыски (ЗА 97 тыс. т, ГРЭС), а также центры угледобычи Прокопьевск, Междуреченск, Калтан, Киселевск, Ленинск-Кузнецкий.

На крайнем востоке полосы лесостепных ландшафтов (Ачинская провинция) расположен мощный очаг урбанизации и техногенного воздействия на природную среду — Красноярск с населением около 1 млн. чел., ЗА 361 тыс. т, ЗВ 416 млн. м³; основные источники загрязнения — производство алюминия, химическая промышленность, теплоэнергетика, автотранспорт. Второй значительный очаг загрязнения в той же провинции — Назарово (ЗА 94 тыс. т, ГРЭС).

Степные ландшафты характеризуются семиаридным климатом с относительно высокой теплообеспеченностью, недостаточным увлажнением и ясно выраженными признаками континентальности. Аридизация и степень континентальности усиливаются по мере приближения к центру континента. В восточноевропейских степях сумма активных температур увеличивается с 2500–2600°C на северной периферии до 3450°C в Предкавказье, но на крайнем востоке ареала, в Забайкалье, она не превышает 2000°C. Влагодобеспеченность в целом уменьшается как в широтном, так и в долготном направлении; для северных степей типичен коэффициент увлажнения 0,6–0,8, для южных — 0,5–0,6 (на востоке до 0,4). Однако в степях Западного Предкавказья он достигает 0,7–0,8. Степень континентальности ярко проявляется в изменениях зимних условий. Так, период с устойчивыми морозами в предкавказских степях не выражен, в восточноевропейских он продолжается 100 дней, а в южносибирских — 155 (из которых 40–60 дней приходится на экстремально холодный период). Если исходить из интегрального индекса ТК, величина которого колеблется в очень широком диапазоне — от 24–25 на юго-западе до 9–10 на крайнем востоке зоны, — то степные ландшафты по экологическому потенциалу попадут в разные категории. Предсубтропические (предкавказские) степи характеризуются наиболее высоким экологическим потенциалом и комфортными природными условиями, типичные (северные и средние) восточноевропейские и западносибирские степи — преимущественно относительно высоким потенциалом и прекомфортными условиями, южные степи — средним потенциалом и условно-благоприятной средой; экологический потенциал южносибирских степей близок к низкому.

При всех указанных различиях природной среде степных ландшафтов присущ ряд общих типических особенностей. Негативное экологическое значение имеют маловодность и безлесие, редкая речная сеть, резкая сезонная неравномерность речного стока (вплоть до пересыхания малых рек), повышенная минерализация и жесткость речных и грунтовых вод. Летом усиливается возможность перегрева организма, комфортный период сокращается до 60–70 дней. Типичны засухи (5–6 за 10-летний период), суховеи, пыльные бури, возможны нашествия саранчи (вероятность их увеличилась в связи с ослаблением мер борьбы; новейший пример этого стихийного бедствия относится к 1999 г.). В биогеохимическом отношении степные ландшафты менее благоприятны, чем лесостепные, в почвах усиливается накопление легкорастворимых солей, но относительно мало иода, цинка, молибдена. Из природно-очаговых болезней наибольшую потенциальную опасность представляют бешенство, лептоспироз, сибирская язва, местами в европейской части — Ку-лихорадка, туляремия, ГЛПС, столбняк, дифиллоботриоз, бруцеллез*, в Сибири — клещевой риккетсиоз.

Высокий агроресурсный потенциал степей предопределил их интенсивную сельскохозяйственную освоенность. По уровню фоновых сельскохозяйственных нагрузок особо выделяются предсубтропические степи. Средняя ПН достигает здесь 65 чел./км², а ПСН высшая в стране — 31 чел./км² (в Предгорно-Кавказской провинции 48, в Азово-наивысшая в стране — 31 чел./км² (в Предгорно-Кавказской провинции 48, в Азово-Кубанской 35). Эти показатели заметно снижаются в северных восточноевропейских степях (ПН 48 чел./км², ПСН 12 чел./км²) и еще более резко в других подтипах и секторных вариантах степей, достигая самых низких значений в южносибирских степях

* В 1999 г. в Среднерусской провинции зафиксирована активизация очага крымской геморрагической лихорадки.

(ПН 8 чел./км², ПСН около 3 чел./км²), что вполне соответствует изменениям экологического потенциала ландшафтов. В той же последовательности изменяется распаханность территории: в Азово-Кубанской провинции она приближается к 70%, в типичных восточноевропейских степях в среднем близка к 60%, в южных уменьшается до 40–50%, а на крайнем востоке — до 10%. По мере сокращения земледельческого освоения растет доля пастбищных угодий, которые в сухих (южных) степях приобретают доминирующее фоновое значение. Ландшафтно-географические и экологические последствия длительного сельскохозяйственного воздействия ранее уже освещались, и нет необходимости к ним возвращаться.

Что касается очаговых индустриально-урбанистических нагрузок, то в некоторых степных ландшафтах они приобретают определяющий характер, хотя в целом уровень урбанизации в этой зоне ниже, чем в рассмотренных ранее, ПН 11 чел./км², ДГН 63% (значительно ниже среднего для России). Здесь насчитывается 32 крупных города, основные очаги урбанизации приурочены к берегам больших рек и горнопромышленным районам.

В Восточно-Европейском степном секторе наиболее значительные городские агломерации — Самарская (1,6 млн. чел.), Ростовская-на-Дону (1,4 млн. чел.) и Саратовская (1,2 млн. чел.). Первая образует ядро северостепной подпровинции Низкосыртового Заволжья — одного из самых густонаселенных и загрязненных мезорегионов (ПН 184 чел./км², ДГН 92%, ЗА более 500 тыс. т, ПЗА более 60 т/км²). Главные очаги техногенных нагрузок — Самара (ЗА 249 тыс. т, ЗВ 408 млн. м³) и Новокуйбышевск (ЗА 260 тыс. т, основные загрязняющие отрасли — нефтепереработка, нефтехимия и теплоэнергетика). В составе Ростовской агломерации выделяются два центра техногенных нагрузок — Новочеркасск (ЗА 249 тыс. т, ГРЭС) и Ростов-на-Дону (ЗА 181 тыс. т, главным образом автотранспорт). В Саратове (ЗА 157 тыс. т, ЗВ 235 млн. м³) главным источником техногенного загрязнения является нефтехимическая промышленность. Ростовская агломерация примыкает к российскому Донбассу (Донецкая ландшафтная провинция) с сильно нарушенными ландшафтами, ПН достигает здесь 133 чел./км², ДГН 89%. Городские поселения этой провинции можно рассматривать как единую агломерацию с населением 768 тыс. чел. Основной загрязняющий фактор — угледобыча, ЗА около 200 тыс. т, ПЗА 28 т/км². Самый значительный очаг урбанизации в Заволжской Высокосыртовой провинции — Оренбург (ЗА 195 тыс. т, нефтегазовая и нефтехимическая промышленность).

В степях Предкавказья имеется ряд локальных центров загрязнения, главным образом отходами нефтехимической, химической промышленности, теплоэнергетики, а также автотранспорта, крупнейшие из них — Грозный (ЗА 316 тыс. т) и Краснодар (ЗА 257 тыс. т)*.

Южно-Зауральская провинция — крупнейший промышленный район в рассматриваемой ландшафтной зоне, с мощными очагами техногенного воздействия, ЗА более 1,6 млн. т, ПЗА более 20 т/км². Главные центры — Магнитогорск (ЗА 873 тыс. т, черная металлургия), Орск (ЗА 306 тыс. т, производство никеля, нефтехимия), Новотроицк (ЗА 232 тыс. т, черная металлургия), Медногорск (127 тыс. т, производство меди).

* Данные по ЗА приводятся, как уже было сказано, за 1989 г. К 1996 г. соответствующие показатели составили в Краснодаре 117 тыс. т, в Грозном — не более 80 тыс. т.

В Предальтайской провинции главным центром техногенных выбросов служит Барнаул (ЗА 263 тыс. т, теплоэнергетика, нефтехимия, автотранспорт). На юге провинции находится локальный очаг загрязнения почв, связанный с добычей и обогащением полиметаллических руд (г. Горняк); этот же район в течение нескольких десятилетий подвергался влиянию Семипалатинского ядерного полигона, известно более 20 случаев радиоактивных выпадений.

В Абаканской провинции локальные очаги нарушения земель, загрязнения атмосферы и почв связаны с добычей угля и полиметаллических руд, выплавкой алюминия и молибдена (Черногорск, Саяногорск, Сорск).

В степях Забайкалья (Южно-Сибирский сектор) выделяются два наиболее значительных центра техногенного загрязнения — Чита (ЗА 120 тыс. т) и Улан-Удэ (ЗА 100 тыс. т), основные источники — теплоэнергетика и автотранспорт.

Полупустынные и пустынные ландшафты характеризуются дальнейшим усилением дефицита влаги на фоне возрастания запасов солнечного тепла. Сумма активных температур увеличивается в юго-восточном направлении с 3200 до 3600°С, а коэффициент увлажнения одновременно сокращается с 0,4 до 0,2. Ландшафты полупустынного типа по индексу биологической эффективности климата *ТК* (в среднем около 10) можно отнести к экологически малоблагоприятным, с низким экологическим потенциалом, а пустынные ландшафты (на территории России *ТК* около 7–8, за ее пределами значительно ниже) — к неблагоприятным, близким к экстремальным, с очень низким экологическим потенциалом. Хотя признаки аридности более резко выражены в пустынях, оба типа ландшафтов имеют много общего по условиям жизни населения. Климат здесь переходный от континентального к резко континентальному. Зима довольно продолжительная и холодная, период с устойчивыми морозами продолжается 80–90 дней, возможен экстремум температуры до –34, –36°С. Летом интенсивная инсоляция и высокие температуры воздуха в сочетании с его сухостью и запыленностью создают предпосылки для перегрева и обезвоживания организма, заболеваний дыхательных путей, расстройств желудочно-кишечного тракта. С избытком ультрафиолетовой радиации (в течение трех месяцев) связана онкологическая опасность. Комфортный летний период сокращается здесь до 45–50 дней. Типичны суховеи и пыльные бури.

Аридность проявляется в отсутствии постоянных местных водотоков, развитии процессов континентального засоления, высокой минерализации почвенных растворов и поверхностных вод, низкой биологической продуктивности, разреженности растительного покрова. В почвах наблюдается избыточная концентрация бора, цинка, местами других микроэлементов, но типичен дефицит иода. Потенциально опасные зооантропонозы — бешенство, сибирская язва, бруцеллез, крымская геморрагическая лихорадка, клещевые спирохетозы, в Волго-Ахтубинской пойме — туляремия, Кули-хорадка, лептоспироз, дифиллоботриоз.

Сравнительно высокая для аридных условий плотность населения (15 чел./км²) на три четверти создается за счет населения Волго-Ахтубинской поймы и Волгограда, т. е. по сути оазиса, приуроченного к транзитному течению Волги. 70–75% площади используется в качестве естественных кормовых угодий, очаги земледелия существуют в основном на орошаемых землях. Типичные последствия хозяйственной деятельности — деградация естественных пастбищ, дефляция, вторичное засоление, местами эрозия. В

береговой полосе Каспийского моря специфические экологические проблемы связаны с многолетними колебаниями уровня этого крупнейшего внутреннего водоема. К 1977 г. в результате длительного спада уровень Каспия достиг самой низкой отметки за последние 400 лет. Начавшееся в 1978 г. поднятие уровня уже привело к его повышению почти на 2,5 м. Основные причины этих колебаний имеют естественное происхождение, однако, по-видимому, играют роль и антропогенные факторы, связанные с нерациональным водопотреблением в бассейне Волги. Эти же факторы усугубляют интенсивность наводнений в Волго-Ахтубинской пойме (катастрофический характер имело, в частности, наводнение 1991 г.).

В структуре населения полупустынных и пустынных ландшафтов ДГН составляет 70%. Здесь имеются три крупных города, все они расположены на берегах Волги и служат наиболее значительными очагами техногенного воздействия. Крупнейший из них — Волгоград с населением 1 млн. чел., ЗА 341 тыс. т, ЗВ 208 млн. м³; основные источники загрязнения — автотранспорт, химическая, нефтехимическая промышленность, теплоэнергетика, черная и цветная металлургия. Астрахань (ЗА 112 тыс. т) — центр газопереработки; в 60 км от города находится газоконденсатное месторождение. В г. Волжском (ЗА 83 тыс. т) источниками техногенных выбросов служат предприятия нефтепереработки и химической промышленности.

Субсредиземноморские и лесные предсубтропические ландшафты представлены на территории России в узкой полосе Черноморского побережья (протяженность 600 км) с прилегающими юго-западными склонами Большого Кавказа. С северо-запада на юго-восток сумма активных температур увеличивается от 3500 до 4000°C, а коэффициент увлажнения — от 0,8 до 1,5, и сравнительно сухой климат с чертами средиземноморского сменяется гумидным климатом северной периферии влажных субтропиков. Соответственно индекс *ТК* возрастает с 29 до 40, но, несмотря на столь значительные различия, остается более высоким, чем где-либо в других районах России. Обилие солнца и тепла, мягкая зима (с положительными средними температурами самого холодного месяца), теплое море определили приоритетность курортной функции ландшафтов. По экологическому потенциалу они относятся к самому высокому классу. Определенные экологические ограничения имеют второстепенный или локальный характер (обильные дожди, эпизодические наводнения и оползни, новороссийская бора).

Приморская полоса густо населена и интенсивно освоена. Средняя плотность населения на всей территории (включая горные ландшафты) составляет 134 чел./км², ДГН 83% (с учетом курортных поселков, включенных в состав г. Сочи). Антропогенные нагрузки на ландшафты весьма значительны. ПЗА достигает 59 т/км², сильно загрязнена прибрежная зона Черного моря. В загрязнение атмосферы существенный вклад вносят автотранспорт и промышленность; центры загрязнения — Новороссийск (ЗА 116 тыс. т, цементные заводы), Сочи (ЗА 92 тыс. т, автотранспорт) и Туапсе (ЗА 54 тыс. т, нефтепереработка).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая обзор современного состояния географической среды России в ее основных региональных различиях, казалось бы логичным бросить взгляд в будущее. Разработка каких-либо прогнозов не входила в задачу автора, поэтому ограничимся лишь некоторыми общими соображениями.

Если исходить из развиваемых в этой книге представлений о содержании и задачах экологической географии, то в эколого-географическом прогнозе следует различать две составные части, или два последовательных этапа. Первый этап сводится к прогнозированию экологических последствий природных процессов, происходящих в геосистемах, в том числе связанных с общей направленностью (трендом) их развития, колебательными изменениями, возможностью экстремальных ситуаций в тех или иных явлениях и т.д. Все это входит в сферу географического прогнозирования в широком смысле слова. Нельзя утверждать, что различные аспекты географического прогнозирования в достаточной степени разработаны, но все же закономерности динамики и развития отдельных компонентов и геосистем в целом уже известны в общих чертах. Мы не можем со стопроцентной вероятностью и необходимой заблаговременностью предвидеть точное место и время события, будь то засуха, наводнение, оползень и т.п. Но самая возможность и вероятность наступления подобных событий в данном ландшафте вполне предсказуемы. Есть основание полагать, что выявленные к настоящему времени закономерности протекания природных географических процессов и в том числе опасных стихийных природных явлений сохранятся в обозримом будущем.

Второе слагаемое эколого-географического прогноза имеет отношение к экологическим последствиям антропогенных воздействий на географическую среду. Особая трудность задачи определяется непредсказуемостью изменения тех социально-экономических факторов и условий, от которых зависят направленность и интенсивность антропогенных воздействий. Эта непредсказуемость в полной мере проявляется на протяжении нынешнего, чрезмерно затянувшегося политического и социально-экономического кризиса. Экологические последствия кризиса вполне очевидны. Собственно, их не так уж трудно было предвидеть. Свидетельством тому может служить достаточно красноречивый прогноз, сделанный авторами «Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1991 г.» (1992), т. е. в самом начале «переходного» периода. Сейчас (спустя почти 10 лет) мы можем оценить высокую степень оправдываемости этого прогноза. Вот только некоторые его положения:

- недопустимо высокий износ технологического, транспортного, очистного оборудования приведет к учащению аварий;
- необходимость все более широкого использования некондиционного сырья и материалов станет причиной повсеместного нарушения технологической дисциплины;
- снизятся затраты на строительство, реконструкцию и эксплуатацию природоохранных сооружений и оборудование;
- увеличение экспорта природного газа, нефти и высококачественного угля может привести к использованию для теплоснабжения городов низкокачественного угля и вследствие этого — к загрязнению воздуха и расширению золошлаковых отвалов;

— лесопользование в условиях нестабильности приведет к незаконной рубке высокобонитетных лесов, возобновлению молевого сплава, утрате условий восстановления лесов на больших пространствах.

— снижение уровня жизни населения увеличит массовый наплыв в леса сборщиков грибов, ягод, охотников, усилится охотничье и рыбное браконьерство, возрастет опасность пожаров, деградации клюквенных болот, брусничников, возникнет вероятность подрыва популяций ряда промысловых млекопитающих и ценных рыб.

В конечном счете авторы прогноза с уверенностью предсказывают повсеместное ухудшение здоровья населения.

Современная наука, и прежде всего география, накопила большой опыт изучения антропогенных воздействий на природную среду, так что в случаях, когда антропогенный фактор «задан» (т.е. с полной определенностью известен), предвидеть последствия его воздействия на ландшафты вполне возможно — разумеется, с определенной степенью вероятности. Главная проблема «антропогенного прогноза» состоит в предвидении тех политических, экономических и социальных перемен в обществе, которые приводят к изменениям самих антропогенных факторов. Непредсказуемость многих процессов, происходящих в человеческом обществе, заставляет разрабатывать альтернативные прогнозы, т.е. строить сценарии грядущих изменений на основе допущения различных исходных ситуаций — от самых благоприятных до самых неблагоприятных.

Важно подчеркнуть, что независимо от того, как изменится российская действительность в ближайшем будущем, нынешнее ее состояние надолго оставит глубокий след в природной среде. Процесс распада зашел слишком далеко, чтобы его экологические последствия можно было быстро ликвидировать. Современному природопользованию в России присущи все типические черты, свойственные колониальным и полуколониальным странам: хищнический характер эксплуатации природных ресурсов, ресурсная направленность экономики, сырьевая ориентация экспорта, низкий уровень технологий производства и технологической дисциплины, высокая отходность производства, крайне недостаточное финансирование природоохранных мероприятий и научных исследований. Чтобы переломить сложившуюся ситуацию, потребуются, по-видимому, долгие годы. Но если даже допустить, что это произойдет мгновенно, ландшафты в силу присущей им инерционности не смогут быстро восстановить свой экологический потенциал, а в некоторых случаях способность к восстановлению может оказаться утраченной. Все сказанное не дает оснований ожидать существенного улучшения экологической ситуации в стране с наступлением нового тысячелетия.

Остается добавить несколько слов об особой ответственности науки в условиях современной российской действительности. Развитию научных исследований экологического направления был нанесен двойной удар: подорвана материально-техническая база исследований, а их результаты оказываются практически не востребованными, т.е. исчезли нормальные условия для внедрения. Отсюда первоочередной задачей географов становится необходимость сохранить накопленный научный потенциал и обеспечить преемственность исследований, в меру возможностей продолжая их и в самых сложных условиях. Нынешняя ситуация требует от ученых не только высокого профессионализма, но и активной гражданской позиции.

ЛИТЕРАТУРА

- Авакян А. Б., Салтанкин В. П., Шаранов В. А. Водохранилища. М., 1987. 323 с.
- Авцын А. П. Введение в географическую патологию. М., 1972. 328 с.
- Авцын А. П., Жагоронков А. А., Строчков Л. С. Принципы классификации заболеваний биотехногенной природы // Архив патологии. М., 1983, т. 15, № 9. С. 3–11.
- Алексеев В. П. Очерки экологии человека. М., 1993. 189 с.
- Алексеев В. Р. Географический подход к социально-экологической оценке опасных природных явлений // География и природные ресурсы. 1994, № 4. С. 9–17.
- Алексеева Т. И. Географическая среда и биология человека. М., 1977. 302 с.
- Альперович Е. И. Распространение альвеококкоза в Якутской АССР // Вопросы географической патологии Якутии. Якутск, 1966, вып. 1. С. 9–12.
- Ананиев Г. С. Методология изучения катастрофических процессов рельефообразования и вопросы эколого-геоморфологического риска // Вести Моск. ун-та. Сер. геогр. 1992, № 4. С. 14–19.
- Арманд Д. Л., Витвицкий Г. Н., Герасимов И. П. и др. Стихийные природные бедствия (изучение, предупреждение, защита) // Человек, общество и окружающая среда. М., 1973. С. 172–195.
- Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М., 1976. 340 с.
- Бабаханов Н. А. Стихийные природные явления: сущность и классификация // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. 1990, т. 122, вып. 2. С. 170–176.
- Базилевич Н. И. Некоторые критерии оценки структуры и функционирования природных зональных геосистем // Почвоведение. 1983, № 2. С. 27–40.
- Базилевич Н. И., Гребенчиков О. С., Тшаков А. А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М., 1986. 297 с.
- Базилевич Н. И., Титлянова А. А. Особенности функционирования травяных экосистем в сравнении с лесными и пустынными // Математическое моделирование в экологии. М., 1978. С. 65–100.
- Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л., 1980. 184 с.
- Беве А. А., Грабовская Л. И., Тихонова Н. В. Геохимия окружающей среды. М., 1976. 248 с.
- Борисенков Е. П., Пасецкий В. М. Тысячелетия летопись необычайных явлений природы. М., 1988. 524 с.
- Ботвинкин А. Д. Особенности эпидемиологии гидрофобии и экологии вируса бешенства в условиях преобладания очагов природного типа: Автореф. докт. дис. М., 1992. 58 с.
- Бредихина И. Л., Дончева А. В. Техногенная трансформация и модифицирование ландшафтов в зонах техногенеза (на примерах Норильского и Мончегорского районов) // Структура, функционирование, эволюция природных и антропогенных ландшафтов: Тез. X ландшафтной конференции. М.; СПб., 1997. С. 234–236.
- Брюханов Ф. Ф., Ляхов М. Е., Погребняк В. Н. Смерчопасные зоны в СССР и размещение атомных станций // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1989, № 1. С. 40–48.
- Вадковская Ю. В., Раппопорт К. А., Чубуков Л. А. и др. Климато-физиологическое обоснование районирования СССР для целей гигиены одежды // Вопросы прикладной климатологии. Л., 1960. С. 120–137.
- Ваинов В. И., Кербабаяв Э. Б., Дремова В. П. и др. Гнус в нефтегазовых районах Западной Сибири и опыт организации борьбы с ним // Проблемы Севера. М., 1970, вып. 14. С. 172–185.
- Вершинина Т. А. Исходные клещи Азиатской России // Опыт создания карты исходных клещей Азиатской России. Иркутск, 1974. С. 17–36.
- Вершинский Б. В. Картографирование природно-очаговых болезней в связи с изучением их географии в СССР // Медицинская география: итоги, перспективы. Иркутск, 1964. С. 62–103, с картой.
- Волкова Е. А., Федорова И. Т. Карта экологических функций растительного покрова России // Геоботаническое картографирование, 1993. СПб., 1995. С. 51–57, с картой.
- Гвоздецкий Н. А. Карст. М., 1981. 214 с.

- Геологические проблемы Удмуртии / Под ред. В.И. Стурмана. Ижевск, 1997. 158 с.
- Гарбуль-Гайбюль А. А. Оценка климата для типового проектирования жилищ. Л., 1971. 195 с.
- Гильманская М. А. Ландшафтно-геохимическое районирование Нечерноземной зоны по условиям разложения и рассеяния органических загрязняющих веществ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1979, № 2. С.10-19.
- Гильманская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М., 1988. 328 с.
- Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1991 г. М., 1992. 80 с.
- Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1993 г. М., 1994. 237 с.
- Дудинский Г. С. Медико-географические особенности заболевания эпидемическим зобом в Западной Сибири // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1978, № 1. С.93-97.
- Добровольский В. В. Геохимия ландшафта и некоторые вопросы здравоохранения населения // Геохимия ландшафта. М., 1967. С.40-53.
- Добровольский В. В. Геохимия микроэлементов: глобальное рассеяние. М., 1983. 272 с.
- Добровольский В. В. Проблемы геохимии в физической географии. М., 1984. 143 с.
- Дочкаев В. В. К учению о зонах природы [1898-1899] // Соч., т. 6. М.; Л., 1951. С. 398-414.
- Евдокимова Т. И., Быстрицкая Т. Л., Васильевская В. Д. и др. Биогеохимические циклы элементов в природных зонах Европейской части СССР // Биогеохимические циклы в биосфере. М., 1976.
- Ежегодник загрязнения почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 1993 г. Обнинск, 1994. 244 с.
- Ежегодник качества поверхностных вод СССР в 1990 г. Обнинск, 1991. 465 с.
- Ежегодник качества поверхностных вод СССР в 1992 г. Обнинск, 1993. 388 с.
- Ежегодник состояния загрязнения воздуха и выбросов вредных веществ в атмосферу городов и промышленных центров Советского Союза. 1989 г. Л., 1990. 487 с.
- Земцов А. А. Север Западной Сибири под техногенным прессом // География и природные ресурсы. 1995, № 5. С.38-43.
- Земцов Р. И., Тажков А. А. Биотические компоненты // Природная среда Европейской части СССР. М., 1989. С.154-226.
- Иванов Н. Н. Пояса континентальности Земного шара // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. 1959, т. 91, вып.5. С.410-423.
- Иванов Н. Н. Показатель биологической эффективности климата // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. 1962, т. 94, вып.1. С.65-70.
- Информационно-экологический справочник о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу на территории Российской Федерации за период 1986-1996 гг. / Под ред. В.Б. Милжева и Н.С. Буренина. СПб., 1998. 118 с.
- Исаченко А. Г. Ландшафты СССР. СПб., 1985. 320 с.
- Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М., 1991а. 366 с.
- Исаченко А. Г. Оценка и картографирование экологического потенциала ландшафтов России // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. 1991б, т. 123, вып.6. С.457-472.
- Исаченко А. Г. Экологическая география Северо-Запада России. СПб., 1995, ч.1. 206 с.; ч.2. 97 с.
- Исаченко А. Г. Ландшафтное районирование России как основа для регионального эколого-географического анализа // Изв. Русск. геогр. о-ва. 1996, т. 128, вып.5. С.12-24.
- Исаченко А. Г. География в современном мире. М., 1998. 160 с.
- Исаченко Г. А. «Окно в Европу»: история и ландшафты. СПб., 1998. 474 с.
- Исаченко Е. А., Филиппова Л. Н. Влияние промышленного загрязнения на естественную растительность в окрестностях г. Мончегорска // Естественная среда и биологические ресурсы Крайнего Севера. Л., 1975. С.135-143.
- Канцеловская И. В., Рунцова Т. Г. Взаимосвязи уровня хозяйственного освоения и способности использования территории // Ресурсы, среда, расселение. М., 1974. С.118-127.
- Картаваева Н. А., Жариков С. Н., Нефедова Т. Г. и др. Антропогенная трансформация почвы // Природная среда Европейской части СССР. М., 1989. С. 80-153.
- Карта лавиноопасных районов СССР. Масштаб 1:7 500 000. М., 1971.
- Карта растительности Европейской части СССР. Масштаб 1:2 500 000. М., 1979.
- Карта растительности СССР для высших учебных заведений. Масштаб 1:4 000 000. М., 1990.
- Карта селеопасных районов СССР. Масштаб 1: 8 000 000. М., 1975.
- Карта физико-географического районирования СССР для высших учебных заведений. Масштаб 1:8 000 000. М., 1983.
- Касимов Н. С., Верожейкин А. П., Королева Т. В. и др. Ландшафтно-геохимическая оценка воздействия ракетно-космической техники на окружающую среду // Структура, функционирование, эволюция природных и антропогенных ландшафтов: Тез. X ландшафтной конференции. М.; СПб., 1997. С.167-169.
- Климатическое районирование для проектирования жилища. М., 1969. 113 с.
- Ковальский В. В. Геохимическая экология. М., 1974. 281 с.
- Ковальский В. В., Андрианова Г. А. Микроэлементы в почвах СССР. М., 1970. 179 с.
- Конищев В. Н., Тумель Н. В., Зотова Л. И. Эколого-географические проблемы криолитозоны // География на пороге третьего тысячелетия. СПб., 1995. С.81-91.
- Корнилова Р. П. Продолжительность купального сезона на территории СССР // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1979, № 4. С. 44-51.
- Кочуров Б. И. География экологических ситуаций (экодиагностика территорий). М., 1997. 131 с.
- Крючков В. В. Чуткая Субарктика. М., 1976. 136 с.
- Крючков В. В. Необходимость нормирования техногенных нагрузок на экосистемы // Нормирование техногенных нагрузок: Тез. докл. Всесоюз. совещ. М., 1988а. С. 121-123.
- Крючков В. В. Промышленное воздействие на природу в условиях научно-технической революции // Антропогенное воздействие на экосистемы Кольского Севера. Апатиты, 1988б. С. 4-19.
- Куликов Г. В., Жевлаков А. В., Бондаренко С. С. Минеральные лечебные воды СССР. Справочник. М., 1991. 399 с.
- Ладожское озеро: критерии, состояние, экосистемы / Под ред. Н. А. Петровой, А. Ю. Терзевича. СПб., 1992. 324 с.
- Ландшафтная карта СССР для высших учебных заведений. Масштаб 1: 4 000 000. М., 1988.
- Лицкевич В. К. Учет климатических условий при проектировании жилых зданий в различных районах СССР. М., 1975. 116 с.
- Лутта А. С., Лобкова М. П., Усова З. В. Материалы по фенологии суточной активности нападения кровососущих насекомых и по борьбе с ними в Карелии // К природной очаговости паразитарных и трансмиссивных заболеваний в Карелии. М.; Л., 1964. С.159-175.
- Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М., 1974. 448 с.
- Максимова Л. В., Райх Э. Л. Экстремальные природные условия жизни // Окружающая среда и здоровье человека. М., 1979. С.80-112.
- Маликов Б. Н., Василенко Е. Ф., Чудинов П. И. и др. Картографический метод прогнозирования опасных зон природно-очаговых инфекций // Вопросы медицинской географии Западной Сибири. Новосибирск, 1970, вып. 2. С. 20-38.
- Медико-географическая характеристика Нижнего Приамурья / Под ред. Е. Г. Чулкова. Хабаровск, 1972. 280 с.
- Медико-географические аспекты проблемы освоения зоны БАМа / Под ред. Б. Б. Прохорова. Иркутск, 1977. 170 с.

- Мельник В. М. Изучение географического распространения биогеохимических эндемий // Медицинская география: итоги, перспективы. Иркутск, 1964. С. 113-140.
- Мельник В. М. Принципы медико-географической характеристики геохимических ландшафтов // Геохимия ландшафта. М., 1967. С. 148-154.
- Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л., 1974. 638 с.
- Мочалов В. Н. Введение в экологию человека. СПб., 1997. 118 с.
- Мухомов С. М., Козлов К. А. Распространенность техногенных и природных чрезвычайных ситуаций в России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1993, № 5. С. 3-11.
- Мухомов А. X., Тайдар Р. Э., Локк С. И. и др. Состояние Псковско-Чудского озера на основе данных комплексной гидробиологической экспедиции // Проблемы исследования крупных озер. Л., 1985. С. 159-162.
- Назаренский О. Р. Карта оценки природных условий жизни населения СССР. Масштаб 1:8 000 000. М., 1984.
- Обзор состояния окружающей природной среды в СССР (по материалам наблюдений 1988-1989 гг.). М., 1990. 114 с.
- Осифьев Н. Г., Добрышнев Б. П. Основные принципы и итоги изучения географии природных очагов туляремии в СССР // Методы медико-географических исследований. М., 1965. С. 229-251.
- Охрана окружающей среды в Российской Федерации в 1994 г. М., 1995. 197 с.
- Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М., 1975а. 341 с.
- Перельман А. И. Химический состав Земли. М., 1975б. 64 с.
- Перов В. Ф. Стихийно-разрушительные процессы в горах. М., 1976. 46 с.
- Плещина Г. Л., Романенко Н. А., Дарченкова Н. Н. Распространение описторхоза и дифиллоботриоза в России // Медицинская география: переходный период. СПб., 1995. С. 131-132.
- Поничерова В. В. Водно-почвенно-экологическая характеристика некоторых типов растительности — леса, луга, компоненты лесостепи // Экология. 1972, № 6. С. 35-47.
- Поничерова В. В., Рожнова Т. А., Сотникова Н. С. Особенности биологического круговорота в хвойных лесах гумидного климата по результатам лизиметрических исследований // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л., 1971. С. 220-226.
- Поспелов В. П. Медико-географический атлас Красноярского края. Красноярск, 1970.
- Поспелов В. П. Ландшафтно-эпидемиологический атлас Европейской части СССР, Урала и Крымской области УССР. М., 1987. 162 с.
- Природно-очаговые болезни в Приморском крае. Владивосток, 1975. 266 с.
- Природно-очаговые заболевания в Амурской области. Благовещенск, 1975. 126 с.
- Природопользование Российского Дальнего Востока и Северо-Востока Азии / Под ред. А. С. Шейнгуза Хабаровск, 1997. 224 с.
- Прозоров Е. Е. Медико-географическая информация при освоении новых районов Сибири. Новосибирск, 1979. 200 с.
- Растительность Европейской части СССР / Под ред. С. А. Грибовой, Т. И. Исаченко, Е. М. Лавренко. Л., 1980. 428 с.
- Растительный покров СССР. Пояснительный текст к «Геоботанической карте СССР» масштаба 1:4 000 000 / Под ред. Е. М. Лавренко и В. Б. Сочавы. М.; Л., 1956, тт. 1-2. 971 с.
- Региональные системы противозеронозных мероприятий / Под ред. Д. Л. Арманда. М., 1972. 544 с.
- Российский статистический ежегодник. М., 1997.
- Рубинка И. В., Горбунов Н. С., Кордубасов А. А. и др. Результаты изучения современного состояния очагов клещевого риккетсиоза в Алтайском крае // Природно-очаговые болезни человека. Омск, 1989. С. 137-146.
- Сельвинский Ю. П. Литогенная основа ландшафта и здоровье человека // Медицинская география: переходный период. СПб., 1995. С. 11-12.

Серебряков В. В. Итоги изучения вопросов биогеографии мочекаменной болезни в условиях Крайнего Севера СССР и Якутской АССР // Третье научное совещание по проблемам медицинской географии. Л., 1968. С. 68-69.

Серебрякова Л. К. Допустимые концентрации токсических веществ в атмосферном воздухе для древесной растительности // Газоустойчивость растений. Новосибирск, 1980. С. 184-185.

Скворцова Т. М., Львов С. Д., Березина Л. К. и др. Карельская лихорадка (этиология, эпидемиология, клиника, профилактика) // Региональные аспекты охраны здоровья населения Карельской АССР. Петрозаводск, 1988. С. 38-40.

Соловьянов А. А. Анализ состояния воздухоохранной деятельности и воздушного бассейна Российской Федерации // Состояние и проблемы охраны атмосферного воздуха в государствах Содружества (опыт воздухоохранной деятельности). СПб., 1998. С. 47-59.

Состояние окружающей среды Северо-Западного и Северного регионов России / Под ред. А.К. Фролова. СПб., 1995. 370 с.

Состояние природной среды в СССР в 1988 г. / Под ред. В. Г. Соколовского. М., 1989. 173 с.

Справочник по климату СССР. Л., 1965-1969, вып. 1-34.

Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации. Изд. 2-е. СПб., 1997. 587 с.

Токаревич К. Н., Вершинский Б. В., Перфильев П. П. Очерки ландшафтной географии зооантропонозов. Европейский Север СССР. Л., 1975. 168 с.

Тхостов Д. Р. Проблемы медицинской географии Северной Осетии // Географическая среда и здоровье населения. Л., 1971. С. 38-48.

Устинов Г. Н. Принципы районирования территории для типового проектирования жилищ // Вопросы прикладной климатологии. Л., 1960. С. 54-60.

Фрумкин П. А., Саровайская Л. И. Питание и здоровье населения // Окружающая среда и здоровье человека. М., 1979. С. 150-170.

Хлебонич И. А. Медико-географическая оценка природных комплексов (на примере южных районов Средней Сибири). Л., 1972. 124 с.

Чибилев А. А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Свердловск, 1992. 171 с.

Численность населения РСФСР по данным Всесоюзной переписи населения 1989 г. М., 1990. 378 с.

Чуканов В. Н., Короблицин Б. А. Современная радиэкологическая обстановка на территории ВУРСа в Свердловской области // Проблемы региональной экологии. Сигнальный выпуск. Екатеринбург, 1995. С. 63-69.

Эколого-географическая карта России. Масштаб 1:4 000 000. М., 1996.

Эколого-географические районы Воронежской области / Под ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж, 1996. 214 с.

Экология и продуктивность лесов Нечерноземья (на примере Валдая) / Под ред. М. А. Глазковой. М., 1980. 143 с.

Якушевская И. В. Микроэлементы в природных ландшафтах. М., 1973. 100 с.

СПИСОК КАРТ

- Рис. 1. Ландшафтно-экологические макрорегионы России
- Рис. 2. Ландшафтно-экологические мезорегионы России (запад и юг)
- Рис. 3. Ландшафтно-экологические мезорегионы России (север и восток)
- Рис. 4. Солнечная радиация и радиационный баланс
- Рис. 5. Суммы активных температур
- Рис. 6. Показатель континентальности и амплитуда месячных температур
- Рис. 7. Продолжительность летнего комфортного периода
- Рис. 8. Продолжительность отопительного периода
- Рис. 9. Продолжительность зимнего дискомфорта и экстремально дискомфортного периодов
- Рис. 10. Среднее годовое количество атмосферных осадков
- Рис. 11. Число дней с осадками
- Рис. 12. Коэффициент увлажнения
- Рис. 13. Продолжительность залегания снежного покрова
- Рис. 14. Средняя годовая скорость ветра
- Рис. 15. Средний годовой слой речного стока
- Рис. 16. Удельные ресурсы местного речного стока по ландшафтным мезорегионам
- Рис. 17. Водонесность главных рек
- Рис. 18. Типы сезонного режима речного стока
- Рис. 19. Грунтовые воды
- Рис. 20. Пресные артезианские воды
- Рис. 21. Лечебные минеральные воды
- Рис. 22. Ландшафтно-геохимическая среда
- Рис. 23. Лесистость по ландшафтно-экологическим мезорегионам
- Рис. 24. Биологическая продуктивность равнинных ландшафтов по макрорегионам
- Рис. 25. Дикорастущие плодово-ягодные растения. I
- Рис. 26. Дикорастущие плодово-ягодные растения. II
- Рис. 27. Дикорастущие плодово-ягодные и орехоплодные растения
- Рис. 28. Основные районы распространения лекарственных растений
- Рис. 29. Районы распространения ядовитых растений
- Рис. 30. Распространение представителей отряда хищных
- Рис. 31. Распространение представителей грызунов и копытных
- Рис. 32. Ландшафтно-фаунистическое районирование населения млекопитающих
- Рис. 33. Распространение ископаемых клещей
- Рис. 34. Районирование природно-очаговых болезней
- Рис. 35. Деструктивные природные процессы в ландшафтах
- Рис. 36. Показатель биологической эффективности климата
- Рис. 37. Экологический потенциал ландшафтов по мезорегионам
- Рис. 38. Общая плотность населения по ландшафтно-экологическим макрорегионам
- Рис. 39. Общая плотность населения по ландшафтно-экологическим мезорегионам
- Рис. 40. Плотность сельского населения по ландшафтно-экологическим макрорегионам
- Рис. 41. Плотность сельского населения по ландшафтно-экологическим мезорегионам
- Рис. 42. Плотность городского населения по ландшафтно-экологическим макрорегионам
- Рис. 43. Плотность городского населения по ландшафтно-экологическим мезорегионам
- Рис. 44. Доля городского населения в общей численности населения
- Рис. 45. Распаханность по ландшафтным мезорегионам
- Рис. 46. Суммарный выброс вредных веществ в атмосферу от промышленных центров в 1989 г.
- Рис. 47. Суммарный выброс вредных веществ в атмосферу от промышленных центров в 1996 г.
- Рис. 48. Выбросы вредных веществ в атмосферу от теплоэлектростанций
- Рис. 49. Выбросы вредных веществ в атмосферу от металлургических предприятий
- Рис. 50. Выбросы вредных веществ в атмосферу от предприятий химической и нефтехимической промышленности
- Рис. 51. Выбросы вредных веществ в атмосферу от предприятий горнодобывающей, строительной и целлюлозно-бумажной промышленности
- Рис. 52. Выбросы вредных веществ в атмосферу от автотранспорта
- Рис. 53. Плотность вредных выбросов в атмосферу по ландшафтным мезорегионам
- Рис. 54. Загрязнение поверхностных вод
- Рис. 55. Объекты потенциальной радиационной опасности
- Рис. 56. Поступление диоксида серы в атмосферу от основных промышленных центров
- Рис. 57. Поступление твердых веществ в атмосферу от основных промышленных центров
- Рис. 58. Загрязнение почв тяжелыми металлами вокруг промышленных центров
- Рис. 59. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (север Европейской России)
- Рис. 60. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (север Сибири и Дальнего Востока)
- Рис. 61. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (центр Европейской России)
- Рис. 62. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (юг Европейской России и Западной Сибири)
- Рис. 63. Освоенность территории и нагрузки на ландшафты (юг Восточной Сибири и Дальнего Востока)
- Рис. 64. Антропогенная трансформация ландшафтов по мезорегионам (запад и юг России)
- Рис. 65. Антропогенная трансформация ландшафтов по мезорегионам (север и восток России)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. ПРИРОДНЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЛАНДШАФТОВ РОССИИ	8
1.1. Ландшафтная структура территории России. Ландшафтно-экологические макро- и мезорегионы	8
1.2. Климатические условия	19
1.3. Водообеспеченность	41
1.4. Ландшафтно-геохимическая среда	64
1.5. Растительный покров и его экологические функции	83
1.6. Животный мир и его экологическое значение. Природно-очаговые болезни	113
1.7. Стихийные природные явления и деструктивные процессы в ландшафтах	140
1.8. Экологический потенциал ландшафтов	176
2. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛАНДШАФТЫ И ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ	186
2.1. Размещение населения и хозяйственная освоенность территории в связи с экологическим потенциалом ландшафтов	206
2.2. Освоение территории, использование земель и изменение природной среды	226
2.3. Источники и компоненты загрязнения природной среды	252
2.4. Миграция техногенных загрязнителей и качество среды обитания	276
2.5. Антропогенные нагрузки и трансформации ландшафтов	297
2.6. Сравнительная эколого-географическая характеристика основных типов ландшафтов России	319
Заключение	321
Литература	326
Список карт	326

Научное издание

Исаченко Анатолий Григорьевич

Экологическая география России

Редактор *В. М. Николаева*

Художественный редактор *Е. И. Егорова*. Обложка *А. Ю. Пыреговой*

Технический редактор *А. В. Борщева*

Лицензия ЛР № 040050 от 15.08.96

Подписано в печать 20.02.2001. Формат 70×100^{1/16}. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 26,44. Уч.-изд. л. 28,21. Тираж 800 экз. Заказ № 27.

Издательство СПбГУ. 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9.

ЦОП типографии Издательства СПбГУ.
199034, С.-Петербург, Макарова, 6.