

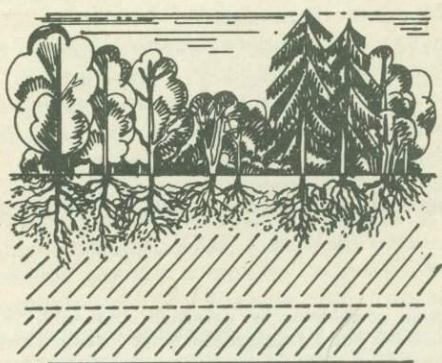
В. А. АЛЕКСЕЕНКО

ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА



В. А. АЛЕКСЕЕНКО

ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА



МОСКВА "НЕДРА" 1990



ББК 26.301
А 47
УДК 550.424

Рецензент д-р. геол.-минер. наук *А.И. Перельман*

Алексеевко В.А.

А 47 Геохимия ландшафта и окружающая среда. — М.: Недра, 1990.
— 142 с.: ил.
ISBN 5-247-01531-2

Рассмотрены проблемы комплексного изучения состояния окружающей среды, прогнозы ее изменения под воздействием антропогенной деятельности, осуществления мероприятий по ликвидации последствий загрязнения. Изложены основные принципы качественной и количественной оценки изменений в окружающей среде, даны примеры такой оценки в различных ландшафтных условиях. Приведена методика составления ландшафтно-геохимических карт различного масштаба. Большое внимание уделено методике выявления техногенных аномалий и аномальных участков, проведению полевых и камеральных работ.

Для специалистов, занимающихся проблемами охраны окружающей среды, геологов-поисковиков и съемщиков, гидрогеологов. Может быть полезна географам, ботаникам, почвоведом.

А 1804020100 — 018
043 (01) — 90

40 — 90

ББК 26.301

ISBN 5-247-01531-2

© В.А. Алексеевко, 1990

726

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние десятилетия во всем мире все больше уделяется внимания сохранению и улучшению состояния биосферы, рациональному использованию природных богатств. При этом важно оценить сложившуюся обстановку, осуществить прогноз ожидаемых изменений и при необходимости дать рекомендации для исправления уже имеющихся отрицательных последствий антропогенного воздействия на биосферу. Опыт многочисленных исследований показал, что наилучший результат дают работы, проводимые на ландшафтно-геохимической основе.

Изучению проблем прикладного использования учения о геохимии ландшафтов, и в частности при решении вопросов, связанных с охраной окружающей среды, посвящено много работ.

Первые результаты ландшафтно-геохимических исследований были обобщены на Первом (1982 г.) и Втором (1986 г.) Всесоюзных совещаниях по проблеме "Геохимия ландшафтов при поисках месторождений полезных ископаемых и охране окружающей среды". На этих совещаниях автором впервые были изложены принципы качественной и количественной оценки изменений окружающей среды. Методика выделения межбарьерных геохимических ландшафтов, результаты ландшафтно-геохимических исследований, проводимых на территориях Нижнего Дона и Северного Кавказа, и использованы при подготовке этой книги.

Новый фактический материал был получен при исследованиях, проводимых Комплексной ландшафтно-геохимической экспедицией Ростовского государственного университета. В результате были составлены ландшафтно-геохимические карты масштаба 1 : 500 000 Ростовской области и Краснодарского края, в этом же масштабе было проведено (для количественной оценки состояния окружающей среды) литохимическое и биогеохимическое опробование. Для отдельных районов проведены средне- и крупномасштабные работы по качественной и количественной оценке состояния окружающей среды. Такая же оценка осуществлена на основных водохранилищах региона (включая Цимлянское) и на р. Дон в ее нижнем течении.

Кроме материалов, полученных при ландшафтно-геохимических исследованиях на Нижнем Дону и Северном Кавказе, учтены многочисленные данные других исследований об особенностях геохимических ландшафтов, связанных с различными техногенными процессами.

Материалы обсуждались с профессорами Ю.А. Ждановым, Л.Н. Овчинниковым, В.В. Добровольским, Р.И. Дубовым, Н.С. Касимовым, Е.М. Квятковским, Г.Б. Свешниковым. Ценные советы и замечания этих исследователей учтены автором при подготовке к печати.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТА

Понятие о биосфере.

Элементы современной концепции о биосфере были использованы в трудах французского врача и биолога Вик д, Азира, а также натуралиста Ж.Ламарка. Впервые термин биосфера ввел австрийский геолог Э. Зюсс. Однако он практически не занимался проблемами биосферы, поэтому развитие основ учения о биосфере следует связывать с именем выдающегося ученого Владимира Ивановича Вернадского, который дал ясное представление о биосфере — области жизни, охватывающей часть атмосферы, гидросферу и сушу [4].

Исходя из основных положений учения В.И. Вернадского, биосферой можно считать ту часть оболочки земли, в которой проявляется геохимическая деятельность живых организмов. Без учета этой деятельности немислимо правильное представление о процессах миграции и концентрации элементов в наружных оболочках Земли, составляющих часть биосферы. К таким оболочкам относятся тропосфера, Мировой океан и часть литосферы мощностью в тысячи метров (до слоев с температурой, ограничивающей жизнедеятельность даже простейших микроорганизмов).

Одна из важнейших особенностей биосферы — ее "биокосность". В настоящее время эта оболочка Земли является крупнейшей из известных биокосных систем, для которых характерны теснейшее взаимопроникновение и неразрывная связь живых организмов и неживой ("косной") материи. Длительное время самые разнообразные процессы, происходящие в биосфере, рассматривали, не учитывая эту связь, что вызвало большое количество ошибок. Поэтому при оценке состояния окружающей среды с самого начала исследований необходимо комплексно подходить к решению данной проблемы с учетом важнейшей особенности биосферы.

В пределах биосферы выделяют массу живых организмов (растительных и животных), или биомассу, количество которой в различных частях может изменяться в довольно больших пределах — от единичных бактерий на 1 м^3 воздуха до 700 т/га в тропических лесах. Всего же на долю биомассы в настоящее время приходится около 2400 млрд т .

Биосфера Земли существует не менее 4 млрд лет . За это время в ней установилось своеобразное динамическое равновесие между отдельными частями. Химические элементы, составляющие биомассу Земли, находятся в основном в виде сложных органических соединений и растворов. Такая форма нахождения элементов получила название биогенной. Больше всего в живых организмах содержится кислорода (около 70%). На втором месте стоит С (18%), затем Н ($10,5 \%$), Са ($0,5 \%$), К ($0,3 \%$), N ($0,3 \%$) и Si ($0,2 \%$). Содержание большей части металлов в живом веществе равно $n \cdot (10^{-3} - 10^{-5}) \%$, однако их суммарное содержание в

различных организмах довольно велико. Так, по данным В.В. Добровольского [11], только в годовом приросте растительности содержание цинка превышает его годовую добычу в мире.

В биосфере наряду с биогенной формой можно выделить еще семь важнейших форм находений* химических элементов:

- 1) самостоятельные минеральные виды (кристаллические, аморфные и коллоидные — с твердой дисперсионной средой);
- 2) изоморфные примеси в минералах (изоструктурные смеси и закономерные атомные замещения в кристаллических решетках минералов);
- 3) водные растворы (ионы и комплексные соединения в природных растворах вод);
- 4) коллоиды с жидкой дисперсионной средой (собственно коллоиды, а также адсорбированные ими ионы, соединения, газы);
- 5) газовые смеси (молекулы, свободные атомы, ионы, аэрозоли);
- 6) состояние рассеяния (согласно закону Кларка—Вернадского в любых природных образованиях содержатся все химические элементы);
- 7) техногенные соединения, не имеющие природных аналогов.

Выделение последней формы стало необходимым, так как процессами техногенеза практически охвачена не только вся поверхность Земли, но и околоземное космическое пространство. В зонах развития антропогенной деятельности встречаются химические элементы в форме техногенных соединений, не имеющие природных аналогов вообще, или в конкретных условиях. В связи с этим в 1988 г. автором было предложено выделять данную форму нахождения элементов как самостоятельную.

Термин "окружающая среда" появился в последние десятилетия и получил широкое распространение. Однако следует помнить, что в смысл этого понятия входит биосфера, точнее ее часть, охватывающая только поверхность Земли. Как отметил академик Б.С. Соколов, понятие биосферы неизмеримо шире таких расплывчатых, хотя и модных понятий, как окружающая среда, географическая оболочка и т.д. [23]. В связи с этим в книге употребляется термин биосфера, а термин "окружающая среда" обычно используется в сочетании со словом "охрана" в случаях, касающихся проблем загрязнения отдельных участков окружающей нас биосферы.

Миграция элементов в биосфере

В миграции элементов можно выделить три основных типа. Первый тип представляет собой изменение формы нахождения элементов без их значительного перемещения (например, переход элементов из минеральной формы в водные растворы).

Второй тип — передвижение элементов без изменения форм их нахож-

Под формой нахождения элементов в природе понимаются группы систем относительно устойчивых химических равновесий.

дения (например, перемещение обломков минералов или элементов, находящихся в растворе, при движении поверхностных и подземных вод).

Третий тип объединяет два предыдущих и включает в себя перемещение элементов с изменением форм их нахождения. Например, переход элементов из минералов в растворы и последующее перемещение с поверхностными и подземными водами; переход элементов из минералов горных пород в растворы, а затем в растения (при мощном чехле рыхлых перекрывающих отложений). Последний тип миграции наиболее широко распространен в биосфере.

В соответствии с основными формами движения материи, в пределах биосферы выделяются четыре вида миграции химических элементов: биогенная, механическая, физико-химическая и техногенная (связанная с антропогенными процессами). Как уже отмечалось, в биосфере определяющая роль принадлежит биогенной миграции. Подсчеты показывают, что только процессы фотосинтеза ежегодно приводят к миграции около 480 млрд т вещества, большую часть которого составляют биофильные элементы — углерод, кислород, водород, азот.

Живые организмы не только принимают непосредственное участие в миграции элементов, но и оказывают на нее значительное косвенное влияние, так как в процессе жизнедеятельности они часто определяют условия среды, в которой происходит миграция.

Механическая миграция представляет собой передвижение обломков минералов различных размеров, при этом свойства отдельных ионов и даже элементов практически не проявляются. В современную геологическую эпоху механическая миграция преобладает (по крайней мере на территории СССР) над химической. По массе перемещаемых веществ она на отдельных участках (высокогорные районы, песчаные пустыни) значительно превосходит все остальные виды миграции. В прошедшие геологические эпохи, характеризующиеся небольшим развитием растительности, преобладание механической миграции было еще большим. Антропогенное уничтожение растительного покрова также способствует развитию механической миграции элементов.

Физико-химическая миграция включает в себя перемещение элементов в ионной и молекулярной формах, часто в комплексе с различными органическими соединениями.

Техногенная миграция предполагает перемещение элементов в любой форме нахождения, а также изменение последних, происходящее под воздействием разнообразной деятельности людей. Роль техногенной миграции элементов в биосфере непрерывно и постоянно возрастает, что является закономерностью, отражающей современное развитие процессов в верхних оболочках Земли. Необходимо также отметить, что деятельностью людей стало определяться в биосфере и соотношение между тремя ранее рассмотренными видами миграции.

Все это заставляет подходить с особой ответственностью к различным проектам, оказывающим влияние на изменение природных процессов: миграции элементов.

Интенсивность различных видов миграции химических элементов в биосфере колеблется довольно часто, но иногда происходит резкое изменение интенсивности миграции на коротком расстоянии. Следствие этого — концентрация элементов на сравнительно небольших участках, которые по предложению А.И. Перельмана получили название геохимических барьеров.

Геохимические барьеры

По условиям образования можно выделить два основных типа геохимических барьеров: природные и техногенные. Их дальнейшее подразделение связано с основными видами миграции элементов, поэтому можно говорить о трех классах геохимических барьеров: механическом, физико-химическом и биогеохимическом. Более дробное деление классов геохимических барьеров, находящихся в пределах биосферы, детально разработано А.И. Перельманом (см. Прил.).

Необходимо отметить, что в пределах геохимических барьеров может происходить накопление как отдельных, так и целого ряда элементов (их соединений), причем если накапливается один или немного элементов (их соединений), а у большинства остальных интенсивность миграции не изменяется, то даже при низком содержании накапливающихся элементов в миграционном потоке, их концентрация на барьере может быть очень высокой. Это положение имеет особое значение при рассмотрении техногенных барьеров и процессов загрязнения окружающей среды, результатом которых является возникновение новых техногенных геохимических аномалий.

Довольно часто на сравнительно небольших участках располагается несколько различных геохимических барьеров. Например, механический, сорбционный и глеевый. Обычно на сочетаниях группы различных барьеров возникают месторождения полезных ископаемых, что, по данным В.А. Алексеенко, особенно характерно для стратифицированных месторождений. Аналогичный процесс образования различных геохимических барьеров на небольших участках, а часто и их наложение друг на друга, происходит в результате антропогенной деятельности. В этом случае начинается интенсивное накопление очень многих элементов и их соединений, что, как правило, приводит к большему загрязнению окружающей среды.

Как пример можно рассмотреть Цимлянское водохранилище. В его приплотинной части на техногенном механическом барьере, осуществляется накопление илистых фракций, хороших сорбентов целого ряда тяжелых металлов и таким образом формируется сорбционный барьер. В период массового цветения водоросли, особенно интенсивно развивающиеся в мелководном, хорошо прогреваемом бассейне с обилием удобрений, поступающих с полей (зоны защитных лесов у водохранилища нет), также сносятся водой к приплотинной части. За счет этого образуется крупный биогенный геохимический барьер. При последующем опускании и

гниению громадных масс водорослей в придонном слое воды и в донных отложениях за счет нехватки кислорода, расходуемого при разложении водорослей, возникает глеевая обстановка — глеевый восстановительный барьер. Таким образом, в результате предварительно непродуманных техногенных процессов на небольшом участке существуют четыре крупных геохимических барьера, на которых непрерывно концентрируется целый ряд химических элементов.

Геохимические аномалии

Геохимические аномалии являются отклонением от нормы, свойственной данному участку биосферы (или одной из ее составных частей). Геохимической аномалией могут быть значительно повышенные (положительные) или пониженные (отрицательные), по сравнению с фоном, содержания элементов (их соединений). Сами элементы при этом могут находиться в минеральной, биогенной или изоморфной формах, а также в виде растворов и газовых смесей. Геохимической аномалией может быть и резкое отклонение от нормы отношения двух или более элементов, а также соотношения изотопов одного и того же элемента.

Все геохимические аномалии биосферы можно разделить на две большие группы: природные и техногенные. Природными геохимическими аномалиями являются все месторождения, рудопоявления, расположенные около них первичные и вторичные ореолы, зоны повышенной концентрации элементов на геохимических барьерах, а также многочисленные зоны выноса и пониженной концентрации элементов.

Возникновение техногенных аномалий — результат деятельности людей. Можно выделить аномалии трех основных видов.

1. Аномалии, формирующиеся на техногенных геохимических барьерах; при этом могут концентрироваться элементы, поступающие в результате природной техногенной миграции. Так, на водохранилищах у барьеров в приплотинной части происходит концентрация целого ряда элементов (в том числе тяжелых, токсичных), мигрировавших в виде растворов и взвеси.

2. Аномалии, образующиеся на природных геохимических барьерах за счет поступления в миграционный поток элементов, связанных с антропогенной деятельностью. Такие аномалии чаще всего встречаются вблизи различных промышленных предприятий, на механических, сорбционных и других природных барьерах.

3. Аномалии (отрицательные), возникающие за счет интенсивного антропогенного выноса элементов. Примером такого выноса служит растворение и перенос целого ряда элементов и их соединений кислыми шахтными водами, поступающими в результате откачки на поверхность Земли.

Число техногенных аномалий, в том числе и особо опасных — контрастных и имеющих большие размеры — непрерывно возрастает. Они начинают играть существенную роль в биосфере. Именно это заставляет

более детально изучать аномалии и процессы, вызывающие техногенные изменения в биосфере и составляющих ее частях.

Техногенные изменения в биосфере

Совокупность геохимических и минералогических процессов, вызванных технической деятельностью человека, А.Е. Ферсман в 1922 г. предложил именовать техногенезом. Дальнейшее его развитие привело к образованию ноосферы.

По ориентировочным подсчетам общая масса человечества составляет 0,2 млрд т, что во много раз меньше общей биомассы Земли. Однако с деятельностью человека связаны многочисленные геохимические процессы, часто принципиально отличающиеся от таковых, связанных с развитием других живых организмов. Участвуя, как и они, в процессах обмена веществ, человечество, кроме того, осуществляет грандиознейшее (и все возрастающее) перемещение атомов химических элементов в биосфере, связанное с социальной, общественной деятельностью.

Резкое ускорение миграции элементов, отмечаемое в XX в. даже за десятилетия, можно считать одним из основных отличий ноосферы от биосферы. Все процессы техногенной миграции можно четко разделить на две большие группы: 1) в основе своей унаследованные от биосферы, хотя и претерпевшие изменения; 2) чуждые биосфере, не имевшие в ней сколько-нибудь существенного развития и даже вообще не существовавшие ранее в биосфере [21].

К первой группе относятся биологический круговорот элементов; круговорот воды; рассеяние элементов, связанное с обработкой месторождений полезных ископаемых; распыление веществ; образование техногенных геохимических аномалий в тропосфере (атмохимические), гидросфере (гидрогеохимические), литосфере (литохимические) и в живых организмах (биогеохимические), а также многие другие процессы. К первой группе также относятся и элементарные процессы жизнедеятельности людей. Расчеты показывают, что в среднем один человек ежедневно выдыхает около 10 м^3 воздуха, со значительным количеством воды и примерно 4 % углекислого газа. Кроме того, он также поставляет ежедневно 600—900 г пота. Отсюда следует, что в городе с миллионным населением люди ежедневно выделяют только в атмосферу около $0,5 \text{ млн м}^3$ углекислого газа и около 1200 м^3 водяного пара и секрета потовых желез.

Общее количество ежегодно механически перемещаемого людьми материала литосферы составляет около 100 млрд т, что соизмеримо с денудационной работой рек. А о процессах рассеяния можно судить хотя бы по данным Х.Брауна: в США на душу населения ежегодно производится 600 кг стали, а 210 кг безвозвратно теряется. Эти потери связаны с коррозией и другими процессами, способствующими рассеянию железа до концентраций более низких, чем его содержание в рудах.

Техногенные процессы первой группы могут приводить не только

к рассеиванию химических элементов, но и к их концентрации, к образованию техногенных положительных аномалий. Отмечаемая в пределах таких аномалий концентрация обычно превышает фоновую в данной биосферной системе (почвах, водах, атмосфере) или в живых организмах. Однако иногда она превышает не только фоновую, но и концентрацию элементов в рудах, следовательно, приближается (и даже превышает) к максимальной природной концентрации элементов в биосфере.

Процессы техногенной миграции второй группы находятся в существенном противоречии с природными условиями биосферы. Так, характерное для ноосферы существование в металлическом состоянии Fe, Ni, Cr, Ti и многих других элементов в большинстве случаев не соответствует физико-химическим условиям их нахождения.

В результате процессов, относящихся ко второй группе, в биосфере появляются новые химические соединения, не имеющие природных аналогов (искусственные полимеры, пластмассы и др.). При этом, несмотря на большое количество производимых новых соединений (уже к 1970 г. синтетических пластмасс по объему было произведено больше, чем меди и алюминия вместе взятых), скорость роста их производства превосходит аналогичный показатель для всех наиболее распространенных металлов. Можно предполагать, что в будущем на долю искусственных соединений будет приходиться большее валовое количество, чем на долю металлов и соединений, имеющих природные аналоги.

Необходимо также отметить, что техногенные процессы первой и второй групп сопровождаются все увеличивающимся объемом побочных незапланированных для потребления продуктов и отходов, а следовательно, и непродуктивным расходом энергии, средств и добываемых из биосферы элементов (их соединений). Как уже указывалось, к настоящему времени на одного человека годовое количество техногенных отходов составляет около 1 т, причем треть их составляют упаковочные материалы. Таким образом, в техногенную миграцию не только вовлекается все большее число элементов, но и все большая их часть возвращается в виде отходов к природному круговороту, но в необычных для природы условиях и концентрациях. Результат этого процесса — существенное изменение природной миграции элементов даже в тех случаях, когда в отдельных частях биосферы на первый взгляд не отмечается непосредственной техногенной деятельности.

Все основные виды антропогенных изменений пока не выходят за пределы биосферы. Однако связать такое глобальное понятие, как биосфера, с влиянием отдельных предприятий и даже крупных территориально-промышленных и аграрных комплексов на изменение течения природных процессов миграции и концентрации элементов практически невозможно. В связи с этим геохимическую (в том числе и биогеохимическую) роль антропогенных процессов удобнее рассматривать на более низком уровне организации материи.

Как показал опыт многочисленных исследований, наиболее удобным уровнем при изучении антропогенного воздействия на окружающую

среду служит ландшафтный, включающий в себя два основных типа систем: элементарный ландшафт и геохимический ландшафт. Эти системы, так же как и вся биосфера, являются биокосными с определенными закономерностями связей как между отдельными ландшафтами, так и между отдельными составляющими их телами.

Элементарные и геохимические ландшафты

По определению основателя учения о геохимии ландшафта Б.Б.Полынова, "элементарный ландшафт в своем типичном проявлении должен представлять один определенный тип рельефа, сложенный одной породой или наносом и покрытый в каждый момент своего существования определенным растительным сообществом. Все эти условия создают определенную разность почвы и свидетельствуют об одинаковом на протяжении элементарного ландшафта развитии взаимодействия между горными породами и организмами".

Одна из особенностей элементарных ландшафтов — обязательное отсутствие внутренних причин, ограничивающих площадь их распространения, — была положена в основу разработанного А.И. Перельманом критерия выделения элементарного ландшафта: "... при отнесении какого-либо участка земной поверхности к элементарному ландшафту необходимо учитывать возможность (хотя бы мысленную) распространения данного элементарного ландшафта на значительно большей территории". Исходя из этого критерия, пятно солончака можно считать элементарным ландшафтом, а например, болотную кочку или муравейник — нельзя.

Учитывая данные положения, к одинаковым элементарным ландшафтам следует относить такие участки биосферы, у которых в аналогичных геоморфологических условиях на аналогичных почвоподстилающих корках выветривания развиты одинаковые разности почв, покрытые одинаковыми растительными сообществами. Одинаковые элементарные ландшафты должны также характеризоваться аналогичным химическим составом грунтовых вод. Кроме того, должны отсутствовать внутренние причины, способные ограничивать площадь распространения этих элементарных ландшафтов.

Выделить участки с одинаковыми геоморфологическими особенностями и аналогичными растительными сообществами можно в результате ландшафтно-геохимических полевых работ без дополнительных сложных анализов. Напротив, для выявления аналогичных разностей почв полевые исследования должны подкрепляться данными химических (спектральных) анализов и в первую очередь — водных вытяжек, на основании которых определяется класс водной миграции. Точно так же для характеристики грунтовых вод привлекаются данные химических (спектральных) анализов.

Почвоподстилающие коры выветривания в пределах одной климатической зоны в основном различаются в зависимости от состава коренных горных пород. Довольно часто в различных ландшафтных зонах СССР почвоподстилающие коры выветривания находятся еще в зачаточной стадии

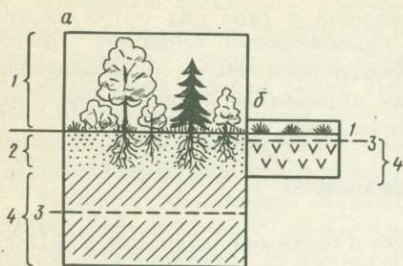


Рис. 1. Вертикальный профиль лесного (а) и болотного (б) ландшафтов. По Н. К. Чертко:
1 — наземная часть ландшафта;
2 — почва; 3 — водоносный горизонт;
4 — кора выветривания, коренные породы

своего развития. В этом случае влияние на геохимические особенности почв оказывают непосредственно коренные горные породы. Таким образом, можно считать, что в одинаковых элементарных ландшафтах должны быть одинаковые по составу почвоподстилающие коренные горные породы. В связи с этим при выделении элементарных ландшафтов в большинстве случаев учитывается состав горных пород, а не кор выветривания.

Для характеристики особенностей элементарных ландшафтов используются такие понятия, как площадь выявления и мощность ландшафта. Под площадью выявления понимают наименьшую площадь, на которой представлены все части данного элементарного ландшафта. Мощность ландшафта определяют расстоянием от зоны распространения земной пыли в тропосфере до горизонта грунтовых вод.

По вертикали элементарные ландшафты неоднородны и расчленяются на отдельные ярусы. Основные из них — надземная часть ландшафта (в которой выделяется ярус надземного живого вещества), почва, почвоподстилающая кора выветривания с материнскими горными породами, водоносный горизонт (рис. 1). Сами ярусы неоднородны и для них также характерна вертикальная зональность, но уже на другом уровне.

Геохимические ландшафты — второй важнейший тип систем ландшафтного уровня. По определению А.И. Перельмана, геохимический ландшафт — “это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов”. Наибольшее значение для осуществления связей между элементарными ландшафтами, составляющими единый геохимический ландшафт, имеет поверхностный и подземный сток.

Для характеристики геохимических ландшафтов кроме мощности и площади выявления введены такие понятия, как геохимическое сопряжение и местный ландшафт. Геохимическое сопряжение представляет собой закономерное для каждого геохимического ландшафта сочетание образующих его элементарных ландшафтов. Совокупность же элементарных ландшафтов, свойственных определенной геоморфологической структуре геохимического ландшафта, получило название местного ландшафта. Геоморфологической структурой, объединяющей элементарные ландшафты в местный, может быть водораздел, склон, терраса, лог и т.д.

Межбарьерные ландшафты

Межбарьерными ландшафтами называются совокупности элементарных ландшафтов, характеризующиеся единым видом миграции элементов и расположенные между двумя геохимическими барьерами одного класса (рис. 2). Выделение таких ландшафтов связано с определенным видом миграции и с определенной формой нахождения элементов в миграционном потоке. Так, объединение в одну группу элементарных ландшафтов, составляющих межбарьерные ландшафты между механическими барьерами (см. рис. 2), обусловлено процессом механической миграции элементов в минеральной форме в миграционном потоке (в данном случае воды реки). Элементарные ландшафты, расположенные между сероводородными барьерами, объединяет миграция элементов, находящихся в форме водных растворов, заканчивающаяся на сероводородных барьерах, где эти элементы переходят в минеральную форму (в труднорастворимые сульфиды).

Обычно миграция элементов идет одновременно в нескольких разных формах и на одном участке можно выделить несколько межбарьерных ландшафтов, взаимно перекрывающихся друг друга (см. рис. 2).

Выделение межбарьерных ландшафтов необходимо для установления положения месторождения или загрязнителя окружающей среды определенными элементами, мигрирующими в интересующей нас форме. Для этого проводится детальное опробование участков, представляющих собой геохимические барьеры. Если повышенная концентрация свинца и цинка отмечается только на третьем механическом барьере, то источник поступающей в реку минеральной взвеси с повышенным содержанием этих металлов находится в пределах межбарьерного ландшафта ограниченного вторым (M_2) и третьим (M_3) механическими барьерами (см. рис. 2).

Точно так же, если повышенной концентрацией молибдена и урана

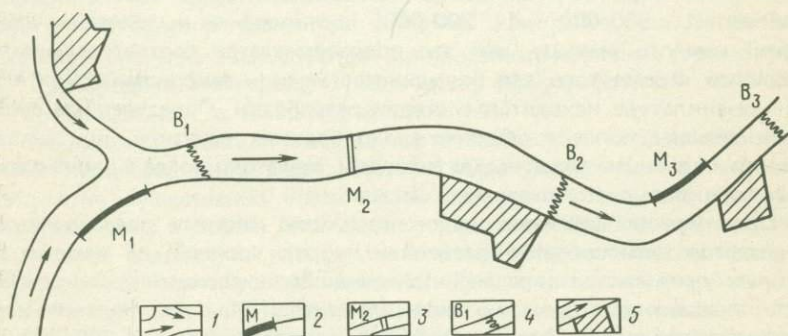


Рис. 2. Межбарьерные ландшафты на реке:

1 — река и ее направление течения; 2—4 — барьеры: 2 — механический природный, 3 — механический техногенный (плотина), 4 — сероводородный; 5 — населенные пункты

характеризуется лишь третий сероводородный барьер, то источник этих металлов, мигрирующих в форме растворов в водах реки, должен существовать в пределах второго межбарьерного ландшафта. Этот ландшафт располагается между вторым (B_2) и третьим (B_3) сероводородными геохимическими барьерами.

Аналогичным образом можно определять природные источники элементов, т.е. использовать межбарьерные ландшафты при геохимических поисках. Ощутимый эффект рассматриваемая методика может дать при поисках по потокам рассеяния и шлиховых (шлихогохимических, шливовзрывных) поисках.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ

Ландшафты суши

Различные геохимические классификации ландшафтов составляются на основе изучения меняющихся внешних факторов миграции элементов, получивших в последнее время название ландшафтно-геохимических факторов миграции элементов. В основном распространены классификации А.И. Перельмана, М.А. Глазовской, В.Б. Сочавы. Наиболее детально ландшафты были классифицированы А.И. Перельманом, который учел основные особенности природной миграции элементов в верхней части земной коры, а в его совместной с Н.Ф. Мырляном работе учтены и техногенные (антропогенные) факторы миграции элементов. Таким образом была составлена одна из первых классификаций не только природных, но и техногенных ландшафтов.

Однако при практическом проведении ландшафтно-геохимических работ исследователи столкнулись с рядом проблем, одна из которых — трудность использования выделяемых таксономических единиц при составлении карт геохимических ландшафтов. Даже при мелкомасштабном (1 : 500 000 — 1 : 200 000) картировании выделяемые ландшафты намного меньше, чем это подразумевается соответствующими таксонами. Кроме того, для большинства мелких таксономических единиц номенклатура находится в стадии разработки. Определенные сложности связаны также с обилием разнообразных названий, присваиваемых этим единицам различными авторами, при этом иногда в одинаковые названия вкладывается различный смысл.

Принимая во внимание изложенное, всю систему классификации ландшафтов целесообразно разделить на ряд уровней, на каждом из которых учитываются определенные, ландшафтно-геохимические особенности внешних факторов миграции элементов. Опыт составления карт геохимических ландшафтов различного масштаба (от 1 : 500 000 до 1 : 10 000) на Нижнем Дону, Северном Кавказе, Украине подтвердил целесообразность введения классификационных уровней.

Автор сознает всю сложность проблемы классификации геохими-

ческих ландшафтов, особенно техногенных, число которых и занимаемые ими площади постоянно возрастают, поэтому предлагаемое решение следует рассматривать как один из первых опытов. Несмотря на возможные недостатки, классификация по уровням позволяет систематизировать имеющиеся многочисленные данные о состоянии окружающей среды, составлять карты геохимических ландшафтов различных масштабов и таким образом решать важнейшие прикладные задачи, связанные с проблемами окружающей среды и поисков месторождений полезных ископаемых. Кроме того, система классификационных уровней дает возможность без ее существенного переделывания проводить замену отдельных классификационных признаков на определенных уровнях и даже вводить новые классификационные уровни. Так, уже после издания карты геохимических ландшафтов Ростовской области была выявлена необходимость введения в предлагаемую классификацию самостоятельного уровня, позволяющего учитывать особенность атмосферной (воздушной) миграции химических элементов.

Первый классификационный уровень

На первом (самом высоком) таксономическом уровне А.И. Перельманом предложено учитывать основные формы движения материи. В соответствии с этим на рассматриваемом уровне ландшафты в зависимости от преобладания в них основного вида миграции можно разделить на абиогенные, биогенные и техногенные (А.И. Перельман дал название этим таксономическим единицам — ряды).

Основная отличительная черта абиогенных ландшафтов — отсутствие (несколько относительное) биогенной миграции элементов, а следовательно, и биологического круговорота элементов (БИК). К таким ландшафтам относятся центральные части Антарктиды и Гренландии, а также наиболее высокие и покрытые ледниками хребты и вершины гор. В пределах данных ландшафтов преобладают механическая и физико-химическая миграции элементов, хотя в них могут присутствовать продукты биологического круговорота элементов соседних или ранее существовавших на их месте биогенных ландшафтов (органогенные коренные горные породы; кислородная атмосфера; сравнительно редкие бактерии в приземном воздухе, воде и на поверхности ледников).

Кроме того, в абиогенные ландшафты все больше попадает элементов за счет процессов техногенеза. Так, во льдах Антарктиды в последние десятилетия существенно увеличилось содержание свинца, а dust был обнаружен даже в печени пингинов; на ледниках Эльбруса установлено повышенное содержание вольфрама и молибдена, источником которых можно считать Тырныаузский комбинат. Даже в самых труднодоступных частях Антарктиды и Гренландии и на высокогорных ледниках возрастает число различных временных и постоянных научных станций. Следовательно, и здесь начинает все активнее проявляться техногенная (социальная) миграция химических элементов. Все это позволяет говорить о начинающемся переходе абиогенных ландшафтов в техногенные.

В биогенных (природных) ландшафтах всегда существует БИК, а ведущим видом миграции элементов обычно является биогенный. Механическая и физико-химическая миграции в этих ландшафтах, как правило, играют подчиненную роль. Однако исключение составляют высокогорные биогенные ландшафты с крутыми склонами, где количественно (по массе мигрирующих элементов) механическая миграция может резко преобладать над биогенной, а также часть примитивно-пустынных ландшафтов. И все же их следует относить к биогенным, по наличию более сложной биогенной миграции элементов.

Следует также отметить, что все большая часть биогенных ландшафтов испытывает постоянно возрастающее антропогенное (техногенное) воздействие. Под его влиянием не только постоянно увеличивается техногенное поступление элементов, но и их техногенный вынос из биогенных ландшафтов, при этом основная часть элементов привносится за счет воздушного переноса, где биогенные ландшафты соседствуют с различными промышленными предприятиями и с сельскохозяйственными угодьями, большая часть элементов может поступать техногенным путем в виде водных растворов (при поверхностном и подземном стоке), а также в результате механического перемещения.

Техногенный вынос элементов из биогенных ландшафтов производится или непосредственно, или сопровождается отдельными техногенными процессами. Так, при частичной вырубке лесов ландшафты продолжают оставаться биогенными, хотя из них отторгается (вывозится) определенная часть элементов, составляющих растения. Кроме того после вырубки увеличивается поверхностный и подземный сток вод, содержащих различные элементы в форме истинных и коллоидных растворов. Таким образом, в данном случае техногенный вынос элементов из ландшафтов привел еще и к усилению природного.

В южных районах страны, даже при интенсивном развитии сельского хозяйства, по каменистым балкам еще сохраняются природные ландшафты — кусочки бывших степей. Однако и из них идет техногенный вынос элементов: в засушливые годы здесь косят травы и вывозят сено.

Своеобразный техногенный вынос элементов из почв и илов биогенных ландшафтов бывает связан с отливом кислых шахтных вод, растворяющих многие природные соединения, в том числе и многочисленные карбонаты.

Таким образом, все яснее представляется общая тенденция к постепенному переходу биогенных ландшафтов в техногенные и к все возрастающей скорости формирования ноосферы.

В техногенных ландшафтах биологический круговорот элементов в значительной мере нарушен, а определяющим видом является техногенная (социальная) миграция, аналогом которой (по комплексу элементов, свойствам их техногенных соединений и дальности их перемещения) в природе практически нет.

Как уже указывалось, А.И. Перельманом была осуществлена наиболее детальная классификация природных (биогенных) ландшафтов.

В данной работе более подробно рассматривается классификация техногенных ландшафтов, площади которых возрастают во всем мире с каждым годом.

Второй классификационный уровень

Биогенные ландшафты

На втором уровне деление биогенных ландшафтов базируется на особенностях биогенной миграции элементов, оценка которых включает учет количественной роли биогенной миграции и скорости перехода элементов в форму, соответствующую основному виду миграции (в природных ландшафтах это скорость перехода элементов из водных растворов, газовых смесей и минеральной формы в биогенную). Кроме того, в определенной мере учитывается и скорость обратного перехода, связанного в биогенных ландшафтах с разложением растений (их отдельных частей), поступающих после опада и отмирания в почву. Основными показателями для такого учета служат величины общей биомассы (Б) и ежегодной продукции (П).

По изменению отношения биомассы к ежегодной продукции среди биогенных ландшафтов выделяют пять групп: 1) леса; 2) степи (луга, саванны); 3) пустыни; 4) тундры и верховые болота; 5) примитивные пустыни. Их формирование и обычная зональность размещения в основном определяются климатом.

5260
Группы, в свою очередь, подразделяют на типы в зависимости от изменения отношения $I_g П / I_g Б$ (коэффициент K). При одинаковом коэффициенте K , но при разных величинах ежегодной продукции и общей биомассы выделяют семейства. В биогенных ландшафтах их обычно три: северное, среднее и южное. Однако, как указывает А.И. Перельман, критерии выделения семейств подлежат уточнению.

Опыт ландшафтно-геохимического картирования показывает, что в большинстве случаев приведенного деления биогенных ландшафтов бывает недостаточно. Это видно хотя бы из того, что наименьший таксон "семейство" включает все карпатско-кавказские леса. А только на Западном Кавказе среди лиственных лесов даже при мелкомасштабных работах четко выделяются биогенные ландшафты с дубовыми, буковыми, буково-грабовыми и другими лесами. Кроме того, в этом же районе развиты различные смешанные и хвойные леса. Они весьма существенно отличаются по особенностям биологического круговорота элементов (табл. 1).

Также существенно отличается и элементный состав ежегодного опада хвойных и лиственных пород деревьев в смешанных лесах. Это хорошо видно из табл. 2, в которой по данным анализов около 200 биогеохимических проб сравнивается элементный состав такого опада в одном и том же геохимическом ландшафте.

Необходимо отметить, что в листьях рядом произрастающих различных пород деревьев содержание многих элементов (и в первую оче-

Таблица 1

Некоторые особенности биологического круговорота элементов в ландшафтах лиственных и хвойных лесов

Показатели	Леса	
	лиственные	хвойные
Биомасса, т/га	500–600	100–300
Структура биомассы по частям, %		
а) зеленая	1–1,5	4–5
б) многолетняя надземная	74–81	72–74
в) подземная	17–26	22–23
Опад:		
а) в % от биомассы	2	1,4
б) в т/га	10–12	1,4–4,2

Таблица 2

Средние содержания ($n \cdot 10^{-3}$, %) некоторых элементов в золе хвои и листьях деревьев, произрастающих в одинаковых ландшафтно-геохимических условиях Западного Кавказа

Растение	Mn	Ni	Cu	Ti	V	Zr	Ba	Sr	Pb	Zn
Пихта	386	6,4	6,0	111,5	1,6	3,1	62	33	1,9	9,5
Граб	692	5,0	6,4	19,5	1,9	5,0	71	43,3	1,8	5,5
Бук	500	5,4	8,4	83	1,0	3,0	68	24	1,4	15,1
Дуб	975	9,3	8,6	204	2,1	6,5	100	17	2,4	8,5

редь токсичных тяжелых металлов) бывает резко различным (см. табл. 2). Так, содержание цинка в листьях бука почти в три раза выше, чем в листьях граба, отличающихся более высокой концентрацией стронция, и т.д.

Поэтому на втором классификационном уровне, при работах масштаба 1 : 500 000 и крупнее необходимо проводить более дробное деление биогенных ландшафтов, продолжая учитывать (как это было предложено А.И. Перельманом) особенности биогенной миграции элементов. Для этого целесообразно ландшафты разделять по изменению (в зависимости от масштаба исследований) растительных комплексов, или ассоциаций, что позволит учесть в каждом ландшафте общую биомассу, ежегодную продукцию, скорость разложения опада и свойства различных растений, приводящие к преимущественной концентрации определенных химических элементов.

Кроме того, смена растительных ассоциаций отражает происходящие под воздействием техногенных процессов изменения щелочности почв, их солевого баланса, содержания в них углекислоты, видового состава и количества микроорганизмов. Таким образом, смена растительности

Таблица 3

Изменения содержаний металлов в золе ковыля из ландшафтов, отличающихся растительными ассоциациями

Растительная ассоциация	Элемент	Число проб	Процент обнаружения	Содержания элементов (массовые доли, %)			
				фоновое	аномальное для разного числа коррелирующихся проб		
					9	2-3	единичные
Полынно-злаковая	Pb	235	100	0,005	0,011	0,017	0,023
	Mo	235	94	0,002	0,0005	0,001	0,0017
	Ba	235	100	0,088	0,185	0,282	0,379
Кустарниково-злаковая	Pb	675	100	0,005	0,008	0,011	0,014
	Mo	675	91	0,0004	0,0011	0,0016	0,027
	Ba	675	100	0,085	0,118	0,151	0,184

Таблица 4

Изменение средних содержаний молибдена и марганца в почвах ландшафтов Центрального Кавказа, отличающихся по составу растительности

Ландшафт	Элемент	Число проб	Среднее содержание с вероятностью 95 % (массовые доли в %)
Альпийские луга	Mo	46	0,45 ± 0,09
Хвойные леса	Mo	42	0,27 ± 0,04
Лиственные леса	Mn	49	125,3 ± 24,6
Луга	Mn	27	54,4 ± 4,1

может служить одним из важнейших показателей техногенного загрязнения окружающей среды.

Перечисленные изменения геохимических и биохимических особенностей почв, вызывающие смену растительных ассоциаций, могут оказать существенное влияние на концентрацию определенных элементов в ландшафте в целом и в его отдельных частях, что объясняется проявлением так называемого суммарного эффекта (табл. 3 и 4).

На данной основе при работах масштаба 1 : 25 000 в пределах казахского мелкосопочника были выделены на втором классификационном уровне ландшафты полынно-злаковых и кустарниково-злаковых ассоциаций. Оказалось, что в их пределах (при всех прочих одинаковых условиях) даже одно и то же растение содержит разное количество тяжелых металлов (см. табл. 3).

При смене растительности может происходить существенное изменение концентраций элементов и в почвах даже в тех случаях, когда все остальные классификационные признаки одинаковы. Это можно наблю-

дать на примере ряда ландшафтов Центрального Кавказа. Так, в почвах, развитых на протерозойских гнейсах в высокогорных трансэлювиальных ландшафтах альпийских лугов, среднее содержание молибдена почти в два раза выше, чем в почвах таких же ландшафтов, занятых хвойными лесами. А содержание марганца в почвах на терригенных породах мелового возраста среднегорных трансаккумулятивных ландшафтов более чем в два раза превосходит таковое в аналогичных ландшафтах, занятых лугами (см. табл. 4).

Техногенные ландшафты

Техногенные ландшафты на втором условном уровне так же, как и биогенные, следует классифицировать с учетом особенностей ведущего вида миграции, в данном случае — техногенной. Исходя из этого, техногенные ландшафты разделяются на сельскохозяйственные, промышленные, лесотехнические, ландшафты населенных пунктов (селитебные), искусственных водоемов и дорожные ландшафты.

К сельскохозяйственным ландшафтам относятся земельные участки, используемые в животноводстве (различные помещения и окружающая их территория, выгоны, пастбища, зоны утилизации отходов и т.д.) и растениеводстве (сады, виноградники, чайные и ягодные плантации и т.д.). Однако во всех этих ландшафтах при преобладающем значении техногенной миграции продолжает существовать биологический круговорот элементов и его роль иногда достаточно велика.

За счет техногенной миграции из ландшафтов ежегодно удаляется огромное количество элементов, находящихся в биогенной форме. Так, на юге европейской части СССР с одного гектара собирают (т): зерна озимой пшеницы — от 1,9 до 4,3; соломы — от 4 до 7,5; кукурузы — до 8. При этом с одного гектара ежегодно вывозится с зерном пшеницы около 10 кг азота, 1,4 кг оксидов фосфора и около 2 кг оксидов калия, с соломой — примерно по 3 кг азота и оксидов калия, 0,4 кг оксидов фосфора.

Еще большее количество элементов выносятся из сельскохозяйственных ландшафтов при выращивании картофеля и овощей. Так, с одного гектара убирают в среднем (т): моркови — свыше 20, огурцов — свыше 10, картофеля — около 30, а капусты — свыше 50.

Ежегодно из сельскохозяйственных ландшафтов с урожаем вывозятся многие металлы, содержание которых составляет лишь сотые и тысячные доли процента. Так, с пшеницей с одного гектара убирается и вывозится: с зерном и соломой — около 600 г марганца 300 г бария, 200 г титана, 100 г цинка, 30 г меди; с капустой — сотни граммов титана и стронция и десятки граммов цинка, меди, марганца, бария, циркония.

Однако в сельскохозяйственных ландшафтах некоторая часть элементов все-таки продолжает вовлекаться в биологический круговорот. Они содержатся в опаде многолетних культур, попадающих в почву, а также в корнях и других частях растений, не вывозимых при уборке урожая. Наименьшее количество элементов вовлекается в БИК при выра-

щивании однолетних зерновых культур (практически на поле остаются одни корни), несколько большее — в ландшафтах с многолетними культурами (например, в садах в почву ежегодно попадают элементы, составляющие листья, часть отмирающих ветвей и корней), а также при выращивании некоторых однолетних культур. К числу культурных растений, у которых наибольший процент ежегодной продукции участвует в биологическом круговороте, относятся помидоры. Их ежегодная продукция (в пересчете на сухое вещество) колеблется на орошаемых землях от 4000 кг/га (без применения удобрений) до 9700 кг/га (при повышенных дозах удобрений), причем на долю плодов приходится всего 35–54 %. Но даже в рассматриваемом случае в результате техногенной миграции из почвы с плодами выносятся до 42 % всего калия, поглощаемого растениями, свыше 30 % фосфора и азота, а также значительное количество железа и алюминия. Следует также отметить, что в ряде хозяйств с полей вывозится (как корм скоту) и ботва помидор. В дальнейшем такое отношение к ботве должно стать повсеместным и на полях с помидорами в БИК будут вовлекаться только элементы, составляющие корни растений. Таким образом, можно считать, что в сельскохозяйственных ландшафтах в целом биологический круговорот элементов играет второстепенную роль.

При изучении сложного процесса миграции элементов в сельскохозяйственных ландшафтах, кроме их вывоза с урожаем и БИК, необходимо учитывать и процесс постоянного техногенного поступления в почвы целого ряда элементов, который связан, в основном, с внесением в рассматриваемые ландшафты удобрений, пестицидов, гербицидов. Небольшое количество элементов поступает при износе различных машин и инструментов, а также из оставляемых в ландшафтах упаковочных материалов (производственный мусор).

Элементы, вносящиеся техногенным путем в сельскохозяйственные ландшафты, в основном находятся в минеральной форме и в виде различных соединений, часто не имеющих природных аналогов.

Анализ имеющихся данных показывает, что ни по общей массе, ни по набору элементов, ни по типу их соединений, ни даже по формам нахождения, поступающие и выносимые из сельскохозяйственных ландшафтов вещества не сопоставимы. Вернемся к примеру с озимой пшеницей. В виде удобрений на поля "под пшеницу" обычно вносятся аммиачная селитра NH_4NO_3 (20–60 кг/га), простой суперфосфат $\text{CaSO}_4 + \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (30–90 кг/га) и калийные удобрения KCl и K_2SO_4 (30–60 кг/га). А ведь и в зерне пшеницы, и в соломе содержатся многие металлы, относимые к микроэлементам и практически не поступающие в ландшафт при внесении основных удобрений.

При возделывании некоторых сельскохозяйственных культур минеральных удобрений вносится еще больше, чем в примере с пшеницей. Следовательно, увеличивается диспропорция между техногенным вывозом и привносом элементов. Так, по интенсивности удобрения почв на одном из первых мест стоит хлопчатник, для получения высоких уро-

жав которого в отдельных районах на 1 га вносится свыше 240 кг азота, 130 кг оксида фосфора и 150 кг оксидов калия. При этом вывозимый урожай хлопка-сырца обычно колеблется от 2000 до 4500 кг/га.

Кроме удобрений, находящихся в минеральной форме, в сельскохозяйственные ландшафты вносятся органические удобрения (навоз, торф, различные компосты и др.), в которых значительная часть элементов содержится в биогенной форме. Под отдельные культуры в ряде районов вносится до 40 т навоза на 1 га.

Особенностью большей части сельскохозяйственных ландшафтов также является практически ежегодное перепахивание (рыхление) земель — своеобразное механическое перемешивание верхнего почвенного горизонта.

Таким образом, все данные, приведенные о сельскохозяйственных ландшафтах, подтверждают определяющее положение техногенной миграции, характеризующейся следующими особенностями:

1. Ежегодно с площади 1 га выносятся с урожаем от 2000—52 000 кг различных химических элементов, находящихся в биогенной форме и в значительной мере связанных с растворами.

2. В безводном состоянии (при пересчете на сухое вещество) ежегодно с 1 га удаляется до 10 000 кг различных элементов.

3. Среди постоянно выносимых химических элементов резко преобладают биофильные (кислород, калий, азот, фосфор, кальций, магний, алюминий, кремний, сера, марганец, железо и др.).

4. Ежегодно в небольших количествах вывозятся с урожаем и другие элементы, также находящиеся в биогенной форме.

5. Ежегодно в сельскохозяйственные ландшафты вносятся техногенным путем до 600 кг/га элементов в минеральной форме.

6. Среди элементов, постоянно вносимых в почву, преобладают азот, фосфор, калий; из микроэлементов — бор, марганец, молибден и медь.

7. Масса элементов, вовлекаемых в полный биологический круговорот, в сельскохозяйственных ландшафтах незначительна по сравнению с таковой элементов, участвующих в техногенной миграции.

8. Верхний горизонт почв большинства сельскохозяйственных ландшафтов подвергается постоянному техногенному механическому перемешиванию.

Все это доказывает обоснованность выделения среди техногенных ландшафтов сельскохозяйственных. Их дальнейшее деление (как и деление на этом уровне всех остальных техногенных ландшафтов) должно проводиться с учетом факторов, определяющих особенности техногенной миграции элементов; основные факторы следующие:

1) содержание и формы нахождения основных химических элементов (и их соединений), ежегодно выносимых за счет техногенеза с определенной площади ландшафтов, а также их соотношения с количеством элементов, вовлекаемых в данном ландшафте в биологический круговорот;

2) содержание и формы нахождения основных химических элемен-

тов (и их соединений), поступающих за счет техногенных процессов на определенную площадь ландшафтов;

3) техногенного механического перемещения элементов, приводящего к их более равномерному распределению, выносу или концентрации на отдельных участках ландшафта, для которых характерно максимальное напряжение геохимических процессов (обычно почв).

Учитывая эти три фактора, сельскохозяйственные ландшафты можно разделить на ландшафты, занимаемые севооборотами преимущественно однолетних культур; с многолетними сельскохозяйственными культурами и животноводческие.

На территории СССР наибольшую площадь занимают ландшафты с севооборотами однолетних культур, в которых основная масса химических элементов вывозится в биогенной форме при уборке урожая. При этом с одного гектара ежегодно отторгается максимальное количество (от 2000 до 5200 кг) различных химических элементов, среди которых преобладают, кроме кислорода и водорода, азот, калий, фосфор, кальций, магний, кремний и другие биофильные элементы. В биологический круговорот вовлекается совсем небольшая часть химических элементов, сосредоточенных практически в корнях растений.

Основное количество элементов поступает в ландшафты техногенным путем, за счет удобрений и средств химической борьбы с вредителями, болезнями и сорняками. С минеральными удобрениями (и соответственно в минеральной форме) в рассматриваемые ландшафты вносится в среднем от 150 кг до 600 кг элементов на 1 га. Кроме того, за счет техногенеза в ландшафты попадает и значительное количество элементов с навозом (до 50 000 кг на 1 га), где эти элементы находятся не столько в минеральной, сколько в биогенной форме.

Ежегодно почвы рассматриваемых ландшафтов (а именно они остаются, как и в биогенных ландшафтах, частями с максимальным напряжением геохимических процессов) подвергаются один-два раза перепахиванию. При этом происходит усреднение содержаний элементов, находящихся в почвах, кроме того, увеличивается возможность их взаимодействия с водами, поступающими сверху природным и техногенным путем, а следовательно, растет вероятность перехода части элементов, почв из минеральной формы в водные растворы.

К ландшафтам с многолетними сельскохозяйственными культурами относятся сады, виноградники, чайные, ягодные и ореховые плантации. Из них также ежегодно вывозятся элементы в биогенной форме с урожаем и также ежегодно вносятся элементы (преимущественно в минеральной форме) с удобрениями и средствами химической борьбы с вредителями, болезнями и сорняками. Часть элементов этих ландшафтов вовлекается в биологический круговорот. Почвы ландшафтов с многолетними культурами подвергаются частичному перепахиванию.

Однако между сельскохозяйственными ландшафтами с однолетними и многолетними культурами имеются и значительные различия. Так, урожайность садов на юге европейской части СССР составляет около 3500 кг с 1 га (при пересчете на минеральную (зольную) часть — 35 кг

на 1 га), причем такая урожайность не является ежегодной, а повторяется только через несколько лет.

Кроме того, в ландшафтах с многолетними культурами основная масса надземной и вся подземная часть растений не вывозится, в связи с чем несравненно большее (по массе) количество элементов вовлекается здесь в биологический круговорот. Эта особенность рассматривается как одна из важнейших при классификации природных и техногенных геохимических ландшафтов.

Рассматриваемые ландшафты отличаются также по количеству, составу вносимых удобрений и пестицидов. Так, по данным В.Н. Корчагина, химических препаратов для борьбы с вредителями и болезнями растений в ландшафтах с многолетними культурами вносится на единицу площади в 1,5–3 раза больше, чем в ландшафтах с однолетними культурами. Необходимо также отметить, что при обработке многолетних культур в почвы ландшафтов вносится гораздо больше меди и железа (например, при геохимических исследованиях почв Краснодарского края все виноградники попали в зоны явных медных литохимических аномалий).

Отличаются ландшафты и по особенностям механической обработки почв: в ландшафтах с многолетними культурами перепахиванию почвы подвергаются только на участках междурядий.

Животноводческие ландшафты обладают рядом специфических особенностей. Они обычно характеризуются гораздо меньшей площадью распространения и крайне быстрой изменчивостью условий, определяющих миграцию элементов в различных частях таких участков. Это объясняется тем, что животноводческие ландшафты состоят из таких разнородных, но связанных между собой в единое целое частей, как пастбища, выгоны, различные помещения, здания контор, зоны утилизации отходов. При этом следует отметить, что такие составные части животноводческих ландшафтов, как фермы и зоны утилизации, не могут быть выделены в самостоятельные ландшафты даже при крупномасштабных исследованиях. Этому противоречит наличие внутренних причин, ограничивающих их размеры (критерий выделения элементарного ландшафта по А.И. Перельману). Однако пастбища, будучи удаленными от ферм, могут при крупномасштабных работах выделяться отдельно.

Поступление элементов в животноводческие ландшафты происходит в основном в биогенной форме с кормами, а вынос — в биогенной, минеральной и в форме водных растворов. В почвы ландшафтов с животноводческими фермами в результате этих процессов постоянно вносятся в повышенных концентрациях углерод, фосфор, азот, сера, калий, кальций, алюминий, магний.

Биологический круговорот химических элементов в животноводческих ландшафтах сравнительно ограничен и характерен лишь для пастбищ (лугов). В эти части ландшафтов значительное количество элементов поступает и в минеральной форме — при внесении удобрений. Почвы подвергаются перепахиванию (но не ежегодному) только на пастбищах.

При крупномасштабных ландшафтно-геохимических исследованиях

на территории сельскохозяйственных ландшафтов иногда целесообразно более дробное их разделение. При этом ландшафты должны отличаться друг от друга: во-первых, по набору основных химических элементов, постоянно вносимых и вывозимых из ландшафта; во-вторых, по массе элементов, участвующих в ДИК; в-третьих, по особенностям техногенной механической обработки почв.

Для большей части территории СССР на площадях распространения преимущественно однолетних культур можно выделить следующие наиболее распространенные ландшафты с севооборотами:

- 1) зерновых культур;
- 2) овощных культур;
- 3) хлопчатника.

На территориях с многолетними сельскохозяйственными культурами возможно выделение следующих основных ландшафтов, занятых:

- 1) садами;
- 2) виноградниками;
- 3) чайными плантациями;
- 4) ягодными плантациями;
- 5) ореховыми плантациями.

Животноводческие сельскохозяйственные ландшафты можно подразделить на следующие:

- 1) пастбища и техногенные луга;
- 2) выгоны;
- 3) территории, занятые подсобными сооружениями.

Изучение особенностей миграции химических элементов в сельскохозяйственных ландшафтах показало, что почвы в них (как и в биогенных) продолжают испытывать интенсивное напряжение геохимических процессов. При этом в сельскохозяйственных ландшафтах отсутствуют геохимически наименее активные почвы, характерные для биогенных ландшафтов пустынных районов. Это связано с тем, что при их сельскохозяйственном освоении поступают дополнительные порции воды. В большинстве случаев это результат определенных порции процессов, а следовательно, изменение ранее существовавшего водного режима должно учитываться в классификационных системах. Все сельскохозяйственные ландшафты по данному признаку разделяются на мелиорируемые и немелиорируемые. В свою очередь среди мелиорируемых ландшафтов целесообразно различать орошаемые, осушаемые и периодически заливаемые. К последним относятся рисовые чеки.

На осушаемых землях изменение водного режима часто вызывает смену кислородного режима почвенных горизонтов. В осушенных торфяниках вместо ранее существовавших глеевых начинают преобладать процессы окисления и минерализации органического вещества. По данным В.К. Лукашева [19], в результате осушения часть природных суперактивных ландшафтов в Белоруссии перешла в техногенные с явными чертами элювиальных ландшафтов.

На орошаемых землях возрастает (в 4—5 раз) объем ежегодной про-

дукции. В связи с этим с орошаемых земель, составляющих около 13 % площади пашен, собирается более 50 % мирового урожая. Соответственно из этих ландшафтов идет наибольший техногенный вынос элементов, находящихся в биогенной форме.

Однако орошение часто приводит ко вторичному засолению почв, которому подвержено до 40 % всех орошаемых земель мира. Важную роль в развитии засоления играют такие природные факторы как сухой климат, небольшая глубина залегания грунтовых вод, повышенная степень их минерализации и т.д. В результате засоления изменяются геохимические особенности почв, а накопившиеся в них элементы препятствуют нормальному развитию растительных и животных организмов. Наибольший вред экономике приносит засоление сельскохозяйственных ландшафтов. Так, уже при слабом засолении почв урожайность хлопчатника и пшеницы снижается на 50—60 %, кукурузы на 40—50 %, а ячменя на 30—40 %. Таким образом, геохимии сельскохозяйственных орошаемых ландшафтов должно уделяться особое внимание.

В периодически заливаемых ландшафтах во время покрытия водой почвы становятся подобны илам в реках или почвам пойм. Однако, в отличие от последних, срок залива земель не совпадает с паводками и довольно продолжителен. Кроме того, в рассматриваемые ландшафты вносится большое количество удобрений в минеральной форме.

Примерная схема разделения сельскохозяйственных ландшафтов на втором классификационном уровне приведена на рис. 3. В рассмотренном на этом рисунке делении указаны только основные для территории СССР сельскохозяйственные ландшафты. С изменением климатических условий, выращиваемых культур, технологии выращивания, а также с изменением технологии мелиорации, несомненно, появятся новые геохимические ландшафты.

Следует также отметить, что в предлагаемой схеме учтены и природные (в основном, климатические) факторы миграции элементов. Ими определяется выбор соответствующих сельскохозяйственных культур.

К промышленным ландшафтам относятся территории, расположенные за пределами населенных пунктов и занятые промышленными предприятиями, карьерами и шахтами с постройками, необходимыми для их эксплуатации, а также отвалами горных пород у шахт, карьеров и обогатительных фабрик. Роль биологического круговорота элементов в этих ландшафтах минимальна. Практически о нем можно говорить только в двух случаях. Первый из них — нахождение среди промышленных ландшафтов "реликтовых пятен" биогенных ландшафтов, ранее существовавших на месте промышленных (например, кусочек степи или отдельные деревья на территории горно-обогатительного комбината). Такие реликтовые ландшафты испытывают огромное техногенное воздействие, а занимаемые ими площади составляют лишь несколько процентов от площадей, включающих их промышленных ландшафтов. Постепенно под техногенным воздействием они или исчезнут совсем, или перейдут в сады, цветники и т.п. Именно эти сады и цветники представляют собой второй

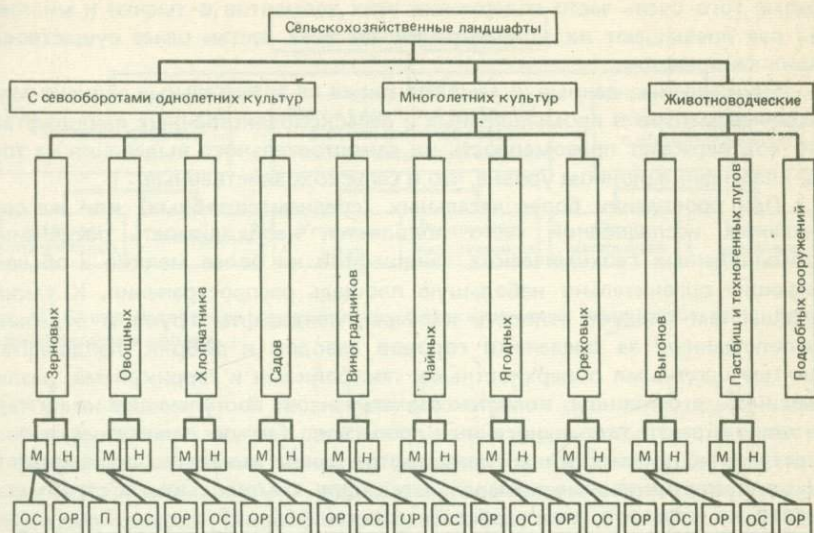


Рис. 3. Схема разделения сельскохозяйственных геохимических ландшафтов на II классификационном уровне:

М — мелиорируемые; Н — немелиорируемые; ОС — осушаемые; ОР — орошаемые; П — периодически заливаемые

случай существования БИК в промышленных ландшафтах, который резко отличается от природного и крайне ограничен.

Таким образом, по особенностям миграции элементов промышленные ландшафты резко отличаются от всех биогенных ландшафтов. Так же существенно отличие промышленных ландшафтов и от ранее рассмотренных сельскохозяйственных. Вывоз элементов, находящихся в биогенной форме, непосредственно из промышленных ландшафтов практически отсутствует. Из ландшафтов, представляющих собой горно-рудные предприятия и обогатительные фабрики, основная часть элементов удаляется в форме самостоятельных минеральных видов, а из ландшафтов, занятых промышленными предприятиями — в форме техногенных соединений, часто не имеющих природных аналогов.

В то же время в эти ландшафты постоянно вносятся новые элементы за счет потерь при перегрузке сырья, необходимого для работы предприятия; за счет различных производственных отходов, поступающих из дымов атмосферы, водных растворов, а также за счет диффузии и простейшего механического перемещения из зон (даже временных) складирования и утилизации производственных материалов и отходов. Часть элементов попадает в процессе износа оборудования. Отвалы горных пород и руд (при их наличии) становятся основным источником элементов, поступающих в промышленные ландшафты в виде различных техногенных соединений или же в виде чистых металлов, необычных для существовавших ранее на этом месте биогенных ландшафтов.

Кроме того очень часто содержания этих элементов в тысячи и миллионы раз превышают их концентрацию во всех частях ранее существовавших ландшафтов.

Приведенные данные указывают также на значительные отличия миграции элементов в промышленных и сельскохозяйственных ландшафтах, что подтверждает правомерность их самостоятельного выделения на том же классификационном уровне, что и сельскохозяйственные.

При проведении более детальных (среднемасштабных) или же специальных исследований часто появляется необходимость разделения промышленных геохимических ландшафтов на более мелкие и обычно имеющие сравнительно небольшую площадь распространения. К таким ландшафтам следует относить карьеры, ландшафты групп и отдельно расположенных за пределами городов заводов и фабрик, ландшафты, занятые шахтными поверхностными постройками и терриконами, различающиеся, в основном, комплексом элементов, поступающих на их территорию в результате техногенных процессов. Как уже отмечалось, непосредственно из промышленных ландшафтов вынос элементов происходит в форме самостоятельных минеральных видов (вывоз сырья и строительных материалов из карьеров, шахт, обогатительных фабрик), водных растворов (отлив шахтных и промышленных вод), а также соединений, обычно не имеющих природных аналогов (вывоз продукции заводов и фабрик).

Следует отметить, что из некоторой части промышленных ландшафтов (исключая шахты, карьеры, рудники) практически не вывозятся элементы, ранее находившиеся здесь в биогенных ландшафтах. В этих случаях в промышленные ландшафты сначала поступает сырье, содержащее химические элементы в самых различных формах нахождения, а затем удаляется продукция предприятий и отходы производства, в которых химические элементы существуют в виде вышеперечисленных форм, среди которых часто преобладают формы нахождения, не имеющие природных аналогов.

Рассмотренные особенности техногенной миграции элементов в промышленных ландшафтах позволяют считать их постоянными источниками различных соединений, вносимых в соседние ландшафты. Именно эти поступления обычно представляют собой основные вещества, загрязняющие окружающую среду. Все выделенные промышленные ландшафты отличаются друг от друга по комплексу элементов—загрязнителей. Так, терриконы шахт Донбасса являются источниками таких элементов, как свинец, цинк, медь и других тяжелых металлов. Машиностроительные предприятия (ландшафты заводов и фабрик) "поставляют в соседние ландшафты", кроме металлов, различные кислоты, щелочи, бензин, керосин, смазочные масла, соду, жидкое стекло и др.

Промышленные ландшафты отличаются друг от друга по форме нахождения элементов-загрязнителей, вносимых в соседние ландшафты. Так, при производстве чугунных отливок в виде газовых смесей выделяется в атмосферу на каждую тонну отливок 150—330 кг CO, около 1,5 кг SO₂, 25—60 кг оксидов азота, фенолов, аммиака и других газо-

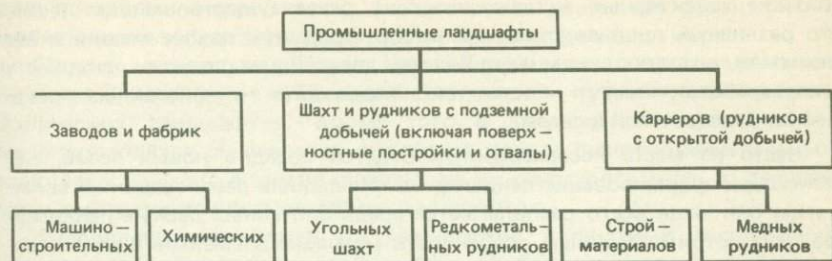


Рис. 4. Схема разделения промышленных геохимических ландшафтов на II классификационном уровне

образных соединений. В то же время из отвалов рудников загрязнители в форме газовых смесей практически не выделяются, а поступают в форме самостоятельных минеральных видов и, частично, водных растворов. При отливе шахтных вод растворы являются основной формой нахождения загрязняющих элементов. Приведенные отличия техногенной миграции элементов в различных промышленных ландшафтах подтверждают правомерность их разделения при ландшафтно-геохимических исследованиях, относимых к среднемасштабным.

Однако при специальных и детальных исследованиях появляется необходимость еще более дробного деления промышленных ландшафтов. В данном случае классификационную основу также составляет техногенная миграция элементов. При этом ландшафты заводов и фабрик будут выделяться в зависимости от типа промышленного производства (ландшафты машиностроительных предприятий, энергетических установок и др.), ландшафты карьеров и шахт — в зависимости от типа добываемого (перерабатываемого) сырья (например, ландшафты угольных и полиметаллических шахт, ландшафты карьеров и отвалов медных и редкометаллических рудников и др.) (рис. 4).

Лесотехнические ландшафты объединяют участки площадных лесопосадок, вырубki лесов (ландшафты лесоразработок), лесные плантации и лесозащитные полосы, находящиеся за пределами населенных пунктов и промышленных ландшафтов. Среди рассматриваемых ландшафтов несколько обособленно стоят ландшафты лесоразработок. В первую очередь они отличаются значительным техногенным вывозом элементов, находящихся в биогенной форме. Кроме того, в почвы этих ландшафтов попадает большое количество различных растительных остатков (ветки, кустарник, лесной подрост), срубленных, но не вывозимых с участков лесоразработок. За счет этого в биологический круговорот в первые годы вовлекается гораздо больше элементов, чем в ранее существовавших лесах. Однако под воздействием гумусовых кислот, образующихся при разложении растительных остатков, из почв возможен и значительный вынос некоторых соединений. Следует также отметить, что в ландшафты лесоразработок поступает определенное количество элементов (их соедине-

ний), не характерных (и даже чуждых) ранее существовавшим лесам. Это различный производственный мусор, продукты износа машин и механизмов, нефтепродукты и др. В своем дальнейшем развитии ландшафты лесоразработок могут постепенно переходить в биогенные ландшафты болот, степей и лесов.

Часто на месте лесоразработок ведется посадка новых лесов, т.е. происходит формирование ландшафтов площадных лесопосадок. В связи с этим они чаще всего располагаются среди биогенных лесных ландшафтов. Рассмотрим основные особенности миграции элементов в этих лесотехнических ландшафтах. Их созданию, как уже указывалось, в большинстве случаев предшествует вырубка ранее существовавших лесов, т.е. техногенный вынос элементов, находящихся в биогенной форме. При этом общее количество элементов, вывозимых с площади в 1 га (биомасса), обычно колеблется от 100 до 600 т. Основными вывозимыми элементами (кроме кислорода, углерода и водорода) являются азот, калий, кальций, фосфор, магний, кремний, алюминий, марганец, железо, натрий, сера, хлор. Их содержание в минеральной (зольной) части вывозимой биомассы колеблется от десятых долей процента до десятков процентов и меняется в зависимости от породы вывозимого леса и ландшафтно-геохимических условий его существования. Кроме этих элементов, в зольной части удаляемой биомассы в сотых и тысячных долях процента содержатся никель, медь, титан, ванадий, цинк, цирконий, барий, стронций и другие элементы.

После вывоза леса производится планировка территории, включающая в себя механическое перемещение почвенных горизонтов, а иногда (при создании в горных условиях террас) и почвоподстилающих горных пород. Затем осуществляется посадка нового леса семенами и саженцами, т.е. в ландшафт привносится небольшое количество элементов в биогенной форме. Посадка часто сопровождается внесением удобрений (поступление элементов в минеральной форме), после чего процесс интенсивного техногенного воздействия на ландшафт прекращается (хотя иногда на протяжении нескольких лет вносятся минеральные подкормки) до созревания леса, которое происходит обычно через десятки, а иногда и сотни лет.

Очень близки к ландшафтам площадных лесопосадок ландшафты лесных плантаций, в число которых входят плантации, являющиеся источником сырья для целлюлозно-бумажных комбинатов, и плантации энергетических лесов. Опыт работ на юге РСФСР показал, что к числу "скороспелых" могут относиться и обычные тополевые леса, "созревающие до требований к сырью целлюлозно-бумажных комбинатов" примерно за 16 лет. При подборе пород растений для энергетических лесов, по данным В.К. Лукашева [19], хорошим показателем является длина годового побега свыше 3 м. Государственные посадки энергетических лесов уже существуют на заболоченных участках в Швеции, а по мнению финских ученых, в их стране такие леса позволят в ближайшем будущем заменить 3—4 млн т импортируемой нефти. Процесс увеличения площа-

дей с посадками энергетических лесов отражает, вероятно, объективную необходимость и будет продолжаться в различных регионах мира.

Подбор специальных пород для выращивания лесных плантаций вызывает определенные отличия в биологическом круговороте этих лесотехнических ландшафтов. Кроме того, в ландшафтах энергетических лесов проводятся специальная обработка почв и внесение минеральных подкормок. Все это в сумме обусловило их самостоятельное выделение среди лесотехнических техногенных ландшафтов.

Лесополосы отличаются от ландшафтов площадных лесопосадок отсутствием предшествующих вырубок, необычным для лесов (и для природных ландшафтов, ранее существовавших на месте лесополос) подбором деревьев, а главное, небольшой шириной посадок.

Отсутствие предшествующих вырубок приводит к выпадению из схемы миграции элементов первого звена, рассмотренного для площадных лесопосадок, техногенного выноса из ландшафта элементов, находящихся в биогенной форме. В связи с этим в первые годы существования лесопосадок в почвах происходит меньше геохимических изменений, в частности вынос водами органических кислот и некоторых элементов минимален.

С видом растений связаны изменения геохимических рядов потребления возврата элементов [27], а следовательно, и биологического круговорота элементов в целом. Кроме того, в лесополосах часто встречаются посадки фруктовых деревьев. В этих случаях из-за ежегодного вывоза химических элементов с плодами биологический круговорот нарушается, а лесополосы по ряду особенностей приближаются к ландшафтам садов.

От ландшафтов лесных плантаций лесополосы отличаются в основном отсутствием ежегодной техногенной обработки и специального внесения подкормок. Небольшая ширина лесополос способствует усилению влияния на этот ландшафт соседних ландшафтов, которые могут быть как техногенными, так и природными. Если лесополосы расположены среди полей (что является наиболее частым явлением), то в них ежегодно попадают удобрения, используемые для выращивания отдельных растений на соседних сельскохозяйственных ландшафтах, а также различные химические препараты, применяемые для борьбы с болезнями выращиваемых сельскохозяйственных культур и для уничтожения вредителей и сорняков. Особенно много попадает в ландшафты лесополос удобрений, пестицидов и гербицидов при внесении их на поля с помощью авиации.

Существенное влияние на лесополосы оказывают также соседние природные ландшафты. В этом случае в лесополосах наблюдается большое число растений, "переместившихся" из соседних ландшафтов. Так, в некоторых лесополосах на юге европейской части СССР своеобразное "остепнение", приводящее к изменению биологического круговорота.

Все приведенные данные указывают на весьма существенные отличия в миграции элементов в лесотехнических ландшафтах от миграции во всех остальных техногенных ландшафтах и даже от особенностей миграции элементов в наиболее близкостоящих к ним ландшаф-

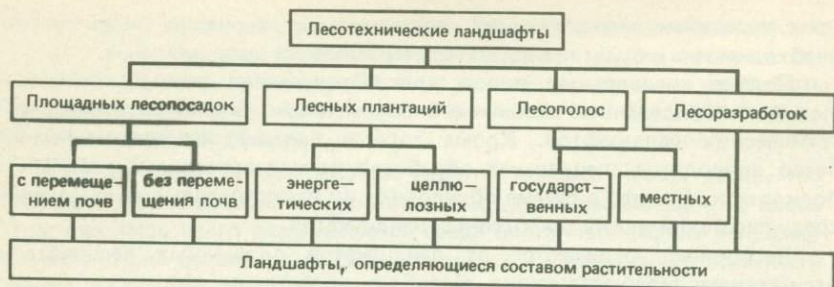


Рис. 5. Схема разделения лесотехнических ландшафтов на II классификационном уровне

тах садов. В то же время следует отметить, что большинство лесотехнических ландшафтов (за исключением лесных плантаций) может постепенно переходить в ландшафты обычных лесов.

При среднemasштабных ландшафтно-геохимических исследованиях часто становится необходимым более дробное деление лесотехнических ландшафтов, за основу которого следует брать (по возможности) особенности техногенной миграции и то, что в процессе дальнейших ландшафтно-геохимических исследований эта схема может несколько изменяться.

Ландшафты площадных лесопосадок можно разделить на созданные:

- 1) на искусственных террасах с существенным перемещением не только почв, но и подстилающих их материнских образований;
- 2) без существенного перемещения почв и подстилающих их пород.

Ландшафты лесных плантаций в первую очередь классифицируются по способам обработки и использования сырья на энергетические и являющиеся сырьем для целлюлозных комбинатов.

Ландшафты лесополос несколько условно можно разделить на имеющие государственное значение и местное значение. Они отличаются по протяженности и ширине, а следовательно, и по влиянию на миграцию элементов в их пределах, оказываемому соседними ландшафтами. Классификация ландшафтов лесоразработок на этом подуровне пока не разработана.

Как уже указывалось, в лесотехнических ландшафтах кроме техногенной миграции химических элементов продолжает существовать их биологический круговорот, в своей основе зависящий (это было доказано А.И. Перельманом) от состава растительных сообществ. В связи с этим при крупномасштабных и специальных ландшафтно-геохимических исследованиях последующее разделение лесотехнических ландшафтов целесообразно проводить с учетом состава растительности (рис. 5).

К ландшафтам населенных пунктов (селитебным ландшафтам) относятся населенные пункты с комплексами жилых зданий, приусадебных участков, городских промышленных предприятий, зон отдыха и рекреации (сады, скверы, парки и др.), зон сбора и утилизации бытовых и

промышленных отходов. Отдельные части этих ландшафтов имеют много общего с уже выделенными группами техногенных ландшафтов. Так, городские промышленные предприятия обычно представляют собой как бы несколько уменьшенные промышленные ландшафты с аналогичными комплексами и механизмом техногенного поступления химических элементов и их соединений на территорию ландшафта. Сады, парки, зоны отдыха и рекреации близки к лесотехническим ландшафтам, а приусадебные участки, по основным закономерностям техногенного привноса и выноса элементов, подобны огородам и садам, относимым к сельскохозяйственным ландшафтам. Однако, имея для отдельных частей селитебных ландшафтов почти полные аналоги среди различных групп техногенных ландшафтов, объединить селитебные ландшафты с какими-то другими техногенными ландшафтами невозможно.

Ландшафты населенных пунктов обладают целым рядом присущих только им особенностей, которые определяют ход миграции элементов в этих ландшафтах. Так, количество грунтовых вод на единицу площади в населенных пунктах выше, чем в окружающих ландшафтах. Во-первых, это связано с техногенным поступлением воды (полив улиц, приусадебных участков, парков, просачивание и аварийные прорывы питьевых, промышленных и сточных вод). Вторая причина повышенного количества грунтовых вод в населенных пунктах — резкое уменьшение площадей, с которых возможно непосредственное испарение.

Селитебные ландшафты отличаются от окружающих не только количеством подземных вод, но и их составом, причем характерной особенностью состава подземных вод является мозаичность. Так, в подземных водах, отобранных в различных частях крупного промышленного центра, общая минерализация изменяется в 3–5 раз, содержание сульфатов — в 100–160 раз; количество суммарного натрия и калия в 300 раз, а хлоридов — в 10 000 раз. Содержание большинства компонентов увеличивается в водах в центральной части городов. Это особенно характерно для старых населенных пунктов, начавших формирование вокруг промышленных предприятий.

Существенно отличаются почвы городских ландшафтов от почв соседних с ними и ранее существовавших на их месте ландшафтов. Следует отметить, что в старых городах первичных почв практически нет вообще (они относятся к захороненным), а современные почвы в таких городах представляют собой смесь привезенных почв с промышленным, бытовым и строительным мусором. Содержания в них некоторых элементов (в том числе и токсичных тяжелых металлов) часто повышены и распределены мозаично. Концентрация определенных элементов в почвах различных участков города зависит от количества и состава находящегося в них городского мусора (строительного, бытового, промышленного). Так по данным И.К. Неждановой и Ю.П. Суетина, увеличение в почвах Ленинграда свинца и цинка связано с наличием в них обломков кирпичей, а увеличение содержаний никеля — с присутствием шлаков.

Содержание в почвах некоторых элементов зависит также от количе-

ства и состава загрязняющих веществ, поступающих из подземных и поверхностных вод, из атмосферы (прямое выпадение из дымов и поступление с атмосферными осадками) и путем простого механического перемещения загрязняющих веществ из зон их концентрации.

От соседних ландшафтов также отличается городская растительность, которую обычно подбирают по принципу максимальной выживаемости в новых ландшафтно-геохимических условиях. Так, во многих южных городах основными деревьями являются тополя, хотя среди соседних природных, биогенных ландшафтов тополевые леса практически не встречаются. Городская растительность выделяется и по комплексу концентрирующихся в ней элементов. Например, в золе листьев тополя, произрастающего вдоль улиц с интенсивным автомобильным движением и в зонах загрязнения предприятиями химической промышленности, содержание свинца в десятки раз превосходит обычное. По данным Вал. А. Алексеевко, на участках, загрязненных предприятиями цементной промышленности, в листьях тополя значительно повышено содержание хрома и титана.

Характерными особенностями обладает и приземная атмосфера городов. Так, по данным Ж. Детри, в атмосферу города Лос-Анджелеса в течение только одних суток поступает в тоннах: углеводов — 1320,5; ацетальдегидов — 60,5; других органических газов и паров — 127,5; оксидов азота — 634,5; оксидов серы — 496, угарного газа — 5068; остальных неорганических газов — 5,0; аэрозолей — 89,0. (По нормативам, узаконенным в СССР на территории населенных пунктов, максимальная разовая предельно допустимая концентрация сернистого газа и нетоксичной пыли равна 0,5; среднесуточная — 0,15 мк/м³).

Таким образом, селитебный ландшафт, как единое целое, существенно отличается не только от соседних или от ранее существовавших на его месте биогенных ландшафтов, но и от всех техногенных ландшафтов. Своеобразные условия миграции химических элементов в ландшафтах населенных пунктов привели к образованию специфического, характерного лишь для селитебных ландшафтов, состава почв, вод, растений и приземной атмосферы.

Разделение ландшафтов населенных пунктов производится в первую очередь по особенностям техногенной миграции элементов. С учетом этого признака среди них можно выделить ландшафты: промышленных центров государственного значения; городов регионального (краевого, областного) значения; городов местного значения, поселков, станций, железнодорожных станций; рудников, шахт, обогатительных фабрик; курортов; хуторов.

Рассмотрим основные отличительные особенности ведущего (техногенного) вида миграции в выделенных ландшафтах, а следовательно, и правомерность предлагаемого деления.

Объем завозимых в населенные пункты продуктов питания, строительных материалов, промышленных товаров зависит от числа жителей, т.е. от размеров населенных пунктов. Этот же показатель обуславливает и развитие городского транспорта (как общественного, так и лич-

ного), являющегося постоянным источником поступления в ландшафт специфических соединений: пыли от износа покрышек автомобилей и троллейбусов; колес и рельсов трамваев; выхлопных газов автомобилей. От числа жителей зависит и количество отходов, вносимых в ландшафт в результате нормальной их жизнедеятельности. В значительной мере этим же показателем контролируется и количество удаляемых из ландшафта отходов, степень их очистки и способы захоронения (утилизации). Таким образом, размер населенного пункта (число жителей) во многом определяет баланс техногенной миграции элементов в ландшафте.

Однако количество и состав ввозимого в населенного пункт сырья, способы его обработки, количество отходов, форма нахождения элементов обусловлены профилями предприятий, действующих в рассматриваемом пункте. Часто профиль основных предприятий оказывает значительное влияние и на систему очистки и способ захоронения отходов со всего города или из его отдельных районов. Таким образом, вторым важным фактором, определяющим особенности техногенной миграции элементов в ландшафтах населенных пунктов, является профиль предприятий, действующих в этих пунктах.

К ландшафтам промышленных центров государственного значения относятся города с населением около миллиона жителей (и выше). Подсчеты показывают, что только в процессе обычной жизнедеятельности жители города с миллионным населением ежедневно выделяют в атмосферу около 0,5 млн м³ углекислого газа и 1200 м³ водяного пара и секрета потовых желез. Завоз продуктов питания и различных промышленных товаров в таких крупных городах примерно одинаково и зависит больше от числа жителей, чем от природных особенностей зоны, в которой расположен город. Все более приближаются в крупных городах к типовым, стандартным, системы очистки городских сточных вод и способы утилизации твердых городских отходов. Таким образом, техногенная миграция элементов, связанная непосредственно с жизнеобеспечением жителей в крупных городах, имеет гораздо больше общего, чем специфических отличий.

Промышленность городов с населением более одного миллиона жителей отличается разнообразием, но практически всегда включает в себя предприятия пищевой, химической, легкой промышленности, предприятия, связанные с обработкой металлов, строительные организации. Число жителей определяет также развитие транспорта в этих городах. Приведенные данные позволяют ориентировочно считать, что в рассматриваемых городах состав и количество элементов, попадающих как загрязнители в городской ландшафт в результате производственной деятельности, примерно одинаковы при пересчете на одного жителя. Следовательно, объединение городов с населением свыше 1 млн жителей в отдельный тип ландшафтов имеет геохимическое обоснование.

Ландшафты населенных пунктов регионального значения составляют города с населением более 300—500 тыс. жителей. В этих городах

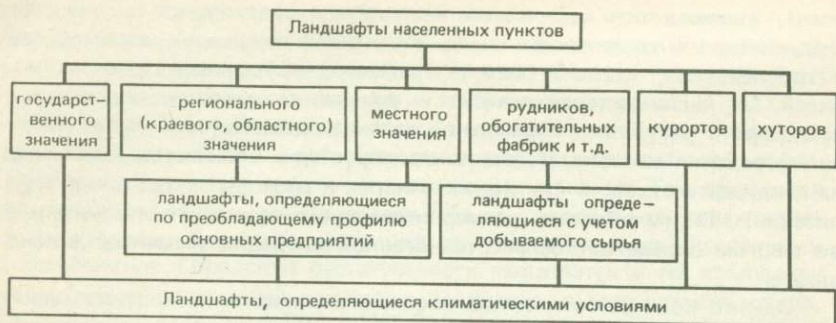


Рис. 6. Схема разделения ландшафтов населенных пунктов на II классификационном уровне

развитие определенных предприятий может оказывать решающее влияние на собственно техногенное поступление соответствующего комплекса элементов, в связи с чем дальнейшее разделение населенных пунктов регионального значения целесообразно проводить с учетом преобладающего профиля основных предприятий. Например, отдельно следует выделять города, где в основном распространены нефтеперерабатывающие или цементные предприятия.

Еще большее влияние на особенности техногенной миграции имеют крупные предприятия в ландшафтах поселков, станиц, железнодорожных станций и городов с населением примерно до 300 тыс. жителей. Поэтому при детальных ландшафтно-геохимических исследованиях (особенно связанных с решением проблем охраны окружающей среды) целесообразно рассматриваемые ландшафты подразделять по тому же принципу, что и ландшафты городов регионального значения.

Отдельные ландшафты включают небольшие населенные пункты, существующие у рудников, шахт, обогатительных фабрик, в которых миграция в значительно большей мере, чем числом жителей, определяется профилем предприятий. Сырье, добываемое и перерабатываемое на этих предприятиях, является основным постоянным источником химических элементов, поступающих как в рассматриваемые, так и в соседние ландшафты. В случае необходимости подразделения данных ландшафтов следует учитывать добываемое (перерабатываемое) сырье. Так, отдельно выделяются ландшафты населенных пунктов у редкометаллических рудников, у обогатительных фабрик, перерабатывающих полиметаллические руды, и др.

Особо нужно рассматривать ландшафты курортных зон. В их пределах техногенная миграция определяется в основном процессами, обеспечивающими нормальную жизнедеятельность сравнительно ограниченного числа жителей, и особенностями развития транспорта. Важной особенностью этих ландшафтов является сравнительно большая роль в миграции элементов биологического круговорота.

Ландшафты хуторов занимают среди остальных ландшафтов рассматриваемой группы наименьшую площадь. Они представляют собой



Рис. 7. Схема разделения дорожных ландшафтов на II классификационном уровне

как бы переход от сельскохозяйственных и лесных ландшафтов к ландшафтам населенных пунктов с довольно интенсивным биологическим круговоротом элементов. От ландшафтов курортных зон они отличаются резко пониженным числом жителей, меньшей ролью транспорта в техногенном привносе элементов и своеобразным развитием биологического круговорота элементов, приближающегося к круговороту сельскохозяйственных ландшафтов.

Природные факторы, оказывающие влияние на миграцию элементов (особенно связанные с климатическими условиями), также необходимо учитывать при разделении ландшафтов населенных пунктов. Например, ход миграции различных веществ, попавших, особенно в зимнее время года, в ландшафты Ташкента и Иркутска, во многом будет отличаться. Однако в большинстве случаев ландшафтно-геохимические исследования и составление карт геохимических ландшафтов для решения проблем окружающей среды проводятся в одной климатической зоне, а кроме того, влияние техногенных факторов в населенных пунктах несравненно больше, чем природных. Учитывая все это, предлагается после уже рассмотренной классификации селитебных ландшафтов разделять их (в случае необходимости) с учетом климатических условий (рис. 6).

Классификация ландшафтов населенных пунктов еще только начинает разрабатываться, поэтому особое значение в ближайшие годы будет иметь изучение принципов ландшафтно-геохимического районирования самих городов, особенно крупных. Без проведения такого районирования сложно, а часто и невозможно принимать научно обоснованные решения по улучшению экологической обстановки в городах. Некоторые научные коллективы уже подошли к решению данных вопросов.

К техногенным дорожным ландшафтам относятся автомобильные и железные дороги и сопровождающие их дренажные системы. Зоны отчуждения вдоль дорог являются самостоятельными ландшафтами. Они могут относиться к природным (например, степи) или техногенным (города), испытывающим постоянную и своеобразную техногенную нагрузку. Дороги не имеют никаких природных аналогов и резко отличаются от пересекаемых ими природных и техногенных ландшафтов по набору химических элементов (соединений) и формам их нахождения, по морфологическим особенностям, по особенностям геохимической связи с соседними ландшафтами и по миграции элементов в пределах самого ландшафта.

Ландшафты автомобильных и железных дорог различаются между собой, во-первых, по "экранирующему воздействию", т.е. способности препятствовать миграции (обмену элементами) между двумя частями ландшафтов, разделяемых дорогой, во-вторых, по набору элементов "поставляемых" ими в соседние ландшафты.

При дальнейшем делении целесообразно учитывать тип покрытия дорог и интенсивность движения транспорта. Именно эти параметры определяют геохимическую специфику и самих дорог и их воздействия на соседние ландшафты (рис. 7). В практике геохимии ландшафта основное внимание пока уделяется не самим дорожным ландшафтам, а их влиянию на соседние ландшафты.

Третий классификационный уровень

На третьем классификационном уровне все ландшафты разделяются в зависимости от особенностей миграции химических элементов непосредственно в почвах, так как в почвах природных ландшафтов наблюдается наибольшее напряжение геохимических процессов, причем его максимум характерен для гумусового горизонта, который можно считать своеобразным геохимическим центром. Кроме того, почва — это важнейшее звено, связывающее почвоподстилающие породы и грунтовые воды (т.е. постоянные и основные природные источники элементов, поступающих в ландшафт) с приземной атмосферой и живыми организмами.

В техногенных ландшафтах почвы остаются их важнейшей составной частью. Именно в почвах чаще всего происходит наиболее сложное переплетение процессов природной и техногенной миграции элементов, происходящих в техногенных ландшафтах. Кроме того почвы техногенных ландшафтов остаются звеном, связывающим коренные породы (коры выветривания) и грунтовые воды с приземной атмосферой и живыми организмами.

Перемещение элементов в почвах во многом определяется такими факторами как режим кислорода и серы (окислительные и восстановительные обстановки), щелочно-кислотные условия и набор определенных типоморфных (наиболее подвижных, отличающихся большим кларком) элементов.

В различных ландшафтных условиях выделяется три окислительно-восстановительных обстановки: 1) окислительная со свободным кислородом; 2) глеевая, восстановительная без свободного кислорода и без сероводорода и 3) сероводородная. Щелочно-кислотные условия несколько условно разделяются на сильнокислые ($\text{pH} < 3$), кислые и слабокислые ($\text{pH} 3-6,5$), нейтральные и слабощелочные ($\text{pH} 6,5-8,5$) и сильнощелочные ($\text{pH} > 8,5$).

Рассматривая набор типоморфных элементов, необходимо вспомнить сформулированный А.И. Перельманом принцип подвижных компонентов о том, что роль элемента и ландшафта определяется его содержанием в среде и интенсивностью миграции. В связи с этим типоморфные

элементы устанавливаются в водных вытяжках проб, отобранных из гумусового горизонта почв.

С учетом щелочно-кислотных условий, режима серы и кислорода А.И. Перельманом был выделен 21 класс водной миграции химических элементов. Так, в сильнощелочных условиях и при типоморфных ионах OH^- , Na^+ , HCO_3^- в кислородной обстановке выделен содовый класс ($\text{Na}^+ - \text{OH}^-$); в глеевой обстановке — содовый глеевый ($\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$); в сероводородной обстановке — содовый сероводородный ($\text{Na}^+ - \text{OH}^- - \text{H}_2\text{S}$) и др. (см. Прил. 6).

Опыт ландшафтно-геохимических исследований различного масштаба показывает, что миграция химических элементов в почвах во многом определяется содержанием и соотношением в них различных органических кислот, которым при классификации ландшафтов необходимо уделять такое же внимание, как и типоморфным элементам. Выяснилось также, что при детальном исследовании и в условиях развития почв на дальнепринесенных ледниковых и золовых образованиях для характеристики частей ландшафтов с наибольшим напряжением геохимических процессов: часто бывает недостаточным деление ландшафтов на третьем классификационном уровне только с учетом основных классов водной миграции элементов. В таких случаях необходимо учитывать типоморфные элементы и в грунтовых водах. При этом следует принимать во внимание кроме типоморфных элементов щелочно-кислотные свойства грунтовых вод и режим в них кислорода и серы.

Четвертый классификационный уровень

На четвертом классификационном уровне биогенные и техногенные ландшафты разделяются с учетом особенностей воздушной (атмосферной) миграции элементов [10]. Полученные к настоящему времени данные показывают, что в определенных районах на содержание в почвах многих элементов (и в первую очередь токсичных тяжелых металлов) наибольшее влияние оказывает именно атмосферная миграция. С учетом ее особенностей на рассматриваемом уровне целесообразно выделять следующие ландшафты: 1) подверженные воздушной эрозии; 2) не подверженные воздушной эрозии; 3) с современным отложением золотого материала.

При воздушной эрозии умеренной интенсивности из почв преимущественно выносятся легкие частицы, не сорбирующие тяжелых металлов, что приводит к повышению концентрации последних в почвах. Например, их наибольшее содержание будет отмечаться в водораздельных (элювиальных) и приводораздельных (трансэлювиальных) ландшафтах, из которых идет основное выдувание легких частиц. В Ростовской области этот процесс привел к увеличению содержания свинца и никеля в почвах сельскохозяйственных ландшафтов (табл. 5). При составлении этой таблицы сравнивались фоновые содержания металлов в ландшафтах, отличающихся по воздушной эрозии почв. Выдуванию почвенных частиц способствует ежегодное перепахивание почв.

Таблица 5

Обогащение верхнего горизонта почв (30 см) металлами за счет воздушной эрозии

Ландшафт	Число наблюдений	Металл	Изменение фоновой концентрации ($n \cdot 10^{-3} \%$)	Увеличение содержания ($t/\text{км}^2$)
Элювиальный	201	Pb	от 1,3 до 2,6	7,8
Трансэлювиальный	828	Pb	от 1,4 до 2,0	3,6
Элювиальный	200	Ni	от 3,9 до 4,9	6,0
Трансэлювиальный	828	Ni	от 4,2 до 4,6	2,4

Почвы в зонах отложения золотого материала обычно отличаются пониженным содержанием тяжелых металлов. Так, в Джунгарском Алатау в почвах на золотых суглинках содержание свинца ($3 \cdot 10^{-4} \%$) примерно в 3 раза, а цинка ($1 \cdot 10^{-3} \%$) в 5 раз ниже среднего для почв.

Пятый классификационный уровень

На пятом классификационном уровне ландшафты подразделяются с учетом геоморфологических особенностей района. При проведении мелкомасштабных исследований, охватывающих большие территории, а также при работе в горных условиях рекомендуется выделять ландшафты: 1) равнинных областей, 2) низкогорья и среднегорья и 3) высокогорных областей. Эти ландшафты отличаются по интенсивности процессов миграции, определяющейся в основном силами гравитации. В дальнейшем все выделенные ландшафты следует классифицировать на элювиальные (водораздельные), супераквальные (надводные) и субаквальные (подводные). По мнению М.А. Глазовской, по геоморфологическим особенностям необходимо дополнительно выделять следующие ландшафты:

- 1) трансэлювиальные, включающие верхние части склонов;
- 2) элювиально-аккумулятивные, расположенные в нижних частях склонов и сухих ложбин;
- 3) аккумулятивно-элювиальные, приуроченные к местным замкнутым понижениям с глубоким уровнем грунтовых вод;
- 4) трансупераквальные, на участках склонов надводных ландшафтов (сюда же следует относить пойменные ландшафты);
- 5) собственно супераквальные, наблюдаемые в пределах замкнутых понижений со слабым водообменом;
- 6) трансаквальные, включающие реки и проточные озера, водохранилища и дельтовые болота;
- 7) аквальные, к которым кроме непроточных озер следует относить и моря.

Рассмотренные особенности классификации ландшафтов на пятом классификационном уровне являются общими и для природных, и для техногенных ландшафтов.

Шестой классификационный уровень

На шестом уровне в основу классификации положены особенности миграции и соотношения между элементами, поступающими в данный ландшафт от постоянного природного источника. В большинстве случаев эти особенности определяются минералого-геохимической характеристикой коры выветривания и почвоподстилающих горных пород, служащими главными источниками поступающих элементов. К исключениям относятся техногенные ландшафты с искусственно созданным экраном между горными породами и остальными частями ландшафта (например, часть промышленных отстойников).

Таким образом, на шестом классификационном уровне деление ландшафтов производится с учетом изменения состава коренных горных пород, на которых и под влиянием которых происходит формирование почв.

Для выделения различных ландшафтов необходимо в первую очередь классифицировать осадочные породы, карбонатно-терригенные и терригенные. Такое разделение горных пород обусловлено их большим влиянием на карбонатность и щелочность почв. Если отдельные аномальные толщи (горизонты, свиты) осадочных пород резко отличаются по геохимическим особенностям (значительно повышены или понижены содержания некоторых элементов) от аналогичных по петрографическому составу пород, то эти толщи, а следовательно, и расположенные над ними ландшафты выделяются особо. В данных случаях кроме состава пород обычно учитывается (частично) и их возраст. Необходимость такого деления обусловлена влиянием аномальных толщ на распределение элементов в почвах и произрастающих на них растениях [1]. Особенно велико такое влияние при небольшой мощности рыхлых отложений, расположенных между коренными породами и почвенными горизонтами.

Магматические породы при классификации ландшафтов на шестом уровне целесообразно разделять на кислые и основные. Необходимо также отдельно выделять интенсивно метаморфизованные породы.

При детальном ландшафтно-геохимическом исследовании часто требуется более дробное деление горных пород с учетом их минералого-геохимических особенностей. Это является проблемой геохимической классификации пород с точки зрения геохимии ландшафта [8].

Разделение ландшафтов на шестом классификационном уровне практически одинаково для природных и техногенных ландшафтов.

Водные ландшафты

Водные (аквальные) ландшафты занимают значительную часть поверхности Земли и имеют огромное значение для человечества. При этом необходимо отметить особую роль внутриконтинентальных пресноводных ландшафтов, обеспечивающих орошение земель, снабжение населенных пунктов, животноводческих комплексов и промышленных предприятий питьевой и технической водой. Водные ландшафты являются источ-

никами многих продуктов и важными транспортными артериями. Их рациональная эксплуатация и охрана, предотвращение отрицательных последствий различных видов антропогенной деятельности и контроль за происходящими в них изменениями требуют проведения специальных комплексных исследований, которые важны для научно обоснованного планирования. Расчеты специалистов показывают, что к 2000 г. потребление пресной воды возрастет в среднем в 8 раз. При этом резко увеличится потребность в технической воде. В качестве примера рассмотрим данные, показывающие затраты воды в м³ на производство 1 т следующих товаров: каменного угля — 2, соды — 10, нефти — 18, стали — 20, аммиака — 30, серной кислоты — 180, вязкого шелка — 400, кордовой целлюлозы и синтетического волокна — 500, хлопчатобумажной ткани — 1100. Очень большое количество воды требуется для охлаждения атомных реакторов. Одной атомной электростанции мощностью в тысячу мегаватт каждую минуту требуется 320 тыс. л холодной воды, а в сутки соответственно, около 4,5 млрд л. Необходимо учесть, что роль АЭС будет непрерывно возрастать и к 2000 году они будут вырабатывать около 60 % общего количества энергии.

Несмотря на это, классификация водных ландшафтов до конца не разработана ни для небольших внутриконтинентальных водоемов, ни в целом для Мирового океана. Однако имеющиеся данные [3, 26] позволяют выделить шесть основных таксономических уровней в классификации водных ландшафтов.

Первый классификационный уровень

На первом классификационном уровне водные ландшафты, так же как и ландшафты суши, разделяются с учетом основных форм движения материи на природные (биогенные) и техногенные. Необходимо отметить некоторую условность такого деления, так как даже самые удаленные от промышленных и сельскохозяйственных регионов участки Мирового океана испытывают все возрастающее "техногенное давление". В связи с этим предлагается к техногенным относить только водоемы искусственного происхождения, а именно водохранилища, каналы и пруды. Озера, реки, внутриконтинентальные моря, а также Мировой океан с составляющими его морями относятся к природным (биогенным) ландшафтам.

Среди техногенных аквальных ландшафтов наибольшую площадь занимают водохранилища. По особенностям миграции элементов они наиболее близки к биогенным ландшафтам. Большинство водохранилищ создано путем техногенного регулирования речного стока. При этом основная миграция элементов, происходившая в реках в виде механического перемещения частиц различного размера, а также в виде коллоидных и истинных растворов, стала полностью определяться техногенными процессами, что резко отличает ландшафты водохранилищ от природных ландшафтов. Ландшафты водохранилищ в сравнении с ландшафтами озер характеризуются большой внутригодовой амплитудой колебания

уровня вод (например, на Цимлянском она достигает 6 м, на Куйбышевском — 7 м, а на Красноярском — 18 м) и более интенсивным водообменом.

Сложное переплетение природных и техногенных процессов, протекающих в этих водоемах, часто приводит к результатам, значительно отличающимся от ожидаемых при строительстве: водохранилища заиливаются и заболачиваются; под влиянием гниения массового количества водорослей, бурно развивающихся в хорошо прогреваемых мелководных бассейнах и сносимых в приплотинные участки, возникает бескислородная глеевая и даже сероводородная обстановка; почвы ландшафтов, прилегающие к водохранилищам, подвергаются засолению. Иногда это вызывает сокращение срока даже относительно полезного существования в два—три раза по сравнению с проектируемым. Таким образом, все сказанное подтверждает необходимость более детально изучать ландшафтно-геохимические особенности существующих водохранилищ.

При средне- и крупномасштабном ландшафтно-геохимическом картировании водохранилища на данном классификационном уровне целесообразно разделять в зависимости от их размеров (объема содержащейся в них воды). Этот показатель во многом обуславливает особенности эксплуатации водохранилищ, а следовательно, и особенности техногенной миграции элементов.

Пруды, так же как и водохранилища, представляют собой искусственные водоемы в естественных или (что бывает чаще) в искусственных углублениях. В связи с быстро развивающимся прудовым хозяйством интенсивное строительство прудов ведется в различных климатических и природных зонах страны. В настоящее время общее число прудов в СССР достигает 150 000, среди которых преобладают небольшие пруды с площадью зеркала вод не больше нескольких гектаров. Их питание, в основном, связано с таянием снегов и дождями. Обычно они используются для орошения, водопоя скота, а вблизи населенных пунктов служат местом отдыха жителей. Со временем пруды стареют, происходит их заиление и полное зарастание водно-болотной растительностью. Сроки существования прудов (без их чистки): в равнинных условиях немного более 50 лет, а в условиях пересеченной местности — 10 лет.

В прудах, создаваемых для разведения рыбы, не только проводится чистка, но и часто контролируется миграция химических элементов (в том числе их поступление с кормами и удобрениями в ландшафт), а также видовое разнообразие прудовой флоры и фауны. При этом за счет изменения геохимической (биогеохимической) обстановки продуктивность прудов может измениться во много раз. Для ее увеличения необходим правильный выбор баланса элементов, участвующих в прудовом круговороте, который должен полностью соответствовать конкретным ландшафтно-геохимическим условиям. Существенное увеличение продуктивности прудов при минимальных затратах на создание благоприятных биогеохимических условий представляет изучение геохимической обстановки в ландшафтах прудов одной из актуальнейших задач прикладной геохимии ландшафта.

При необходимости более дробной классификации (для составления средне- и крупномасштабных ландшафтно-геохимических карт) ландшафты прудов в первую очередь разделяются на рыбоводные и рыбопроизводящие. В первые выпускают на несколько месяцев мальков рыб, которые затем отлавливаются для переселения. Воды из этих прудов ежегодно (а иногда и несколько раз в год) сливаются, после чего грунты (подсохший ил) подвергаются перепахиванию. В рыбопроизводящих прудах ежегодных сливов воды и перепахивания грунтов нет.

В ландшафты каналов специального техногенного привноса химических элементов обычно нет, лишь иногда на малопротяженных участках в воды мелиоративных каналов добавляют удобрения. Однако, несмотря на это, воды рассматриваемых ландшафтов очень часто содержат в больших количествах удобрения, сносимые с полей, особенно орошаемых. В ландшафтах судоходных каналов определенное количество химических элементов (обычно в форме таких специфических соединений, как нефть и нефтепродукты) попадает за счет эксплуатации водного транспорта. Наибольшее техногенное воздействие каналы испытывают при периодически повторяемых работах по углублению и расширению их русла. При проведении средне- и крупномасштабных исследований среди ландшафтов каналов выделяются мелиоративные и судоходные. Они отличаются по расходу воды, особенностям эксплуатации и чистки фарватера.

Действующие каналы оказывают влияние на ландшафты, по которым они проложены. В основном это подъем уровня грунтовых вод, который, в свою очередь, может вызвать засоление почв, а в биогенных ландшафтах суши — еще и смену растительных сообществ. Заброшенные каналы быстро зарастают и, пройдя стадию болот, переходят в обычные ландшафты суши. Однако своеобразными особенностями в рельефе они напоминают о себе сотни лет.

Природные (биогенные) ландшафты на первом классификационном уровне разделяются на внутриконтинентальные и океанические. Они во многом отличаются особенностью поступления элементов (в том числе и их относительным количеством) в водные бассейны, а также их последующим перераспределением и концентрацией в илах. В дальнейшем среди внутриконтинентальных аквальных ландшафтов целесообразно выделять моря, озера, реки, а среди океанических — внутренние моря, окраинные моря и собственно океанические ландшафты.

Второй классификационный уровень

В отличие от ландшафтов суши, в аквальных ландшафтах (и не только в природных, но и в техногенных) роль биогенной миграции довольно велика и примерно одинакова. Поэтому на данном таксономическом уровне в основу деления всех ландшафтов положены биомасса и ежегодная продукция, которые во многом определяются видовым составом растительных сообществ. С учетом этих факторов и проводится деление ландшафтов. Как пример деления техногенных аквальных ланд-

шафтов на втором уровне рассмотрим схему выделения ландшафтов на Цимлянском водохранилище, где по приведенным признакам выделены ландшафты планктонных водорослей (низкопродуктивные, среднепродуктивные, высокопродуктивные) и ландшафты тростниковых формаций. Отличия по продуктивности даже среди близких друг другу ландшафтов планктонных водорослей весьма существенны. Так, на Калачском и Чирском участках продукция органического вещества под 1 м² поверхности составляет 364 т, на участке Центральном — 766 т, а на Приплотинном — 1440 т.

Следует отметить, что в рассматриваемом примере, как и в большинстве случаев на других водохранилищах, большой объем ежегодной продукции не только не используется в народном хозяйстве, но и наносит ему значительный ущерб, так как во время максимального развития водорослей сокращается содержание в воде кислорода, приводящее к гибели рыб. При правильном подходе водоросли могли бы стать поставщиками большого количества кормовых добавок для животноводства. Но для этого нужно решить две задачи (вполне посильные при современном уровне развития науки) — это дешевая переработка водорослей и извлечение водорослей из водохранилища. Уничтожение водорослей с помощью различных химических препаратов приведет к еще большему противоречию между природными (в первую очередь биогенными) и техногенными процессами миграции элементов, а потому крайне нежелательно.

Разделение на втором уровне природных аквальных ландшафтов ведется аналогичным образом. Так, в нижнем течении р. Дон выделены ландшафты: 1) сообществ планктонных водорослей; 2) тростниковых формаций; 3) озернокамышово-рогозово-тростниковых формаций. С ландшафтами различных растительных сообществ, а точнее с процессами образования и разложения органических веществ, происходящих в их пределах, в значительной мере связано формирование определенных окислительно-восстановительных условий как в воде, так и в донных отложениях. Именно по этому признаку производится разделение аквальных геохимических ландшафтов на третьем классификационном уровне.

Третий классификационный уровень

Среди окислительно-восстановительных условий миграции элементов в водах и донных отложениях выделяются различные сочетания окислительной, восстановительной глеевой и восстановительной сероводородной обстановок. Иногда окислительно-восстановительная обстановка изменяется даже в разных горизонтах водной толщи. Наибольшие различия обычно характерны для верхних горизонтов, соприкасающихся с атмосферой, и придонных горизонтов водной толщи. В таких случаях учитываются особенности обстановок в верхних и в нижних горизонтах вод, а также в донных отложениях.

Уже само изменение окислительно-восстановительных условий яв-

Таблица 6

Среднее содержание элементов в донных отложениях ландшафтов
III классификационного уровня р. Дон

Обстановка в донных отложениях	Число проб	Среднее содержание элементов с вероятностью 95 % (массовые доли, $n \cdot 10^{-3}$ %)								
		Zn	Cu	Ni	Mn	Co	Cr	Y	Yb	Ga
Кислородная	27	6,8 ± 3,0	1,7 ± 0,6	1,1 ± 0,5	21 ± 4	0,1	4,7 ± 1,6	1,1 ± 0,2	0,14 ± 0,04	0,57 ± 0,18
Глеевая	18	4,3 ± 1,2	2,0 ± 0,6	1,7 ± 0,7	36 ± 11	0,7 ± 0,3	6,3 ± 1,8	1,4 ± 0,2	0,19 ± 0,04	0,67 ± 0,2
Сероводородная	42	10,0 ± 2,5	3,5 ± 0,6	2,6 ± 0,4	37 ± 6	1,0 ± 0,2	10,7 ± 1,6	1,7 ± 0,2	0,26 ± 0,03	1,2 ± 0,2

Таблица 7

Среднее содержание элементов в золе тростника ландшафтов
III классификационного уровня р. Дон

Обстановка	Число проб	Среднее содержание элементов с вероятностью 95 % (массовые доли, $n \cdot 10^{-3}$ %)					
		Mn	Ni	Cu	V	Zn	Pb
Окислительная	14	250 ± 70	1,5 ± 0,4	4,6 ± 1,0	0,8 ± 0,03	5,3 ± 2,8	1,2 ± 0,4
Восстановительная, глеевая	24	160 ± 40	2,4 ± 0,4	5,2 ± 0,8	2,5 ± 0,8	16,1 ± 6,5	3,4 ± 0,8
Восстановительная, сероводородная	21	230 ± 60	2,8 ± 0,8	6,0 ± 1,0	1,9 ± 0,4	25,3 ± 9,4	5,3 ± 1,3

ляется важным показателем техногенного воздействия на аквальные ландшафты. Так, в нижнем течении р. Дон бескислородная глеевая обстановка в илах возникает после впадения в нее очень загрязненной р. Северский Донец. А сероводородная обстановка в илах появляется, начиная от г. Ростова.

С изменением окислительно-восстановительных условий происходит концентрация в илах (а затем и в растениях) целого ряда элементов, включая тяжелые металлы. Это подтвердили детальные ландшафтно-геохимические исследования на р. Дон [3], результаты которых приведены в табл. 6 и 7.

Четвертый классификационный уровень

На четвертом уровне разделение ландшафтов проводится в зависимости от распределения типоморфных элементов в илах и водах. Еще В.И. Вернадский отмечал, что у илов существует глубокая аналогия с почвами. Особенности геохимической классификации почв рассмотрены А.И. Перельманом. Все это позволяет считать правомерным учет типоморфных элементов в илах (по аналогии с почвами) при классификации водных ландшафтов. Однако в аквальных ландшафтах, в отличие от ландшафтов суши, следует учитывать не только типоморфные элементы в водных вытяжках из донных отложений, но и типоморфные элемен-

Таблица 8

Среднее содержание элементов в илах ландшафтов
IV классификационного уровня р. Дон

Класс ландшафта	Число проб	Среднее содержание с вероятностью 95 % (массовые доли, $n \cdot 10^{-3}$ %)			
		Zn	Cu	Ni	Pb
HCO_3^- , Ca^{2+}	14	<1	$1,5 \pm 0,5$	$1,2 \pm 0,4$	$1,1 \pm 0,2$
Ca^{2+} , Na^+	31	$7,0 \pm 3,1$	$2,2 \pm 0,6$	$2,0 \pm 0,6$	$1,5 \pm 0,2$
HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+	21	$3,1 \pm 0,8$	$1,7 \pm 0,6$	$0,8 \pm 0,4$	$0,9 \pm 0,2$

Продолжение табл. 8

Класс ландшафта	Число проб				
		V	Co	Cr	Ga
HCO_3^- , Ca^{2+}	14	$6,3 \pm 1,6$	$0,5 \pm 0,2$	$5,9 \pm 1,7$	$0,7 \pm 0,3$
Ca^{2+} , Na^+	31	$7,1 \pm 1,3$	$1,1 \pm 0,4$	$7,5 \pm 1,4$	$0,9 \pm 0,2$
HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+	21	$3,6 \pm 1,0$	$0,5 \pm 0,2$	$2,6 \pm 0,9$	$0,4 \pm 0,1$

ты вод. Влияние условий, учитываемых на четвертом классификационном уровне, на концентрацию химических элементов в илах р. Дон приведено в табл. 8.

Пятый классификационный уровень

На рассматриваемом уровне предполагается разделение водных ландшафтов в зависимости от геоморфологических особенностей, определяющих в основном механическую миграцию элементов и их соединений (табл. 9). На данном уровне четко выделяются следующие речные ландшафты:

- 1) трансэрозионные (участки интенсивного размыва берегов и поступления большого количества материала преимущественно в минеральной форме);
- 2) трансаквальные (участки с существенным преобладанием процессов механического переноса материала);
- 3) трансаккумулятивные (участки с преобладанием процессов отложения механически переносимого материала).

Для ландшафтов озер (и в значительной мере морей) на рассматриваемом уровне классификации должны учитываться геоморфологические особенности как дна водоемов, так и его берегов. В большинстве случаев выделяются следующие ландшафты водоемов [3]:

- 1) абразионно-аккумулятивные (участки вдоль высоких крутых берегов, размыв которых обуславливает поступление в водоем значительного количества элементов в минеральной форме);
- 2) нейтральные (участки у пологих берегов со слабой абразией, приводящей, в основном, к нивелированию поверхности дна);
- 3) аквально-супераквальные (участки, периодически затопляемые во время поднятия уровня вод в водоеме);
- 4) трансаккумулятивные (участки отложения твердого стока рек и крупных балок с временными водными потоками);
- 5) аккумулятивные (глубоководные участки водоема, в пределах которых происходит отложение материала).

Таблица 9

Среднее содержание элементов в илах ландшафтов V классификационного уровня р. Дон

Ландшафты	Число проб	Среднее содержание элементов с вероятностью 95 % (массовые доли, $n \cdot 10^{-3}$ %)				
		Zn	Cu	Ni	V	Co
Трансэрозионные	27	$3,0 \pm 0,8$	$1,4 \pm 0,4$	$1,3 \pm 0,5$	$6,1 \pm 1,6$	$0,57 \pm 0,20$
Трансаквальные	25	$2,9 \pm 0,8$	$1,8 \pm 0,5$	$1,3 \pm 0,5$	$1,8 \pm 1,0$	$0,70 \pm 0,20$
Трансаккумулятивные	33	1,0	$1,5 \pm 0,3$	$0,9 \pm 0,3$	$5,0 \pm 0,9$	$< 0,1$

Шестой классификационный уровень

На шестом таксономическом уровне разделение водных ландшафтов определяется геохимическими особенностями, а следовательно и типом донных отложений.

Выделенные по рассмотренной схеме геохимические ландшафты представляют собой участки, покрытые водой, отличающиеся особенностями происходящих в них техногенных процессов и расположенные в определенных геоморфологических условиях с характерными растительными сообществами, окислительно-восстановительными условиями, типоморфными элементами и с определенным типом донных отложений. Все перечисленные особенности создают в пределах таких ландшафтов специфические условия миграции и концентрации элементов. При этом в аналогичных геохимических ландшафтах существуют аналогичные условия миграции и концентрации химических элементов, содержание которых в равнозначных частях таких ландшафтов (донные отложения воды, растительные организмы и др.) должны быть одинаковыми. Наблюдающиеся в аналогичных геохимических ландшафтах отличия в концентрации определенных элементов объясняют их неодинаковым поступлением в воды. Чаще всего такие отклонения (геохимические аномалии) связаны с техногенным поступлением данных элементов и их соединений.

В заключение необходимо еще раз отметить, что классификация аквальных ландшафтов, особенно морских, требует определенного уточнения. Однако работы, проведенные по рассмотренной методике, позволяют составлять достаточно точные карты геохимических аквальных ландшафтов и на их основе выделять техногенные аномалии и выявлять техногенные загрязнители.

3. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

При все возрастающей скорости перехода биосферы в ноосферу проблемы объективной оценки состояния окружающей среды и разработки научно обоснованного прогноза изменений, происходящих под воздействием антропогенной деятельности, становятся все более актуальными. Это, в первую очередь, обуславливается непрерывно увеличивающимся загрязнением биосферы, сопровождающим различные техногенные процессы.

Антропогенные модификации в окружающей среде могут быть весьма разнообразными. В биогенных ландшафтах под техногенным влиянием может существенно преобразоваться видовой состав растений. Так, гибнут леса вблизи цементных заводов, что хорошо видно в районе г. Новороссийска, значительно меняются общая продуктивность и состав растительности под воздействием дымов и кислых дождей в районе металлургических комбинатов (примером могут служить районы гг. Балхаш и Темиртау). В техногенных ландшафтах (особенно сельскохозяйственных) не только нарушается биологический круговорот элементов, но и распространяются растения, ранее отсутствовавшие в этих районах.

Под воздействием техногенных процессов существенно изменяется и состав почв. Это может происходить не только во время промышленного и гражданского строительства или при открытом (карьерном) способе добычи полезных ископаемых, но и под влиянием культивирования определенных растений (например, риса на юге европейской части СССР), и под воздействием необоснованного внесения удобрений, что получило широкое развитие в различных климатических зонах страны. При неправильной обработке почв, значительная часть их вообще уничтожается и уносится водными потоками и пыльными бурями, особенно частыми и сильными в 60—70-х гг. нашего века в Казахстане и Приазовье.

Антропогенная деятельность может привести к перемене режима кислорода и серы. Например, кислородная окислительная обстановка на отдельных участках часто сменяется восстановительной глеевой и даже сероводородной. В аквальных ландшафтах этому способствуют строительство плотин и создание мелководных водохранилищ. На суше болота (с глеевой обстановкой) возникают даже на склонах Кавказских гор в местах сплошной вырубki лесов. Осушение болот также приводит к изменению ранее существовавших природных окислительно-восстановительных условий, однако при этом глеевая обстановка сменяется окислительной, кислородной.

Многие техногенные процессы (особенно промышленное и гражданское строительство, сооружение плотин, добыча полезных ископаемых и др.) приводят к преобразованию рельефа, что сразу же отражается на механической миграции элементов и часто вызывает их существенную концентрацию на возникающих техногенных механических барьерах.

Описанные изменения могут приводить или к уменьшению, или же наоборот — к резкому увеличению роли почвоподстилающих образований, как постоянного природного источника элементов в конкретном ландшафте. Так, карбонатные почвоподстилающие породы могут в значительной мере нейтрализовать кислотные дожди, а пиритизированные углистые сланцы лишь усилят вредное влияние таких осадков.

Как видно из приведенных данных, а их перечень можно намного увеличить, описанные изменения обязательно учитываются на определенном уровне (иногда на нескольких сразу) при ландшафтно-геохимическом картировании. Это, а также то, что влияние определенного загрязнителя (даже такого большого, как крупный промышленно развитый город) невозможно установить для биосферы в целом, позволило предложить автору проводить предварительную оценку состояния окружающей среды и давать предварительный прогноз ее изменений на основе карт геохимических ландшафтов. При этом следует отметить, что такая оценка является не только предварительной, но лишь качественной.

Качественная оценка

Основой качественной оценки состояния окружающей среды является ландшафтно-геохимическое картирование. Карты геохимических ландшафтов объективно и комплексно отражают состояние окружаю-

щей среды на период их составления. Комплексность такой оценки гарантируется методикой работ, при проведении которых учитываются как особенности "техногенной нагрузки", так и биологические (ботанические), почвенные, геоморфологические, атмосферные и геологические особенности отдельных блоков биосферы. Объективность оценки также заложена в методику исследований, т.е. на каждом классификационном уровне качественно отмечаются все изменения, способные вызываться антропогенной деятельностью.

Необходимо отметить, что в основе составления карт геохимических ландшафтов учтены сложные закономерности связи между отдельными биокосными системами, составляющими ландшафт и определяющими особенности миграции элементов (их соединений). Так, изменение (загрязнение) состава почвенных вод приводит к изменению состава почв, а затем и к изменению ассоциаций произрастающих на них растений. В результате на карте геохимических ландшафтов выделяются новые (аномальные для конкретных условий) ландшафты. Они будут отличаться по составу почв (третий таксономический уровень) и растений (второй уровень).

Говоря о появлении "аномальных" ландшафтов, необходимо четко определять, какие ландшафты для конкретных природных условий являются обычными. Наибольшую информацию об этом можно получить при проведении региональных мелкомасштабных работ путем поэтапного ведения ландшафтно-геохимических исследований. Средне- и крупномасштабные работы целесообразно проводить после составления карт геохимических ландшафтов масштаба 1 : 500 000 или 1 : 200 000. Именно такой подход позволит избежать ошибок в оценке состояния окружающей среды и не допустить огромных непроизводительных затрат средств, выделяемых на изучение и улучшение ее состояния. Известны случаи, когда детальные исследования по изучению состояния биосферы в районах с интенсивным развитием антропогенной деятельности начинали проводить минуя стадию мелкомасштабных работ. При этом за "фоновые" принимали участки довольно загрязненные, но удаленные от предполагаемых источников загрязнения. Убытки от таких работ слагают не только прямые затраты на исследования, а гораздо большие, вызванные проведением последующих работ по рекомендациям, не соответствующим состоянию окружающей среды в этих районах.

Рассмотрим некоторые примеры качественной оценки состояния окружающей среды на ландшафтно-геохимической основе. В р. Дон, после впадения р. Северский Донец, наблюдаются аквальные ландшафты с глеевой обстановкой в илах, а начиная от г. Ростова — с сероводородной. Их возникновение для этой части реки является своеобразной ландшафтно-геохимической аномалией, указывающей на недопустимое загрязнение вод веществами, связывающими при своем разложении свободный кислород.

В приплотинной части Цимлянского водохранилища появились аномальные ландшафты с восстановительной глеевой обстановкой не только в илах, но и в придонном слое воды [15]. Недостаток свободного кисло-

рода (особенно в период массового развития водорослей и последующего их осаждения на дно) приводит к многочисленной гибели рыб. Причин широкого развития водорослей несколько. Основными из них можно считать следующие: 1) водохранилище слишком мелководно и чрезвычайно хорошо прогревается; 2) около водохранилища отсутствуют охраняемые зоны с лесонасаждениями, которые препятствовали бы сносу удобрений с полей; 3) обработка полей, прилегающих к водохранилищам, способствует сносу в него не только удобрений, но и плодородного слоя почв, что ведет к еще большему обмелению и прогреванию водоема. К настоящему времени аномальные ландшафты занимают уже больше 1/3 водохранилища. Дальнейшее продолжение их роста приведет к "экологической гибели" водохранилища, что несомненно скажется не только на резком уменьшении рыбоводного значения р. Дон, но и на качестве воды в ее нижнем течении. В связи с этим следует в первую очередь запретить строительство у водохранилища любых предприятий, способствующих поднятию температуры воды.

После составления карт геохимических ландшафтов масштаба 1 : 500 000 в поймах некоторых рек Ростовской области (Дон, Сал и др.) были выявлены ландшафты с типоморфными элементами Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , охватывающие на отдельных участках практически всю пойму. Появление таких ландшафтов свидетельствует о наступлении процессов засоления почв и является аномалией для конкретных условий. После механизированного "прочищения" малых рек вдоль них пропали даже узкие полосы ландшафтов пойменных лесов, что также служит ландшафтно-геохимической аномалией. Последствием этого будет исчезновение малых рек и обмеление Дона.

В последнее время в печати часто появляются статьи о самоочищении биосферы. Анализ карты геохимических ландшафтов показывает, что в Ростовской области около 90 % всей территории приходится на техногенные ландшафты (в основном сельскохозяйственные), в которых почти вся миграция элементов контролируется различными антропогенными процессами. О каком же самоочищении в этом регионе можно говорить, если не изменять сами техногенные процессы?

Анализ карт геохимических ландшафтов, кроме того, позволяет говорить о направленности происходящих изменений и даже об их скорости. Для этого необходимо в зонах развития "аномальных" ландшафтов, а также в зонах аномального исчезновения ранее существовавших ландшафтов через определенные промежутки времени проводить повторное картирование. При этом по изменению границ между ландшафтами и скорости такого изменения можно делать соответствующие выводы.

Следует отметить, что первые (для определенных регионов) карты геохимических ландшафтов являются своеобразным "репером", по сравнению с которым рассматриваются все последующие изменения в окружающей среде. В связи с этим необходимо скорейшее завершение первой стадии ландшафтно-геохимических исследований масштаба 1 : 500 000, хотя бы для наиболее освоенных территорий страны.

Проводя качественную оценку состояния биосферы на ландшафтно-геохимической основе, можно выделять зоны, являющиеся наиболее опасными с точки зрения загрязнения. Они обычно представляют собой границы между ландшафтами, весьма существенно отличающиеся друг от друга на определенном классификационном уровне. Такими же зонами служат и все остальные геохимические барьеры, в том числе и техногенные. Этим зонам при последующих крупномасштабных исследованиях следует уделять особое внимание.

Карты геохимических ландшафтов позволяют давать определенные рекомендации для улучшения состояния окружающей среды. Так, для прекращения процесса засоления пойменных почв необходимы хотя бы периодические их заливания, а следовательно, и промывание в периоды паводков. Это возможно при существующей системе зарегулированного водного стока. Насажение пойменных лесов и создание вместо полей, вплотную примыкающих к рекам и водохранилищам, биогенных ландшафтов несомненно улучшит экологическое состояние водоемов. Используя карты геохимических ландшафтов, невозможно проектировать в поймах рек шламонакопители и отстойники, откуда загрязняющие вещества практически беспрепятственно и постоянно попадают в реки, а в периоды половодий такое поступление часто становится катастрофическим.

Таким образом, все рассмотренное относится к предварительной качественной оценке состояния биосферы. Однако ее часто бывает недостаточно и все чаще появляется необходимость количественной оценки состояния окружающей среды.

Количественная оценка

Современная количественная оценка состояния биосферы должна производиться не только с "мерой и весом". Разнообразие последствий антропогенной деятельности требует не только количественного учета происшедших изменений, но и прогноза новых, ожидаемых, а также комплексного всестороннего подхода. При этом необходимо учитывать сложную картину переплетения различных видов миграции элементов. Как уже указывалось, для биосферы характерно теснейшее переплетение процессов физико-химической и собственно механической миграции косного материала с биогенной миграцией, являющейся результатом геохимической работы живых организмов. Однако в настоящее время биосфера ускоренно переходит в ноосферу, которая, по определению В.И. Вернадского, есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Таким образом, в ноосфере существенную роль начинает играть техногенная социальная миграция элементов, причем она происходит не обособленно, а переплетается с уже рассмотренными процессами миграции

элементов в биосфере. Следовательно, оценить состояние окружающей среды в осваиваемых и уже освоенных районах можно только в результате проведения комплексных исследований.

Для этих исследований необходима определенная последовательность. Начинаться они должны (как и при качественной оценке) с мелкомасштабных (1 : 500 000 — 1 : 200 000) работ, позволяющих давать общую количественную характеристику больших территорий. Важным условием количественной оценки состояния окружающей среды является необходимость рассматривать перемещение элементов на современном атомно-ионном уровне с учетом форм их нахождения, а также сложного, изменчивого взаимоотношения между элементами в различных участках биосферы.

Опыт работ, проводимых для оценки состояния биосферы на планете, показал, что наиболее удобным и отвечающим перечисленным требованиям служит изучение всех процессов, протекающих в окружающей нас среде на ландшафтно-геохимической основе [24].

* Для количественного анализа последствий самой разнообразной деятельности людей очень важна установка своеобразных, но единых для всей биосферы единиц измерения состояния окружающей среды и происходящих в ней изменений. Современное состояние биосферы позволяет считать наиболее целесообразным подход к данной проблеме с позиций геохимии. Решение этой задачи с таким подходом позволило автору выделить четыре вида антропогенных изменений биосферы [2]:

- 1) вариации концентрации химических элементов в пределах отдельных частей биосферы;
- 2) изменения формы нахождения химических элементов в пределах отдельных частей биосферы;
- 3) появление техногенных соединений, практически не имеющих аналогов в природе, или не характерных для данных природных условий;
- 4) механическое перемещение значительных масс без существенного изменения формы нахождения составляющих их элементов.

Все перечисленные характеристики можно оценить не только качественно, но и количественно. Таким образом, есть реальная возможность проводить оценку состояния окружающей среды и антропогенных изменений в ней на количественной основе. При этом следует еще раз отметить, что количественная оценка должна проводиться с учетом формы нахождения химических элементов в природе, что дает возможность характеризовать и такие явления, как исчезновение (уничтожение) лесов, распашка степей и др.

Техногенные вариации концентраций химических элементов и их соединений без изменения формы нахождения обычно наблюдаются в почвах, подземных и поверхностных водах, в атмосфере, в растительных и животных организмах. Причем очень часто изменение концентрации элементов на определенном участке биосферы происходит сразу в нес-

кольких формах, что объясняется тесной связью различных видов миграции в биокосных системах. Так, вблизи автодорог с большой интенсивностью движения в атмосферу из автомобильных двигателей и за счет износа покрышек попадает повышенное количество свинца и цинка (например, на одном из участков их содержание в атмосферной пыли в пяти метрах от дороги соответственно равняется $13 \cdot 10^{-3}$ и $74 \cdot 10^{-3} \%$, что в 3–5 раз выше фона для этого района). В почвах контрастные аномалии данных металлов обычно наблюдаются на расстоянии до 30 м от дороги. Примерно на таком же расстоянии отмечаются и биогеохимические аномалии с содержанием свинца в растениях, превышающим в 5–6 раз обычное [13]. Таким образом, как основное антропогенное изменение у дорог наблюдается образование техногенной геохимической аномалии в форме газовых смесей (газы и коллоидные частицы в атмосфере), приводящее к формированию побочных. Важнейшим из них является образование техногенных аномалий в форме самостоятельных минеральных видов (в почвах) и в биогенном состоянии (повышенные концентрации свинца в придорожных растениях).

Рассматриваемый вид изменений окружающей среды может быть оценен и выражен в массе загрязнения веществ, сконцентрировавшихся на участке загрязнения в определенной форме. Для этого необходимо знать размеры аномалий (их объемы), удельный вес рассматриваемых объектов (почвы, растения и др.), содержание элементов в аномалиях и содержание этих же элементов в таких же объектах исследований, но не подвергшихся загрязнению. Точность рассматриваемой оценки будет зависеть от поставленной задачи и выбранного масштаба исследований.

Как пример можно привести количественную оценку изменений сельскохозяйственных угодий в масштабе 1 : 500 000 вблизи одного из районных центров, расположенного в степной европейской части СССР. На расстоянии 0,5–60 км от города (рис. 8) в почвах выявлены частично перекрывающиеся друг друга аномалии свинца, цинка, титана, меди, ванадия, галлия и хрома. Общая площадь аномалий свинца составляет 103 км^2 , цинка — 200 км^2 , меди — 105 км^2 , галлия — 450 км^2 , ванадия — 75 км^2 , титана — 65 км^2 , хрома — 150 км^2 . На глубину аномальные содержания прослеживаются в среднем на 30 см. Расчеты показывают (табл. 10), что в пределах рассматриваемого аномального участка за счет техногенного загрязнения в почвах накопилось (в основном, в минеральной форме) 840 т меди, 824 т свинца, 2080 т цинка, 1040 т титана, 1200 т хрома.

Преобразование формы нахождения химических элементов наблюдается при отработке месторождений, когда многие рудные элементы (в том числе токсичные тяжелые металлы) переходят из минеральной и изоморфной форм в водные растворы. При этом их суммарное содержание в пределах рассматриваемого участка биосферы остается прежним, однако они становятся более доступными для растительных и животных организмов. Именно такой переход кадмия в водные растворы вызвал массовые заболевания жителей Японии.

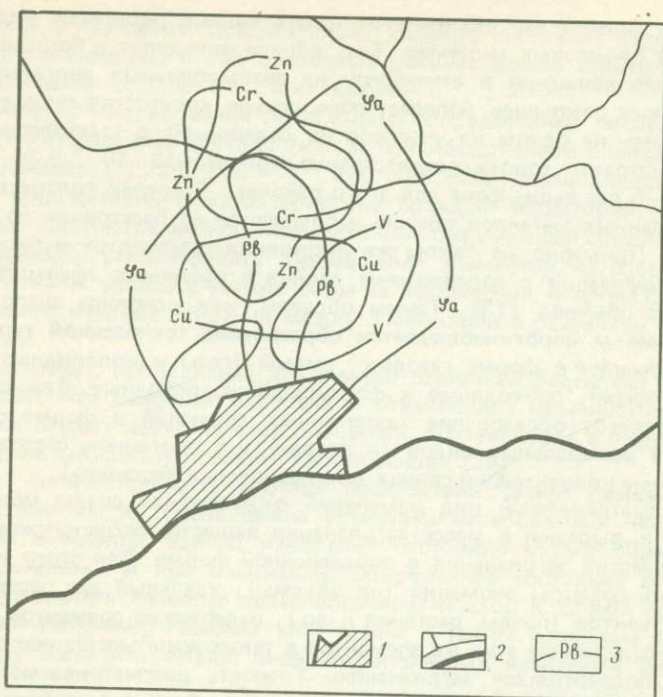


Рис. 8. Схема распространения техногенных литохимических аномалий (вблизи городов):
 1 — город; 2 — реки; 3 — геохимические аномалии

В другом случае, после сброса в речку городских сточных вод, в донных отложениях в 0,5 км ниже зоны сброса образовалась сероводородная обстановка, т.е. возник техногенный сероводородный барьер (рис. 9), на котором накапливались в минеральной форме тяжелые металлы, ранее мигрировавшие в форме водных растворов. В зоне рассматриваемого барьера размером 600 x 40 м выявлены геохимические аномалии Pb, Zn, Cu, Mo, Cd. Повышенные концентрации указанных металлов прослеживаются в донных отложениях на глубину 20 см. Расчеты показывают (табл. 11), что на данном барьере из вод с невысоким содержанием растворенных металлов отложилось в минеральной форме 0,19 т — Pb, 0,17 т — Zn, 0,12 т — Cu, 0,05 т — Mo, 0,002 т — Cd. Приведенные данные подтверждают возможность количественной оценки рассматриваемого вида антропогенных изменений.

К наиболее сложным следует относить антропогенные изменения, связанные с переходом элементов из биогенной формы нахождения в другие. Как пример таких изменений можно рассматривать рубку лесов. Вырубив гектар соснового леса, произрастающего на песке, мы убираем на этом участке биосферы около 127 т различных элементов,

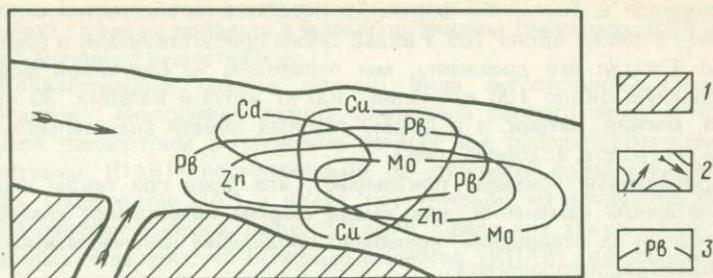


Рис. 9. Схема распространения техногенных геохимических аномалий в донных отложениях:

1 – город; 2 – направление течения реки; 3 – геохимические аномалии

Таблица 10

Содержание химических элементов в почвах (верхние 30 см) в пределах техногенных геохимических аномалий вблизи крупного промышленного центра:

Элементы	Площадь аномалии (км ²)	Повышение концентрации элементов над фоновой в геохимических ландшафтах ($n \cdot 10^{-3}$ %)	Техногенная составляющая элементов (т)
Pb	103	1,0	824
Zn	200	1,3	2080
Ti	65	2,0	1040
Cr	150	1,0	1200
V	75	1,0	600
Ga	450	0,5	2160
Cu	105	1,0	840

Таблица 11

Содержание металлов на техногенном геохимическом барьере в донных отложениях

Элементы	Площадь аномалии (км ²)	Повышение концентрации в пределах аномалии ($n \cdot 10^{-3}$ %)	Техногенная составляющая элементов в пределах барьера (т)
Pb	0,02	1,6	0,19
Zn	0,02	1,4	0,17
Cu	0,02	1,0	0,12
Mo	0,01	0,8	0,05
Cd	0,005	0,6	0,002

находящихся в биогенной форме (в пересчете на абсолютно сухое состояние), а также около 165 т воды, также присутствующей в биогенной форме. Сжигая эту древесину, мы переводим из биогенной формы в минеральную около 100 кг калия, 300 кг азота и кальция, 30 кг алюминия, магния, натрия, а в форму газовых смесей значительное количество углеродов, водорода, азота.

Приведенные примеры показывают, что даже при таком сложном антропогенном изменении, как смена формы нахождения химических элементов и их соединений, возможно проведение количественной оценки происходящих процессов.

Следует также отметить, что преобразование формы нахождения химических элементов, как правило, влечет за собой и побочные изменения в окружающей среде. Так, формирование геохимической аномалии тяжелых металлов на сероводородном барьере в речных донных отложениях приводит к образованию биогеохимической техногенной аномалии: металлы постепенно переходят из донных отложений в произрастающие на этом участке водоросли и тростник.

В водах, поступающих из лесных зон, резко понижено содержание азотных соединений K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ . В связи с этим воды, поступающие с 1 га леса, произрастающего на песчаных равнинах, могут снизить концентрацию этих элементов в 30 м^3 сточных вод.

Таким образом, уничтожая 1 га леса, мы не только "теряем" 300 т элементов, находящихся в биогенной форме, но и способствуем образованию техногенных гидрогеохимических аномалий азотных соединений, K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} .

Третьим видом антропогенных изменений является формирование в биосфере техногенных соединений и элементов, не имеющих аналогов в природе или не характерных для данных природных условий. Их с каждым годом становится все больше. Примером таких изменений является уже упоминавшаяся металлизация ноосферы в целом. Анализ загрязнения биосферы дустом, фреоном и синтетическими пластмассами позволяет относить такое загрязнение к глобальным антропогенным изменениям в биосфере. Причем, если производство и применение дуста запрещено в большинстве стран, то производство пластмасс в ближайшем будущем будет неуклонно возрастать. В связи с этим проблемы их утилизации и вторичной переработки становятся все более актуальными.

Оценка глобальных изменений, связанных с появлением в биосфере техногенных соединений, для всей Земли в целом проводится довольно точно, так как для большинства стран известно общее количество синтезируемых соединений. Однако их распределение в биосфере происходит неравномерно. Поэтому для отдельных участков необходимо выделять зоны накопления соединений, не имеющих природных аналогов. Необходимо отметить, что такие соединения могут находиться среди газовых смесей (например, фреоны в атмосфере и др.), водных растворов (например, поверхностно-активные вещества в реках, озерах, морях и др.), минералов (например, пластмассы, поверхностно-активные вещества

в почвах), а также попадать в живые организмы (например, ДДТ, поверхностно-активные вещества и др.).

Количественная оценка данного вида антропогенных изменений проводится аналогично оценке изменений первого вида. В качестве примера рассмотрим загрязнение речных вод поверхностно-активными веществами (ПАВ), поступающими со сточными водами химического завода. Содержание ПАВ в водах, поступающих из продуктов биологической очистки в речку, равно 3,0 мг/л. Среди них также присутствуют катионные поверхностно-активные вещества (КПАВ), являющиеся сильными бактерицидами, отрицательно влияющими на микрофлору (в том числе и микрофлору очистных сооружений), поэтому важно знать их количество отдельно. Содержание КПАВ в сточных водах до очистки, равное 3,07 мг/л, после смешивания со сточными городскими водами и очистки уменьшается до 0,386 мг/л, а после очистки в биопрудах перед спуском вод в речку — до 0,305 мг/л. Содержание КПАВ в речной воде региона, которое с определенной условностью можно принять за местный фон промышленного района, равно 0,157 мг/л. Таким образом, с каждым литром сточной воды в речку попадает 3,0 мг ПАВ, в числе которых присутствует 0,305 КПАВ. Зная суточный сток воды в литрах из прудов биологической очистки в речку, можно определить и суточное поступление поверхностно-активных веществ в эту речку.

Поступление в биосферу техногенных веществ, не имеющих природных аналогов, вызывает побочные изменения в окружающей среде. Так, как уже указывалось, поступление КПАВ приводит к гибели микроорганизмов и к переходу составляющих их элементов из биогенной формы в минеральную и в растворы. Выбросы в биосферу фреона (его источниками являются аэрозоли, применяемые в домашнем хозяйстве, парфюмерии, при окраске и т.д.) и его поднятие до стратосферы вызывает образование отрицательной аномалии озона. Молекулы фреона залагаются на уровне стратосферы под воздействием ультрафиолетового излучения. При этом образуется хлор, взаимодействующий с озоном из озоновой оболочки Земли. Существенное сокращение этой оболочки может значительно уменьшить ее экранирующую роль и тогда поверхность Земли подвергнется интенсивному ультрафиолетовому облучению, губительному для живых организмов.

Четвертым видом изменений, происходящих в биосфере под воздействием антропогенной деятельности, является механическое перемещение значительных масс элементов без существенного преобразования формы их нахождения. Наиболее распространены перемещения масс породы при отработке месторождений.

При отработке месторождений открытым способом выбираемая из карьера пустая порода относительно равномерно распределяется в зоне отвалов. Разработка руд цветных металлов со все более низким их содержанием приводит к увеличению массы перемещаемых пород. Так, компания "Анаконда", обрабатывая руду с содержанием меди 0,5 %, переместила только на одном руднике Твин-Батто 236 млн т горных пород.

Последствия такого перемещения будут сказываться в биосфере многие тысячи лет. Достаточно напомнить, что следы древних карьеров (так называемые "чуждые выработки"), которые разрабатывались около 2000 лет назад с помощью каменных молотков, видны до сих пор.

При отработке месторождений шахтным способом значительная часть перемещаемых "пустых пород" продолжает складироваться на поверхности в виде своеобразных холмов с крутыми склонами — терриконов. Очень много их на участках подземной добычи угля (например, Донецкий и Карагандинский угольные бассейны). В районах действия рудных обогатительных фабрик складировается материал, представляющий собой отходы переработки руд. Зоны складирования обычно напоминают терриконы у угольных шахт и отличаются от них резко повышенными концентрациями ряда металлов. Их содержания бывают настолько велики, что часто шламоотстойники и отвалы через несколько десятков лет после складирования обрабатываются как руды. Количественная оценка рассматриваемого вида антропогенных изменений может быть выражена в кубометрах или в тоннах перемещаемых масс пород.

К четвертому виду антропогенных изменений следует относить и перемещение значительных масс почв при пыльных бурях. Основная причина возникновения пыльных бурь — чрезмерная сельскохозяйственная эксплуатация земель при отсутствии необходимых, научно обоснованных мер по охране почв. Например, в засушливом штате Индии Раджастан одной из основных причин эрозии почв является чрезмерный выпас скота; пыльные бури в США в 30-х гг. были вызваны чрезмерной вспашкой; ветровая эрозия почв в некоторых странах Азии была вызвана вырубкой лесов и отсутствием определенных способов обработки почв, соответствующих ландшафтным условиям местности. Подсчитано, что одна пыльная буря способна перенести около 25 км^3 почвы, что более чем в два раза превышает количество твердых веществ, сносимых всеми реками в Мировой океан.

В результате пыльных бурь 1968—1969 гг. в Приазовье из пахотных земель только в Азовское море поступило больше веществ, чем за эти же годы их было привнесено Доном, Кубанью и было получено за счет размыва берегов. В результате в море было вынесено 36 000 т марганца, 15 000 т никеля, 950 т меди, 750 т свинца и 410 т кобальта [9].

Антропогенное перемещение значительной массы элементов также сопровождается побочными изменениями окружающей среды. Например, тепло, выделяющееся при окислении сульфидов в терриконах, приводит к самовозгоранию углеродистых пород, а в результате чего в атмосферу попадают в больших количествах оксиды серы и угарный газ. Кроме того, из отстойников и даже из отвалов "пустых пород" в почвы и поверхностные воды вносится большое количество элементов, содержание которых в складированных горных породах выше, чем в почвах и водах. Так, от терриконов и отвалов вскрытых пород месторождений угля образуются аномалии тяжелых металлов в почвах на расстоянии до 300 км. В долинах рек ниже фабрик, обогащающих руды цвет-

ных металлов, выявляются техногенные потоки молибдена, вольфрама, золота и других металлов протяженностью более 200 км.

Экономическая оценка

Достоверная экономическая оценка изменений, происходящих в окружающей среде, возможна после проведения их объективной качественной и количественной оценки, а следовательно, после проведения ландшафтно-геохимических исследований. Первые попытки экономической оценки состояния окружающей среды относятся к оценке создания (или уничтожения) лесных ландшафтов Р.Н. Гордиенко, И.В. Турквичем, Г. Паулюкявичюсом. "Полезность" определенных геохимических ландшафтов можно измерить приростом конкретного дохода (или предотвращением потерь) в различных отраслях народного хозяйства.

Как пример рассмотрим особенности экономической оценки лесных ландшафтов. Эта проблема является важной и для районов Прибалтики, и для Ростовской области, и для Краснодарского края, и для многих других районов страны.

Во-первых, лесные ландшафты способствуют повышению водного стока на 130–300 м³ на каждые 100 м² занимаемой ими территории. В случае использования вод для орошения (зная площадь, занимаемую лесами, и стоимость 1 м³ воды, применяемой в регионе для орошения) легко подсчитать чистый доход, образующийся за счет развития лесных ландшафтов. В данном случае можно рассчитать доход и другим способом, учитывая непосредственную стоимость урожая, выращенного на орошаемых землях. Для этого необходимо знать увеличение урожайности на каждый кубометр воды, используемой для полива, а также стоимость полученной прибавки урожая. По данным различных исследователей, эта часть ежегодного дохода от 1 га леса может превышать 40 руб.

Повышение водного стока за счет лесов, окружающих водохранилища, приводит к их большему наполнению. В этом случае косвенный доход от лесных ландшафтов определяется стоимостью вырабатываемой электроэнергии и стоимостью расхода воды на проводку судов через шлюзы.

Во-вторых, поступающие из лесных ландшафтов воды отличаются слабой степенью минерализации и способны разбавлять сточные воды (как промышленные стоки, так и стоки с пашен). По данным Б. Рукшенаса, воды с 1 га леса способны разбавить до 29 м³ промышленных стоков и до 870 м³ вод с пашен. Стоимость промышленной (биологической) очистки такого количества воды и будет представлять рассматриваемую часть дохода от лесных ландшафтов. По данным различных авторов, она колеблется от 15 до 21 руб.

В-третьих, лесные ландшафты препятствуют эрозии почв. Денежное выражение такой роли лесов можно установить, учитывая вред эрозии почв при отсутствии лесных ландшафтов. Такой анализ можно провести путем сравнения урожайности в ландшафтах, отличающихся только по

степени эрозии почв (такие сравнения возможны после проведения региональных ландшафтно-геохимических исследований).

В-четвертых, лесные ландшафты оказывают большое противодефляционное воздействие, экономическое выражение которого можно установить аналогично ранее рассмотренному противозерозионному воздействию.

В-пятых, леса и лесонасаждения способствуют накоплению снега, что может быть приравнено к затратам, осуществляемым по снегозадержанию на полях.

В-шестых, лесные ландшафты препятствуют сносу удобрений с полей в реки и водохранилища. В денежном выражении их роль будет складываться из затрат, идущих на очистку водоемов от водорослей; прямого убытка от гибели рыбы и раков в местах скопления водорослей; уменьшения урожайности на полях, связанного с выносом водами удобрений.

В отдельных районах необходимо учитывать оздоровительную роль лесов, их способность задерживать крупные наносы и препятствовать селеобразованию, способность поглощать воды поверхностного стока и др.

Аналогичным образом можно давать экономическую оценку не только появлению (исчезновению) определенных геохимических ландшафтов, но и каждому из ранее перечислявшихся изменений в окружающей среде. При этом должны учитываться стоимость производимых сельхозпродуктов; продуктивность животноводческих ферм; затраты на оплату бюллетеней, лечение и восстановление трудоспособности населения и др. Работы в этом направлении у нас в стране пока только начинаются и необходимо, чтобы достоверность экономической оценки изменений окружающей среды была высокой. Этому могут и должны способствовать опережающие ландшафтно-геохимические исследования, позволяющие количественно установить размеры и степень антропогенных изменений, которые в дальнейшем должны быть оценены в денежном выражении.

МЕТОДИКА ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Исследования на суше

§ 1. Ландшафтно-геохимические исследования, проводимые для решения задач, связанных с охраной окружающей среды, можно разделить на четыре основные стадии: 1) региональные работы масштаба 1 : 500 000 — 1 : 200 000; 2) среднемасштабные работы (1 : 100 000 —

1 : 50 000); 3) крупномасштабные работы (1 : 25 000 — 1 : 10 000); 4) режимные наблюдения.

§ 2. При ландшафтно-геохимических исследованиях целесообразен постепенный переход от одной стадии к другой, начиная с региональных работ. В определенных случаях возможны исключения, позволяющие без особого ущерба не проводить работы предшествующей мелкомасштабной стадии (см. §§ 14, 17, 25).

§ 3. Работы, связанные с выполнением заданий каждой стадии, разделяются на этапы, отвечающие последовательности проведения полевых и камеральных работ.

Стадии региональных, средне- и крупномасштабных работ проводятся по следующим основным этапам: 1) проектирование; 2) составление схематических ландшафтно-геохимических карт камеральным путем по уже имеющимся данным; 3) полевые ландшафтно-геохимические исследования и составление кондиционных ландшафтно-геохимических карт; 4) геохимическое опробование и проведение анализов; 5) обработка результатов анализов и выявление отдельных аномалий и аномальных участков; 6) написание и защита отчета.

В работах стадии режимных наблюдений выделяются только пять этапов. В них отсутствует второй этап (составление схематических ландшафтно-геохимических карт камеральным путем), так как к началу их проведения обязательно должны быть составлены кондиционные крупномасштабные карты.

§ 4. Обязательной задачей ландшафтно-геохимических исследований всех стадий является оценка состояния окружающей среды (на время проведения работ) в пределах изучаемых территорий. Такая оценка может быть как качественной, так и количественной.

§ 5. Для качественной оценки состояния окружающей среды составляются кондиционные ландшафтно-геохимические карты, дающие комплексную оценку состояния изучаемой территории на данный период. В тех случаях, когда проектом предусматривается только качественная оценка на всех стадиях ландшафтно-геохимических работ, исследования, соответствующие таким этапам, как "геохимическое опробование и проведение анализов" и "обработка результатов анализов и выявление отдельных аномалий и аномальных участков", осуществляются только для выделения отдельных геохимических ландшафтов на третьем классификационном уровне.

§ 6. При качественной оценке состояния окружающей среды к аномальным участкам относятся площади, занятые ландшафтами, необычными для данных природных условий. Как правило, они возникают под воздействием различных побочных факторов, сопровождающих техногенные процессы. Примерами таких аномалий могут быть солончаки, образующиеся при орошении земель, или же болота на склонах гор, возникающие после сплошной вырубке леса на отдельных участках.

§ 7. Для количественной оценки состояния окружающей среды на подстадии "геохимическое опробование" систематическому опробованию по сетке, соответствующей запроектированному масштабу работ,

в обязательном порядке подвергаются почвы и наиболее распространенные растения.

В зависимости от планируемой степени точности количественной оценки опробованию подвергаются различное число видов растений; произрастающих в данных ландшафтно-геохимических условиях. При оценке состояния сельскохозяйственных ландшафтов в каждом выделенном геохимическом ландшафте желательно опробовать все культивируемые растения с учетом существующих схем севооборотов. Это может привести к увеличению сроков проведения исследований, так как этап опробования в этом случае может быть продлен на несколько лет, что следует учитывать при составлении проектов.

С увеличением степени планируемой точности количественной оценки следует не только увеличивать число опробуемых растений, но и подвергать систематическому опробованию поверхностные и подземные воды. При этом необходимо проектировать проведение таких анализов проб (особенно почвенных), которые позволяли бы делать выводы о формах нахождения определяемых элементов в опробуемых объектах.

§ 8. Особое значение при количественной оценке состояния окружающей среды имеет изучение фоновой радиоактивности геохимических ландшафтов и их составных частей, особенно сельскохозяйственных продуктов. Для этого в проектах следует предусматривать специальные радиометрические исследования.

§ 9. Основной целью исследований стадии "Региональные работы масштаба 1 : 500 000—1 : 200 000" является общая комплексная региональная оценка состояния окружающей среды территории, отвечающей по административному делению СССР краю или области.

§ 10. При качественной оценке состояния окружающей среды проведение региональных исследований должно дать объективную и разностороннюю характеристику региона. Она позволит оценить, на основе составленной карты геохимических ландшафтов, общее развитие техногенных процессов и их основное влияние на изучаемую часть биосферы.

§ 11. При количественной оценке состояния окружающей среды на стадии региональных работ должны определяться (в соответствии с проектом) фоновые содержания всех рассматриваемых элементов (их соединений) в каждом выделенном геохимическом ландшафте. Кроме того, на отдельных картах должны быть выделены, с учетом ландшафтно-геохимических условий, основные региональные аномалии отдельных элементов и их соединений, а также аномальные участки. Устанавливаются вероятная природа выявленных аномалий и основные источники загрязняющих веществ, образующих эти аномалии.

Производится подсчет содержания загрязняющих веществ, находящихся в определенных формах, в пределах отдельных крупных аномалий и аномальных участков. Подсчет удобно проводить в т/км².

На этой стадии должны выделяться и отрицательные аномалии, т.е. участки с резко пониженным содержанием определяемых элемен-

тов (их соединений). В пределах отрицательных аномалий целесообразен подсчет количества ($t/км^2$) выщелоченных, по сравнению с фоном для данного ландшафта, соединений.

§ 12. Исследования стадии "Региональные работы масштаба 1 : 500 000—1 : 200 000" должны быть первыми ландшафтно-геохимическими исследованиями при оценке состояния окружающей среды.

§ 13. Основной целью ландшафтно-геохимических исследований стадии "Среднемасштабных работ" является оценка состояния окружающей среды (качественная или количественная) отдельных территорий, расположенных вблизи крупных городов или территориально-промышленных комплексов.

Исследования, отвечающие этой стадии, должны проводиться и на аномальных участках, выявленных на стадии региональных работ. В этом случае площадь проектируемых исследований должна обязательно выходить за пределы всех установленных на участке аномалий.

§ 14. Среднемасштабные ландшафтно-геохимические исследования целесообразно проводить только после окончания региональных работ предшествующей стадии. В виде исключений, на этой стадии могут начинаться ландшафтно-геохимические работы по оценке состояния окружающей среды в новых ранее неосвоенных районах, на площадях, расположенных в районе проектируемых крупных промышленных центров.

§ 15. Основной задачей ландшафтно-геохимических исследований, относимых к стадии "Крупномасштабных (1 : 25 000—1 : 10 000) работ", должна быть детальная оценка состояния (степени загрязнения) окружающей среды в пределах ранее выявленных аномальных участков и отдельных аномалий.

§ 16. Крупномасштабные исследования, относимые к 3-й стадии, могут проводиться и за пределами аномалий для выбора и оценки состояния "фоновых площадей", что необходимо для создания своеобразных биосферных эталонов и для последующего проведения режимных наблюдений 4-й стадии. Задачей крупномасштабных исследований в этом случае является комплексная оценка состояния окружающей среды на участках без следов техногенного воздействия на окружающую среду, которые выбираются по результатам исследований предыдущих стадий.

§ 17. Крупномасштабные исследования должны проводиться после окончания ландшафтно-геохимических работ, относимых к стадии среднемасштабных. В виде исключения они могут осуществляться на аномалиях, выявленных при региональных исследованиях 1-й стадии.

§ 18. При выборе площадей для проведения ландшафтно-геохимических исследований 3-й стадии предпочтение отдается следующим участкам:

- 1) расположенным на территории санаторно-курортных зон и на участках, из ландшафтов которых возможен поверхностный или подземный сток загрязняющих элементов (их соединений) в эти зоны;
- 2) расположенным в пределах зон питьевого и хозяйственного водозабора, а также в пределах участков, из которых возможно непосредственное поступление загрязняющих веществ в зону водозабора;

- 3) находящимся в зонах массового отдыха и рекреации;
4) в пределах которых находятся детские и лечебно-оздоровительные учреждения;

5) являющимися сельскохозяйственными угодиями, с которых собираются пищевые продукты (в первую очередь овощи и фрукты).

§ 19. Размеры участков, выбираемых для крупномасштабных ландшафтно-геохимических исследований 3-й стадии, должны быть такими, чтобы в их контурах полностью помещались все ранее выявленные аномалии (ландшафтно-геохимические или собственно геохимические) отдельных аномальных участков.

§ 20. По результатам работ 3-й стадии должны быть установлены источники загрязнения, вызвавшие возникновение изучаемых аномалий, разработаны рекомендации для предотвращения дальнейшего загрязнения участка и ликвидации последствий происшедшего загрязнения.

§ 21. Режимные наблюдения 4-й стадии могут проводиться как в пределах ранее выявленных аномалий (аномальных участков), так и на эталонных участках без видимых техногенных изменений и с фоновыми содержаниями элементов (их соединений) в различных составных частях геохимических ландшафтов.

§ 22. Задачей исследований 4-й стадии ("Режимные наблюдения") на ранее выявленных аномалиях и аномальных участках является определение закономерностей изменения аномалий (их контрастности) в пространстве в зависимости от времени года (дня), интенсивности работы загрязняющих предприятий, проведения мероприятий по охране окружающей среды, количества выпадающих осадков и их характера и др.

§ 23. Основной целью исследований, проводимых на 4-й стадии в пределах фоновых площадей, является установление изменений собственного геохимических и ландшафтно-геохимических, происходивших на выбранном эталонном участке в зависимости от времени года (месяца, дня); интенсивности и характера выпадающих атмосферных осадков, промышленного и гражданского строительства, ввода в действие определенных предприятий или их новых цехов и др.

§ 24. Проведение исследований на 4-й стадии целесообразно только после завершения ландшафтно-геохимических исследований предыдущих стадий.

Исследования 1-й и 2-й стадий позволяют установить, попадает ли данная территория в крупные (но, возможно, удаленные от загрязнителя) аномалии или же ее можно относить к фоновым участкам, не подверженным техногенному загрязнению. Выяснить это без проведения указанных работ невозможно. Режимные наблюдения, осуществляемые на невыявленной аномалии, не только будут дезинформировать исследователей, но и принесут большой вред для всех работ, связанных с охраной окружающей среды в регионе.

Крупномасштабные ландшафтно-геохимические исследования 3-й стадии позволяют определить четкие границы между отдельными ландшафтами и выделить на исследуемой территории небольшие элементарные ландшафты. Наблюдения за их изменениями, проводимые в стадию ре-

жимных исследований, должны стать основой наиболее оперативной качественной оценки изменений в окружающей среде изучаемого участка.

§ 25. Особой разновидностью режимных наблюдений являются выборочные повторные работы, осуществляемые через определенный срок (год, три года, пять лет) на территориях, ранее подвергнутых ландшафтно-геохимическому изучению. Эти наблюдения могут проводиться в масштабах, соответствующих трем первым стадиям.

Основное условие правильности их выполнения — проведение повторных работ не только на ранее выявленных аномалиях (аномальных участках), но и на фоновых территориях. Выбор участков для повторных исследований и периодичность их проведения определяются конкретными ландшафтно-геохимическими и социальными условиями изучаемого района.

При количественной оценке состояния окружающей среды по результатам повторных исследований должны быть представлены конкретные данные об увеличении (уменьшении) содержания определяемых элементов (их соединений) в почвах, водах, определенных растениях. Целесообразно выражать их в $t/км^2$.

Исследования в пределах аквальных ландшафтов

§ 26. Рассматриваемые исследования включают в себя работы на реках, озерах, водохранилищах. Предлагаемая методика может быть основой и для аналогичных исследований, проводимых в пределах морей.

§ 27. Ландшафтно-геохимические исследования водных ландшафтов подразделяются, так же как и исследования на суше, на четыре основные стадии: 1) региональные работы (1 : 500 000 — 1 : 200 000); 2) среднemasштабные работы (1 : 100 000 — 1 : 50 000); 3) крупномасштабные работы (1 : 25 000 — 1 : 10 000); 4) режимные наблюдения. При исследованиях следует постепенно переходить от одной стадии к другой, начиная со стадии региональных работ.

§ 28. Выполнение первых трех стадий можно разделить на шесть основных этапов, а четвертой — на пять, аналогичных этапам исследований на суше (см. § 3).

§ 29. Для наиболее эффективного ведения работ необходим постепенный переход от стадии региональных исследований к последующим. При этом в большинстве случаев целесообразно работы первых трех стадий проводить в летний период. Однако иногда их можно приурочивать к весенним или осенним паводкам. Это должно быть связано со специально поставленными задачами (например, с проверкой предположений об увеличении загрязнения водных ландшафтов в этот период) и специально оговорено в проекте. Зимние исследования (особенно со льда) целесообразно осуществлять в тех случаях, когда нет технической возможности отбора проб в другие периоды.

§ 30. Стадия режимных наблюдений предполагает проведение исследований круглый год. При этом пробы, отобранные в разные сезоны, объединять в одну выборку для совместной обработки нельзя.

§ 31. Оценивать состояния рек, различных водоемов и морей на ландшафтно-геохимической основе можно качественно и количественно.

§ 32. Комплексную объективную оценку (но только качественную) дают геохимические карты аквальных ландшафтов. При их составлении отбор проб воды и донных отложений необходим для разделения ландшафтов на третьем и шестом классификационном уровнях.

При качественной оценке состояния окружающей среды за аномалии должны приниматься аквальные ландшафты, необычные для конкретных природных условий. Например, ландшафты с восстановительной глеевой обстановкой в илах и в придонном слое воды, часто образующиеся на приплотинных участках в неглубоких водохранилищах. В реках к подобным аномалиям должны быть отнесены ландшафты с сероводородной обстановкой в донных отложениях, возникающие у населенных пунктов с плохой очисткой сбрасываемых в речку вод.

§ 33. Для количественной оценки производится отбор проб по сети, соответствующей стадии проводимых ландшафтно-геохимических исследований. Пробы необходимо отбирать из поверхностного и придонного слоев воды, а также из верхнего горизонта донных отложений. При большой глубине водоема возможен отбор проб из центральных частей водной толщи. Кроме того, необходимо опробование основных водных (прибрежных) растительных и животных организмов. С увеличением детальности работ обычно необходимо увеличивать и число видов опробуемых организмов. Отбор в специальные биогеохимические пробы рыб, мигрирующих на большие расстояния, целесообразен при проведении региональных исследований.

§ 34. Основными задачами, стоящими перед региональными работами первой стадии, являются: 1) общая комплексная оценка состояния водной среды на довольно большой территории; 2) установление способности рассматриваемой водной системы к самоочистке. Исследованиям на этой стадии подвергаются отдельные моря (их части), крупные озера и водохранилища, реки определенных краев и областей.

§ 35. При количественной оценке состояния водной среды на первой стадии исследований в каждом выделенном геохимическом ландшафте должны фиксироваться фоновые содержания определяемых химических элементов (соединений) в водах на различных глубинах, в донных отложениях, основных растительных и животных организмах.

Кроме того, на этой стадии необходимо выделять региональные аномалии и аномальные участки с подсчетом в их пределах содержания загрязняющих веществ, а также гидрогеохимические, литохимические и биогеохимические аномалии.

Комплексную качественную оценку состояния водной среды дают карты аквальных геохимических ландшафтов.

§ 36. При среднemasштабных работах оценивается состояние водной среды на сравнительно небольших площадях, расположенных вблизи крупных городов, промышленных комплексов, АЭС, точек поступления в водные системы промышленных и бытовых вод, в зонах располо-

жения курортов и мест отдыха, а также на аномальных участках, выявленных при работах предыдущей стадии.

§ 37. В виде исключения работы второй стадии могут осуществляться без проведения региональных исследований на водохранилищах, реках и в прибрежных частях озер и морей, на участках, примыкающих к зонам проектируемых крупных промышленных предприятий и АЭС. Цель таких работ — получение "своеобразных реперов", характеризующих состояние водных ландшафтов до ввода в действие предприятий.

§ 38. Основная задача крупномасштабных исследований третьей стадии — детальная оценка состояния (степени загрязнения) аквальных ландшафтов. Эти работы могут проектироваться на аномальных участках, отдельных крупных аномалиях и на так называемых фоновых площадях. Их проведение эффективно только после получения результатов среднemasштабных работ. В виде исключения крупномасштабные исследования можно осуществлять на аномалиях, выявленных сразу после завершения работ на первой стадии.

§ 39. По результатам работ 3-й стадии должны быть установлены источники и причины загрязнения вод и донных отложений, также выявлены основные геохимические барьеры, на которых происходит концентрация загрязняющих веществ. При этом особое внимание необходимо уделять участкам, на которых происходит наложение нескольких различных геохимических барьеров. Только после решения этих задач должны разрабатываться рекомендации по предотвращению дальнейшего загрязнения и возможной ликвидации выявленного.

§ 40. Режимные наблюдения 4-й стадии следует проводить на участках, изученных при крупномасштабных работах. К ним могут относиться как аномальные, так и фоновые.

По данным рассматриваемых исследований определяются закономерности изменения морфологии и контрастности аномалий в водах и в донных отложениях в зависимости от погодных условий, времени года (дня), интенсивности работы загрязняющих предприятий, проведения мероприятий по охране окружающей среды.

§ 41. Особенной разновидностью режимных наблюдений (так как и при работах на суше) являются выборочные повторные исследования, проводимые через определенный срок на территориях, ранее подвергнутых ландшафтно-геохимическому изучению. Эти наблюдения должны осуществляться в том же масштабе, что и ранее проводимые, и желательны на тех же точках наблюдения и опробования. При режимных наблюдениях, осуществляемых через несколько лет, необходимо, чтобы они велись в то же время года, что и первоначальные.

При количественных исследованиях после каждых последующих наблюдений должны быть проведены расчеты, показывающие уменьшение (увеличение) содержания определяемых элементов (соединений) на изучаемых участках в целом или в пределах отдельных аномалий (в $t/км^2$, а для воды в $t/м^3$).

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СУШЕ И В ПРЕДЕЛАХ АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ

§ 42. Ландшафтно-геохимические исследования можно проектировать как в комплексе с другими видами работ, так и самостоятельно.

§ 43. Полевые работы по составлению ландшафтно-геохимических карт проводятся самостоятельным отрядом под руководством начальника отряда.

§ 44. В составе отряда кроме геохимиков-ландшафтоведов должны быть геологи-геохимики, ботаники, геоморфологи, почвоведы (специалисты этого профиля или сотрудники, прошедшие специальную подготовку), рабочие (лаборанты).

§ 45. Основным документом на производство ландшафтно-геохимических работ является проект, составляемый в соответствии с целевым заданием и требованиями документов и инструктивных писем, регламентирующих проведение работ по охране окружающей среды различными министерствами и ведомствами.

§ 46. Проект должен быть составлен с учетом его использования в качестве руководства при проведении работ. Он должен включать в себя расчет сметных стоимостей проектируемых исследований. Для этого в нем достаточно полно должны быть освещены следующие основные вопросы:

- 1) целевое задание и задачи проектируемых исследований;
- 2) обоснование масштаба ландшафтно-геохимического картирования;
- 3) обоснование методики отбора проб, их обработки и анализа с указанием чувствительности и точности определения химических элементов и их соединений;
- 4) научно-экономическое обоснование объемов полевых, аналитических и камеральных работ, способов и объемов транспортировки людей и грузов, календарного плана работ, мероприятий по технике безопасности ведения всех проектируемых исследований;
- 5) потребность в оборудовании, материалах и специальных реактивах.

§ 47. В проекте должны учитываться местные (индивидуальные) ландшафтно-геохимические особенности района, установленные предыдущими исследователями и данными опытно-методических работ, которые при необходимости предусматриваются в проекте как предваряющие основной объем исследований. Общее количество проектируемых опытно-методических работ зависит от ландшафтно-геохимических условий района работ, количества и характера потенциальных загрязнителей окружающей среды, их удаленности от места проведения работ. Как правило, опытно-методические исследования должны составлять не более 10 % общего объема работ.

Затраты на опытно-геохимические исследования (полевые и камеральные) необходимо определять прямым сметным расчетом.

§ 48. Ландшафтно-геохимические исследования, связанные с коли-

712

чественной оценкой состояния окружающей среды, должны проектироваться таким образом, чтобы проверка всех выявленных аномалий была полностью завершена и все геохимические данные, полученные при этой проверке, были обработаны к началу написания отчета.

§ 49. Топографо-геодезические работы, проектируемые при крупномасштабном ландшафтно-геохимическом картировании и режимных наблюдениях, должны включать в себя вынос на местности для многолетнего использования точек привязки мест отбора геохимических проб (профилей геохимического опробования).

При крупномасштабных и режимных наблюдениях на аквальных ландшафтах необходимо предусмотреть вынос опорных реперов на берегу.

§ 50. Для оценки и установления генезиса выявленных геохимических аномалий часто бывает недостаточно общих сведений, получаемых при ландшафтно-геохимическом картировании в проектируемом масштабе. В связи с этим в проекте следует предусмотреть специальные геологические, минералого-петрографические, геохимические, геоморфологические, почвенные, гидрохимические, геоботанические и микробиологические исследования, а также горные (буровые) работы, необходимые для всесторонней ландшафтно-геохимической оценки отдельных аномалий и аномальных участков.

Объем специальных исследований должен определяться общей ландшафтно-геохимической сложностью района работ, наличием и частотой встречаемости небольших элементарных ландшафтов, не выделяемых при проектируемом масштабе ландшафтно-геохимического картирования, количеством и характером потенциальных загрязнителей, а также их удаленностью от изучаемого района.

§ 51. Предусмотренные проектом анализы проб (особенно экспрессный — спектральный) и предварительную обработку полученных данных необходимо проводить в процессе ландшафтно-геохимических исследований с целью обеспечения оперативной корректировки направления работ, обнаружения аномалий в начальные стадии и своевременного осуществления специальных исследований, запроектированных для оценки этих аномалий.

При режимных ландшафтно-геохимических исследованиях в пределах ранее выявленных аномальных участков анализ проб по мере их отбора должен быть одним из основных требований к проектируемым работам.

3. СОСТАВЛЕНИЕ СХМАТИЧЕСКИХ КАРТ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ КАМЕРАЛЬНЫМ ПУТЕМ

§ 52. Составление схематических карт геохимических ландшафтов камеральным путем является необходимым предполевым этапом ландшафтно-геохимических исследований как с качественной, так и с количественной оценкой состояния окружающей среды. Такие карты должны составляться при работе на суше и в пределах водных ландшафтов.

§ 53. Для составления схематических ландшафтно-геохимических карт суши камеральным путем собираются все имеющиеся опубликованные данные и изданные карты масштаба, соответствующего проводимым работам, используя которые можно получить информацию о следующих особенностях района работ.

1. О распределении различных сельскохозяйственных угодий, площадей мелиорируемых земель (отдельно орошаемых и осушаемых), о расположении населенных пунктов, автомобильных и железных дорог, лесополос, карьеров, отвалов горных выработок, отдельных крупных заводов и фабрик, курортных зон и зон массового отдыха;

2. О расположении участков, занимаемых лесами, полями, лугами, болотами, пустынями, солончаками, т.е. о площадях, занимаемых различными растительными сообществами, с учетом которых ведется разделение ландшафтов на втором классификационном уровне.

3. О распределении почв различного состава и генезиса, содержании в водных вытяжках из них типоморфных элементов, ионов и соединений, развитии на отдельных участках бескислородных (глеевых) обстановок.

4. О наличии и распространении участков: подверженных интенсивной ветровой эрозии, с современным отложением золотого материала; с развитием почв на золотых отложениях.

5. О геоморфологических особенностях района.

6. О геологическом строении изучаемой территории.

§ 54. При сборе данных, рассматриваемых в § 53, особое внимание необходимо уделять космическим снимкам, так как дальнейшее совершенствование космической съемки может привести к тому, что кос-

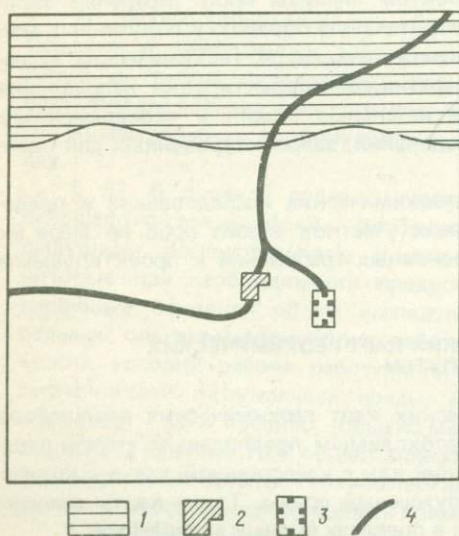
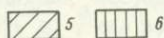
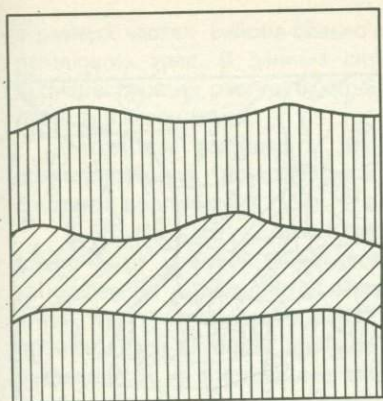
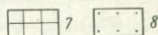
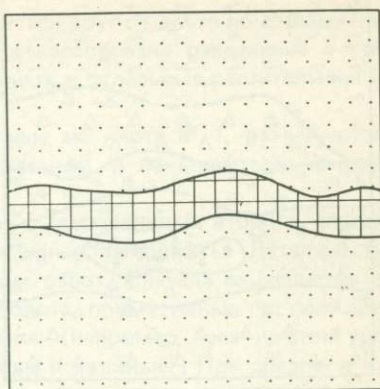


Рис. 10. Последовательность составления камеральным путем карт геохимических ландшафтов суши
Карта 1. Техногенные ландшафты второго классификационного уровня:

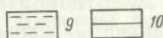
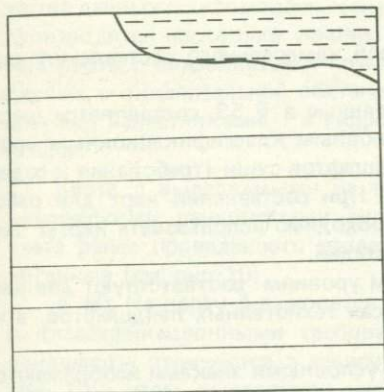
1 — пашни; 2 — населенные пункты; 3 — карьеры; 4 — автомобильные дороги



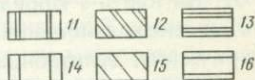
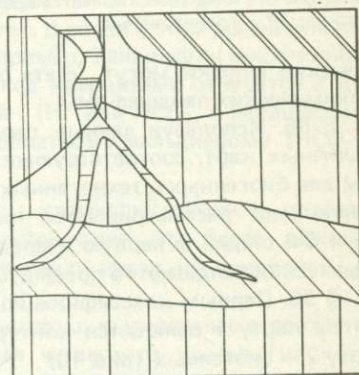
Карта 2. Природные ландшафты второго классификационного уровня:
5 — хвойные леса; 6 — лиственные леса



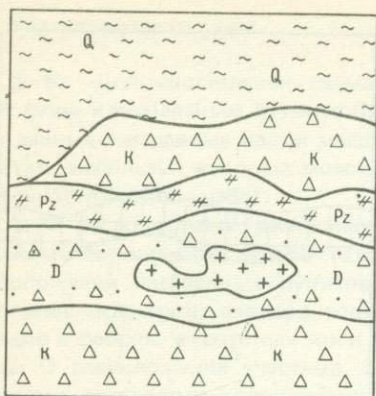
Карта 3. Ландшафты третьего классификационного уровня:
7 — 8 — ландшафты водной миграции элементов в почвах: 7 — H^+ , Ca^{2+} -класса, 8 — Ca , HCO_3^- -класса



Карта 4. Ландшафты четвертого классификационного уровня:
9 — с воздушной эрозией почв; 10 — без существенного влияния воздушной миграции элементов



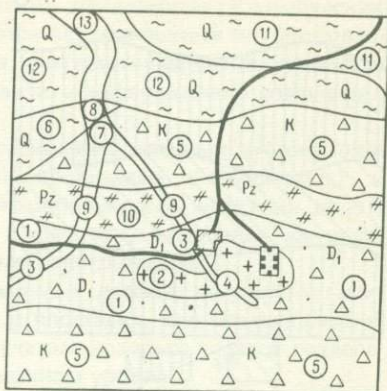
Карта 5. Ландшафты пятого классификационного уровня:
11—13 — равнинной области (11 — трансаккумулятивные, 12 — трансэлювиальные, 13 — транссупераккумулятивные); 14—16 — области низкогорья и среднегорья (14 — трансаккумулятивные, 15 — трансэлювиальные, 16 — транссупераккумулятивные)



~ Q 17 △ K 18 △ · D 19
20 + + 21

Карта 6. Ландшафты шестого классификационного уровня с почвоподстилающими породами:

17 — четвертичные терригенные речных террас; 18 — меловые карбонатные; 19 — девонские карбонатно-терригенные; 20 — палеозойские метаморфические; 21 — гранитоидные



Карта 7. Итоговая карта геохимических ландшафтов. Условные обозначения см. карты 1—6.

Цифры в кружках — номера геохимических ландшафтов на рис. 11, 12

мические снимки могут стать основой камерального составления карт геохимических ландшафтов.

§ 55. Используя данные, перечисленные в § 53, составляется шесть различных карт, соответствующих основным классификационным уровням для биогенных и техногенных ландшафтов суши (требования к содержанию карт рассматриваются ниже). При составлении карт для работ 2-й и 3-й стадий в первую очередь необходимо использовать карты геохимических ландшафтов предыдущих стадий.

§ 56. Первым классификационным уровням соответствуют две карты. На карту 1 выносятся контуры всех техногенных ландшафтов, а на карту 2 — биогенных (рис. 10).

§ 57. На карте 1 определенными условными знаками изображаются сначала сельскохозяйственные (полеводческие, животноводческие и др.), лесотехнические, селитебные и дорожные ландшафты, карьеры, отвалы горных выработок, отдельные крупные промышленные предприятия, а также ландшафты искусственных водоемов. При этом выделяются только такие участки, площадь которых на карте составляет не менее 1 см². Исключением являются ландшафты населенных пунктов, крупных горных выработок, промышленных предприятий, дорог и лесополос, которые могут выноситься на карты внемасштабными знаками.

При средне- и крупномасштабном картировании больших участков в животноводческих районах выделяемые пастбища и сенокосы могут

в разных частях района сильно отличаться друг от друга по составу произрастающих трав. В данных случаях целесообразно разделение с учетом произрастающих растений, объединяемых в отдельные растительные комплексы и ассоциации.

Затем все ландшафты, выделенные на карте № 1, разделяются на мелиорируемые (осушаемые и орошаемые) и ландшафты с природной системой водообмена.

§ 58. На карту 2, в соответствии с требованиями второго классификационного уровня, выносятся биогенные ландшафты. Детальность их изображения определяется масштабом работ. Сначала выделяются леса, степи, пустыни, тундры и верховые болота, примитивные пустыни. Затем производится их более дробное деление (например, леса на этом уровне разделяются на лиственные, смешанные и хвойные). При средне- и крупномасштабных исследованиях деление биогенных ландшафтов можно проводить до учета растительных комплексов и ассоциаций. Необходимо только, чтобы площадь отдельных ландшафтов на карте не была менее первых квадратных сантиметров.

§ 59. На карту 3 выносятся различные геохимические ландшафты, выделенные с учетом требований третьего классификационного уровня, т.е. с учетом природных обстановок, типоморфных элементов, ионов и их соединений в водных вытяжках из гумусового горизонта почв. Довольно часто в материалах, собранных о почвах, нет достаточного количества данных о типоморфных элементах. В связи с этим деление на классы производится несколько условно. Например, ландшафты широколиственных лесов с подзолистыми почвами над кварцитами относятся к классу кислых с окислительной обстановкой (H^+ или HCO_3^-), а ландшафты тундры над известняками — к гидрокарбонатному кальциевому (HCO_3^- , Ca) классу.

Карта с выделяемыми на третьем классификационном уровне геохимическими ландшафтами составляет одна для всего района, без учета ранее проведенного разделения ландшафтов на природные и техногенные (см. рис. 10).

§ 60. На карту 4 выносятся ландшафты, выделяемые в соответствии с классификационными требованиями четвертого уровня, на котором ландшафты отличаются в зависимости от атмосферного переноса элементов. При этом выделяются участки с интенсивной воздушной эрозией почв, с отложением переносимого по воздуху материала и участков, на которых современные почвы развиты на эоловых отложениях.

§ 61. На карте 5 в первую очередь изображаются области высоко-, средне- и низкогорья, а также равнинные области.

В пределах равнинных областей выделяются элювиальные, транзюлювиальные, трансаккумулятивные или элювиально-аккумулятивные, трансупераквальные и супераквальные ландшафты (названия ландшафтов даны по М.А. Глазовской).

В горных районах выделяются транзюлювиальные и трансаккумулятивные ландшафты. К транзюлювиальным относятся геохимические ланд-

Классификационный уровень



Рис. 11. Схема выделения техногенных геохимических ландшафтов к картам рис. 10

Классификационный уровень

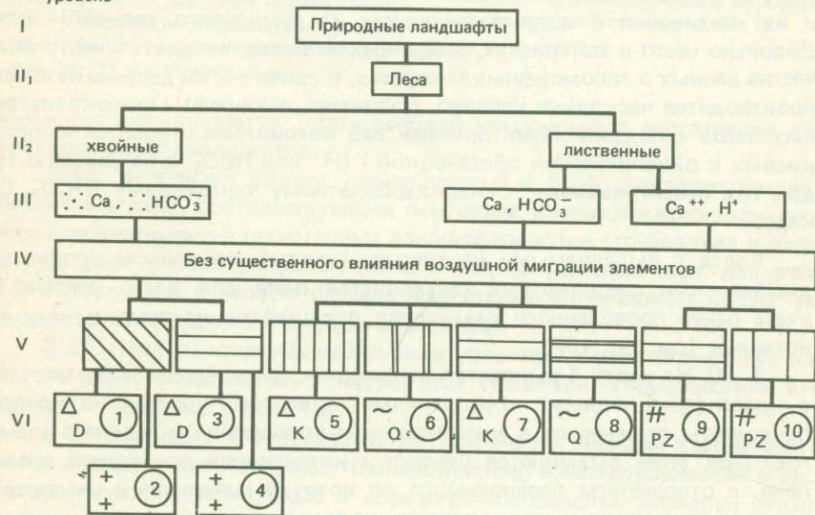


Рис. 12. Схема выделения природных геохимических ландшафтов к картам рис. 10

ландшафты горных хребтов (основных и их отрогов), к трансаккумулятивным — геохимические ландшафты межузловых понижений, депрессий, разделяющих основные хребты, речных террас.

При средне- и крупномасштабных исследованиях геоморфологические особенности учитываются с большей степенью детальности. Так, при сред-

немасштабных работах на поймах крупных рек возможно выделение ландшафтов равнинной, гривистой и притеррасной поймы. На стадии крупномасштабных работ на карте 5 часто возможно выделение даже элементарных ландшафтов.

§ 62. Карта 6 создается на основе геологической карты и карты четвертичных отложений. На ней отражаются состав и возраст почвоподстилающих отложений.

Осадочные и метаморфические почвоподстилающие толщи разделяются по составу на терригенные, карбонатно-терригенные и карбонатные, а магматические — на кислые и основные. Отдельно выделяются коры выветривания, на которых развиваются почвы. Однако для четвертичных почвоподстилающих отложений часто такого деления бывает недостаточно и их необходимо дополнительно разделять с учетом генетических особенностей. Дополнительное деление проводится только в тех случаях, когда генезис рассматриваемых четвертичных толщ определяет их основные геохимические особенности. Так, необходимо особо выделять морские, аллювиальные, золовые и элювиально-делювиальные отложения.

Возрастное деление почвоподстилающих толщ ведется для выделения разновозрастных толщ одинакового состава, отличающихся по геохимическим особенностям. Если к началу проведения ландшафтно-геохимических исследований данных о геохимической характеристике пород нет, то при региональных работах деление почвоподстилающих толщ удобно вести на уровне периодов (систем), при среднемасштабных — ярусов, а при крупномасштабных — на уровне свит и подсвит.

Карта составляется вне зависимости от распространения природных и техногенных ландшафтов (см. рис. 10, карты 1–5).

§ 63. Путем последовательного переснятия на одну кальку со всех шести карт контуров выделенных на них ландшафтов составляется схематическая ландшафтно-геохимическая карта 7. При переснятии контуров на каждой стадии работ могут выделиться мелкие ландшафты (размером менее 1 см^2), не подлежащие выделению при данном масштабе исследований. В этом случае их объединяют с наиболее близкими по ландшафтно-геохимическим особенностям. Такое объединение следует проводить с последовательным учетом классификационных уровней, начиная с первого.

К карте геохимических ландшафтов обязательно должны составляться схемы техногенных (рис. 11) и природных (рис. 12) геохимических ландшафтов. Составлением перечисленных карт и схем завершается второй этап работ.

Исследования в пределах аквальных ландшафтов

§ 64. Для составления камеральным путем ландшафтно-геохимических карт водных ландшафтов собираются все имеющиеся данные, включая космические снимки и ландшафтно-геохимические карты пре-

дыдущих стадий, используя которые можно получить необходимую предварительную информацию о следующих особенностях аквальных ландшафтов.

1. Сезонных и суточных колебаниях уровня вод.
2. Техногенном регулировании стока вод и связанным с ним изменением положения зеркала вод в разные периоды.
3. Интенсивности движения водного транспорта.
4. Масштабе работ, связанных с чисткой фарватера.
5. Видовом составе, биомассе и продуктивности растительных сообществ на различных участках рассматриваемых ландшафтов.
6. Окислительно-восстановительных условиях, существующих в летний период (при необходимости и в другие периоды) в воде и в донных отложениях.
7. Геоморфологических особенностях дна водоемов в районе исследований.
8. Химическом составе вод.
9. Составе донных отложений.

§ 65. Используя данные, перечисленные в § 64, составляется шесть различных карт, соответствующих основным классификационным уровням аквальных ландшафтов (рис. 13).

§ 66. Первому классификационному уровню соответствует карта 1. На нее сначала выносятся контуры всех техногенных ландшафтов и определенными знаками выделяются водохранилища, каналы и пруды, затем выносятся контуры биогенных ландшафтов. При большой техногенной нагрузке на отдельные участки природных ландшафтов (интенсивное движение водного транспорта, частые работы по углублению дна и вып-

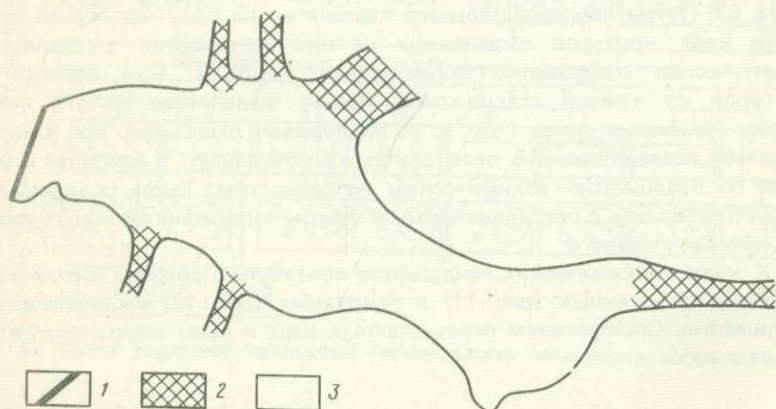
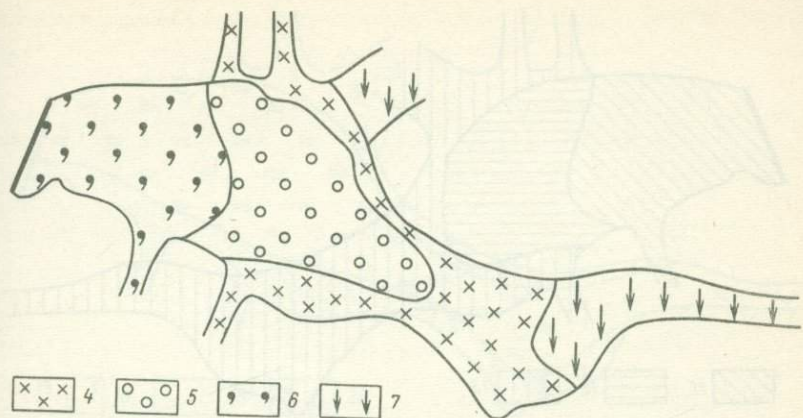


Рис. 13. Последовательность составления камеральным путем карт аквальных геохимических ландшафтов (на примере водохранилища)

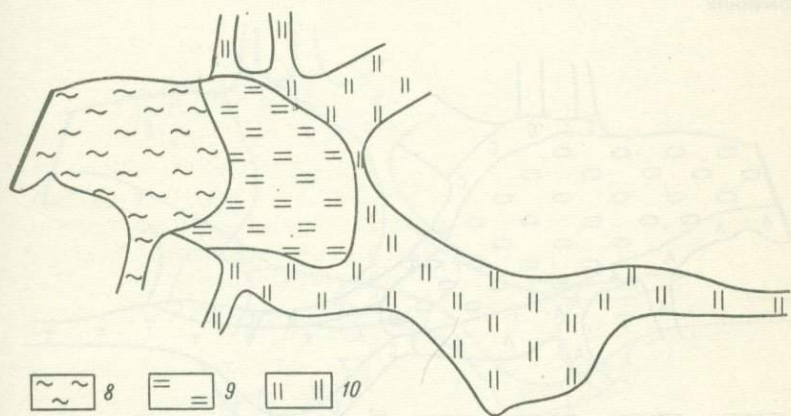
Карта 1. Ландшафты первого классификационного уровня:

1 — плотина; 2 — реки (природные ландшафты); 3 — водохранилище (техногенные ландшафты)



Карта 2. Ландшафты второго классификационного уровня:

4-6 — планктонные водоросли (4 — низкопродуктивные, 5 — среднепродуктивные, 6 — высокопродуктивные); 7 — тростниковые формации



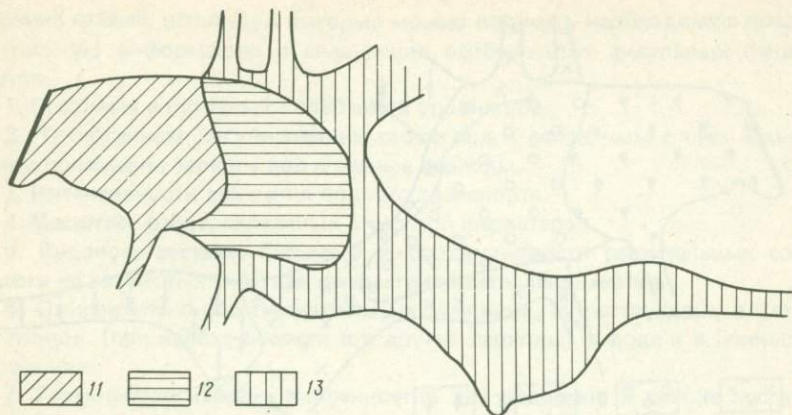
Карта 3. Ландшафты третьего классификационного уровня:

8 — окислительная обстановка в воде и в донных отложениях; 9 — окислительная обстановка в воде и восстановительная глеевая в илах; 10 — окислительная обстановка в верхних горизонтах воды и восстановительная глеевая в придонных слоях воды и в илах

рямления русла и т.п.) следует особо выделить зоны с повышенным техногенным влиянием на миграцию элементов.

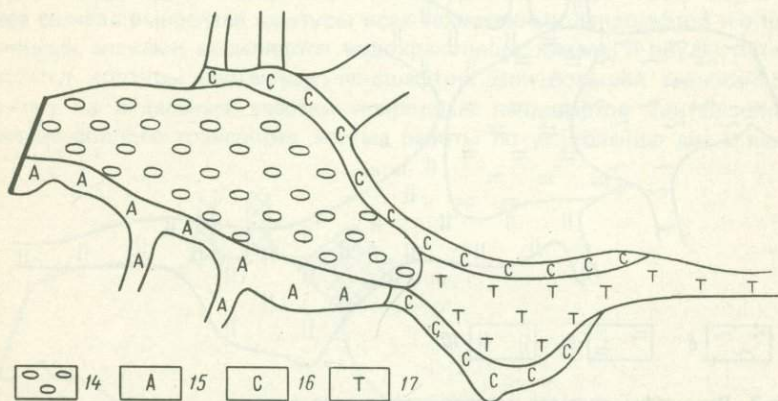
§ 67. На карте 2 все ландшафты разделяются в зависимости от развита на отдельных участках определенных растительных сообществ, оказывающих влияние на миграцию элементов.

§ 68. На карте 3 ландшафты разделяются в зависимости от окислительно-восстановительных условий миграции элементов. При этом учиты-



Карта 4. Ландшафты четвертого классификационного уровня:

11 — гидрокарбонатно-кальциево-натриевого глеевого класса в воде и в донных отложениях; 12 — гидрокарбонатно-кальциевого глеевого класса в донных отложениях; 13 — гидрокарбонатно-кальциевого глеевого класса в воде и в донных отложениях

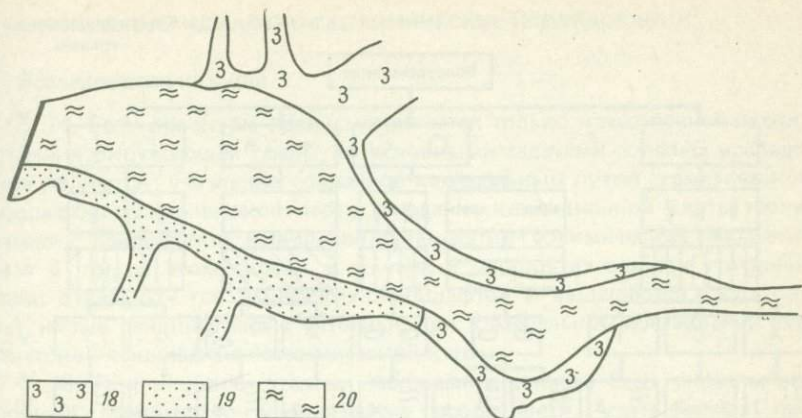


Карта 5. Ландшафты пятого классификационного уровня:

14 — аккумулятивные; 15 — абразионно-аккумулятивные; 16 — аквально-супераккумулятивные; 17 — трансаккумулятивные

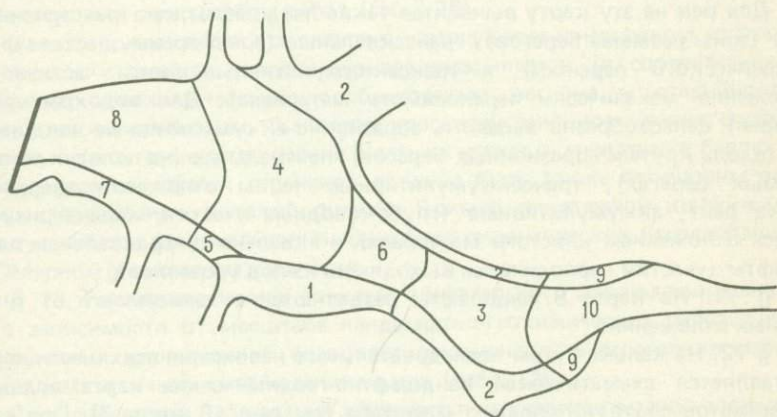
ваются условия в воде и в донных отложениях. Например, возможно выделение ландшафтов с окислительной обстановкой в воде и в донных отложениях или с окислительной обстановкой в воде и глеевой в донных отложениях и т.д.

§ 69. Карта 4 должна отражать положение ландшафтов с различными типоморфными элементами и ионами. В отличие от аналогичной карты ландшафтов суши, на ней необходимо выделять ландшафты не только по результатам анализов водных вытяжек из проб донных отложений, но



Карта 6. Ландшафты шестого классификационного уровня:

18 — донные отложения, представленные затопленными почвами; 19 — донные отложения, представленные песками; 20 — донные отложения, представленные нелитовыми илами



Карта 7. Итоговая карта геохимических ландшафтов водохранилища.

Номера ландшафтов на рис. 14

и по результатам анализов вод. Так, например, возможны такие сочетания: 1) гидрокарбонатно-кальциевый класс водной миграции и в воде, и в донных отложениях; 2) кальциево-натриевый класс в воде и гидрокарбонатно-кальциевый в донных отложениях и т.д. Типоморфные элементы и ионы целесообразно выносить на карту: элементы в воде — без скобок, а в донных отложениях — в квадратных скобках. В вышеприведенном примере формула первого ландшафта будет иметь такой вид: HCO_3^- , Ca^{+2} ; [HCO_3^- , Ca^{+2}], а второго — Ca^{+2} , Na^+ ; [HCO_3^- , Ca^{+2}].

§ 70. На карте 5 ландшафты разделяются в зависимости от измене-



Рис. 14. Схема выделения аквальных геохимических ландшафтов на примере водохранилища.

Усл. обозначения см. на рис. 13

ния геоморфологических особенностей, оказывающих влияние на механическую миграцию элементов в водных ландшафтах.

Для рек на эту карту выносятся такие ландшафты, как трансэрозионные (зоны размыва берегов), трансаквальные (зоны преимущественного механического переноса) и трансаккумулятивные (зоны частичного отложения механически переносимого материала). Для водохранилищ (морей) целесообразно выделять абразионно-аккумулятивные ландшафты (вдоль крутых абразионных берегов), нейтральные (на пологих затопляемых берегах), трансаккумулятивные (зоны отложения твердого стока рек), аккумулятивные (глубоководные участки, характеризующиеся отложением илистого материала) и аквально-супераккумулятивные ландшафты (участки, периодически выходящие из-под уровня вод).

§ 71. На карте 6 ландшафты разделяются в зависимости от типа донных отложений.

§ 72. На кальке путем последовательного наложения всех шести карт составляется схематическая ландшафтно-геохимическая карта водных ландшафтов соответствующего масштаба (см. рис. 13, карта 7). При выделении на такой карте ландшафтов, занимающих площадь около 1 см^2 и менее, должно производиться их объединение с ландшафтами, наиболее близкими к ним по ландшафтно-геохимическим особенностям. Оно производится с выполнением требований, изложенных в § 63.

Составленная карта с прилагаемой к ней схемой выделения ландшафтов (рис. 14) представляет собой итог камеральных исследований второго этапа работ.

§ 73. При начальном изучении морей возможно составление обзорных ландшафтно-геохимических карт-схем более мелкого масштаба, чем $1 : 500\,000$, по описанной методике. Такими схемами можно пользоваться при определенных региональных исследованиях без дополнительного уточнения специальными полевыми работами.

4. ПОЛЕВЫЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования на суше

§ 74. Если проектом предусматривается только качественная оценка состояния окружающей среды, то основными задачами полевых исследований являются: уточнение созданной камеральным путем схематической ландшафтно-геохимической карты, создание кондиционной карты геохимических ландшафтов, выявление ландшафтно-геохимических аномалий (см. § 6). В этом случае в полевых маршрутах ведется уточнение границ отдельных геохимических ландшафтов и выделяются (если они есть) новые ландшафты, не учтенные при камеральном составлении схематической ландшафтно-геохимической карты.

§ 75. При описании точек наблюдения должны быть указаны все основные ландшафтно-геохимические особенности, учитываемые при выделении ландшафтов на всех шести классификационных уровнях. Описываются не только точки наблюдения, но и весь маршрут.

При выявлении в ходе работ важных классификационных ландшафтно-геохимических особенностей детально описываются дополнительные точки наблюдений, располагающиеся между основными, выбранными в соответствии с масштабом работ (см. § 76).

Целесообразно вести все записи в специальном пикетажном журнале. На первых страницах такого журнала указывается (в соответствии с ландшафтно-геохимическими особенностями региона и стадийности работ), каким признакам, на каждом классификационном уровне, следует уделять первостепенное внимание. Часть их может оцениваться в баллах. В этом случае на первых страницах должны быть также отпечатаны подробные требования к такой оценке. Пример пикетажной книжки, используемой при региональных ландшафтно-геохимических исследованиях на Северном Кавказе, дается в прил.

§ 76. Расстояние между точками обязательного наблюдения меняется в зависимости от масштаба ландшафтно-геохимических работ. Опыт проведенных исследований позволяет рекомендовать расстояния между профилями и точками наблюдения на них (табл. 12).

Сгущение сетки наблюдений проводится на участках с особо сложным ландшафтно-геохимическим строением, при наличии нескольких крупных и удаленных друг от друга загрязнителей, при различных способах поступления загрязняющих веществ от загрязнителя на изучаемую территорию и в других аналогичных случаях с особо сложными экологическими и ландшафтно-геохимическими условиями.

При крупномасштабных исследованиях 3-й стадии, для разбивки сети точек наблюдения, проектом должны быть предусмотрены топографо-геодезические работы. Конечные точки опорных профилей должны быть закреплены для их многолетнего использования.

§ 77. На 4-й стадии ландшафтно-геохимических исследований ("Режимные наблюдения") при работах, имеющих качественный характер оценки состояния окружающей среды, производятся наблюдения за

Таблица 12

Густота сети наблюдений при ландшафтно-геохимических исследованиях различных масштабов

Масштаб работ	Расстояние (в м) между		Масштаб работ	Расстояние (в м) между	
	профилями	точками наблюдений		профилями	точками наблюдений
1:500 000	10 000—5000	5000	1:50 000	500	500
1:200 000	5000—2000	2000	1:25 000	250	250—50
1:100 000	1000	1000	1:10 000	100	100—10

изменениями границ между отдельными ландшафтами и регистрируется появление новых и исчезновение старых ландшафтов.

Для наблюдений за изменениями границ ландшафтов необходимо иметь сеть инструментально привязанных реперов. В связи с этим в проекте в обязательном порядке следует учесть проведение специальных топографо-геодезических работ и закрепление на границах ландшафтов и геохимических барьерах точек на местности для многолетнего наблюдения.

Рассматриваемые наблюдения проводятся периодически, а периоды при качественной оценке связаны с изменением времен года, а также с выполнением определенных этапов техногенных процессов. К последним могут относиться этапы промышленного и гражданского строительства, ввод в действие очистных сооружений и т.п.

§ 78. На первых трех стадиях ландшафтно-геохимических исследований для качественной оценки состояния окружающей среды необходим отбор определенного количества проб из почв для установления щелочности среды и определения в водных вытяжках типоморфных элементов, позволяющих установить класс геохимических ландшафтов и обосновать их разделение на третьем классификационном уровне.

Число проб определяется количеством ландшафтов, выделенных при камеральном составлении схематических карт на третьем уровне (на каждый такой ландшафт проектируется отбор 30—50 литохимических проб). Пробы следует отбирать на точках наблюдения, стараясь, чтобы они равномерно охарактеризовали всю площадь каждого выделенного ландшафта.

§ 79. Если проектом предусматривается количественная оценка состояния окружающей среды, то кроме всех работ, предусмотренных в § 74—78, должно проводиться систематическое литохимическое, биогеохимическое и гидрогеохимическое опробование на всех точках наблюдений. При этом этапы Геохимическое опробование . . . и Обработка результатов анализов . . . разделяются на две части.

§ 80. Работы первой части указанных этапов включают систематический отбор комплекса проб, предусмотренного проектом, на всех точках наблюдения. Дополнительное опробование должно проводиться

при смене ландшафтно-геохимических условий и на различных геохимических барьерах (как на установленных при камеральном составлении карт, так и на выявляемых в полевых условиях).

После анализов проб и их статистической обработки дается общая количественная характеристика состояния окружающей среды изучаемого района и выделяются отдельные аномалии и аномальные участки.

В случае нарушения последовательности стадийного проведения исследований (см. § 14, 17) для каждого выделенного ландшафта определяются фоновые содержания элементов (их соединений) в почвах, основных видах растений (их опробуемых частей), подземных и поверхностных водах. Установленные величины содержаний следует обязательно сравнить с такими же содержаниями в аналогичных, но достоверно не загрязненных ландшафтах, определенных в соседних районах при ландшафтно-геохимических исследованиях предыдущих стадий работ. Это необходимо сделать для того, чтобы установить, не определяются ли на данном участке фоновые содержания в пределах невыявленной крупной геохимической аномалии. В последнем случае выделение аномалий должно проводиться по содержаниям, установленным для незагрязненного района.

Если данным работам предшествовала региональная количественная оценка, то по результатам работ первой части рассматриваемых этапов должны быть уточнены контуры всех ранее выявленных геохимических аномалий, а в их пределах должны быть выделены (в соответствующем масштабе) зоны максимальной и минимальной концентрации элементов, а также зоны максимальной совместной концентрации элементов. Выделение аномалий должно вестись по содержаниям, установленным на предыдущей (первой или второй) стадии ландшафтно-геохимических исследований.

§ 81. Работы по выполнению второй части этапов "Геохимическое опробование . . ." и "Обработка результатов анализов . . ." (см. § 3) при количественной оценке состояния окружающей среды, предусматривают следующие исследования.

1. Оценка распределения элементов на незагрязненных участках по всем почвенным горизонтам.

2. Оценка распределения элементов по почвенным горизонтам на основных литохимических аномалиях.

3. Установление геохимических и морфологических особенностей выявленных аномалий.

4. Подсчет количества загрязняющих веществ (в t/km^2), накопившихся в пределах аномалий.

§ 82. Полевые работы по выполнению второй части рассматриваемых этапов (см. § 78—80) могут начинаться только после завершения работ первой части и выделения аномалий. Допустимо начало их в следующем полевом сезоне. В обязательном порядке они должны включать следующие виды исследований.

1. Проведение контрольных маршрутов (с контрольным опробованием) на основных аномалиях по сгущенной сети.

2. Проходку шурфов (скважин) в пределах основных геохимических ландшафтов на участках с фоновым содержанием элементов (по 2—3 шурфа на каждый ландшафт).

3. Проходку шурфов (скважин) в пределах основных геохимических аномалий.

4. Опробование в шурфах (скважинах) всех почвенных горизонтов.

§ 83. Вторая часть этапов "Обработка результатов анализов . . ." состоит из статистического анализа результатов спектральных и химических анализов всех проб, отобранных при выполнении второй части полевых исследований.

§ 84. При крупномасштабных исследованиях точки наблюдения (опробования), горные выработки, буровые скважины и границы основных ландшафтов должны наноситься на карту по данным инструментальных привязок.

§ 85. На стадии режимных наблюдений при исследованиях, имеющих количественный характер, должно производиться периодическое опробование почв, растений и вод (опробоваться могут как поверхностные, так и подземные воды) в одних и тех же инструментально закрепленных точках.

Кроме опробования поверхности на этой стадии работ необходимо проводить отбор почвенных проб из шурфов и скважин! Гидрохимическому опробованию должны подвергаться естественные источники, колодцы, скважины.

§ 86. Сеть отбора при режимных наблюдениях устанавливается в зависимости от задачи исследований и конкретных ландшафтно-геохимических условий. Обязательно должны опробоваться центральные части всех выделенных ландшафтов и аномалий, а также их контактовые части и основные геохимические барьеры.

§ 87. Частота опробования зависит от конкретной задачи проектного задания и может определяться не только факторами, перечисленными в § 76, но и такими, как время дня, интенсивность и характер выпадающих атмосферных осадков, режим работы загрязняющих предприятий и др.

§ 88. Для всех стадий ландшафтно-геохимических исследований этап "Обработка результатов анализов . . ." должен включать в себя статистическую обработку всех полученных данных и сравнительный анализ имеющегося материала. При количественной оценке состояния окружающей среды необходимо сопоставить новые данные о концентрации загрязняющих веществ с данными об их концентрации, полученными на предыдущих стадиях ландшафтно-геохимических исследований.

Исследования в пределах аквальных ландшафтов

§ 89. Если проектом предусматривается только качественная оценка состояния окружающей среды, то полевые исследования проводятся в летний период для уточнения ландшафтно-геохимической карты, созданной камеральным путем и для выявления ландшафтно-геохимических аномалий.

§ 90. При качественной оценке этап "Геохимическое опробование и проведение анализов" включает в себя отбор и анализ относительно ограниченного числа проб воды и донных отложений для установления кислородного режима (кислородная, глеевая, сероводородная обстановки), окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий, а также набора типоморфных элементов. Пробы должны распределяться равномерно по всей площади работ и отбираться по профилям. При оценке состояния рек в каждом из профилей должно быть не менее трех проб. Все основные геохимические ландшафты должны быть охарактеризованы не менее чем 30 пробами.

§ 91. Этап "Обработка результатов анализов" при качественной оценке состояния окружающей среды состоит из статистической обработки результатов анализов проб, указанных в § 90.

§ 92. Режимные наблюдения на реках, водохранилищах, прудах и озерах целесообразно проводить круглый год, выделяя четыре основных периода: 1 — весенний паводковый; 2 — летний меженный; 3 — осенний паводковый; 4 — зимний меженный.

§ 93. При качественной оценке состояния окружающей среды на стадии режимных наблюдений в каждый из четырех сезонных периодов должны осуществляться наблюдения за изменениями границ между отдельными ландшафтами. Также является обязательной регистрация появления новых и исчезновения старых ландшафтов.

§ 94. Для наблюдения за изменением границ ландшафтов часто бывает необходимой сеть реперов, инструментально вынесенных на берегах. В этих случаях в проекте необходимо предусмотреть проведение специальных топографо-геодезических работ.

При исследованиях в пределах открытых морей и крупных водохранилищ в проектах необходимо запланировать инструментальную привязку основных точек наблюдения.

§ 95. Если проектом предусматривается количественная оценка состояния окружающей среды, то кроме исследований, приведенных в § 90—91, необходимы систематическое опробование вод и донных отложений и анализ отобранных проб.

Сеть отбора проб (особенно при работах на крупных водоемах и морях) может меняться в зависимости от конкретных задач, для решения которых проводятся ландшафтно-геохимические исследования. Обычно же можно придерживаться (для работ различного масштаба) расстояний между профилями и точками проб на них, указанных в § 76.

Обязательное сгущение сети пробоотбора должно осуществляться в пределах аномалий, выявленных на предыдущих стадиях исследований, на геохимических барьерах, в районах сброса в водные ландшафты вод из очистных сооружений.

§ 96. При отборе проб в реках и водохранилищах в меженный период обязательно должны исследоваться прибрежные участки, заливаемые в паводок.

§ 97. При количественной оценке состояния окружающей среды в

водных ландшафтах этапы "Геохимическое опробование . . ." и "Обработка результатов анализов . . ." разделяются на две части. Требования к выполнению работ обеих частей аналогичны требованиям, изложенным в § 79—83, с той лишь разницей, что вместо почвенных горизонтов изучаются водная толща и донные отложения и не проходятся шурфы и скважины.

§ 98. При количественной оценке состояния рек опробованию должны подвергаться донные отложения (в каждом профиле отбирается не менее трех проб: две — у берегов и одна — в центральной части), а также воды. Основные ландшафты должны быть охарактеризованы не менее чем 30 водными пробами и 30 пробами донных отложений.

§ 99. На стадии режимных наблюдений при исследованиях, имеющих количественный характер, в периоды, предусмотренные проектом, осуществляется опробование вод, донных отложений и водных организмов (животных и растительных). Отбор проб ведется на одних и тех же инструментально привязанных точках.

Периоды повторных пробоотборов могут быть связаны не только с изменением времени года (а соответственно и с изменением гидрологического режима), но и с выполнением определенных этапов техногенных процессов. К последним могут относиться различные этапы промышленного и гражданского строительства, плотин и гидроузлов, ввод в действие очистных сооружений и др.

§ 100. Сеть отбора проб на стадии режимных наблюдений определяется конкретными задачами целевого проектного задания и ландшафтно-геохимической обстановкой. Обязательно должны опробоваться центральные и приконтактные части всех выделенных на участке работ ландшафтов и аномалий, а также основные геохимические барьеры.

5. ОТБОР ПРОБ И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Общие положения

§ 101. Отбор проб производится на всех стадиях ландшафтно-геохимических исследований, при качественной и количественной оценке состояния окружающей среды. Их количество, опробуемые объекты и сеть отбора предусматриваются проектом.

§ 102. Пробы необходимо отбирать в центральных частях выделяемых геохимических ландшафтов и в зонах их смены (часто такие зоны представляют собою геохимические барьеры).

§ 103. Дополнительное опробование между плановыми точками отбора проб должно осуществляться в случае смены ландшафтно-геохимических обстановок (появление различных геохимических барьеров), выявления ландшафтов, не выделенных на карте, составленной камеральным путем, наличия зон с предполагаемым загрязнением.

§ 104. Контрольное опробование целесообразно проводить в объе-

ме 3—5 % от общего количества проб. В первую очередь исследуются выявленные комплексные геохимические аномалии, геохимические барьеры и участки, на которых одним из методов выявлены аномалии, не подтверждающиеся другими методами. Кроме того, обязательному контрольному опробованию должны быть подвергнуты участки с фоновыми содержаниями определяемых элементов.

По данным первичного (рядового) и контрольного опробования подсчитывают погрешность работ (см. § 172) и проверяют качество опробования.

Полевая документация пробоотбора ведется в стандартной полевой книжке (см. прил. 14) одновременно с отбором пробы и описанием ландшафтно-геохимических особенностей района по ходу маршрута. Все записи должны проводиться простым черным карандашом в поле.

Зарисовки на точках отбора проб и по маршруту между ними могут осуществляться цветными нехимическими карандашами.

§ 105. Ежедневно все пробы, отобранные в различных маршрутах, должны быть зарегистрированы в специальных журналах литохимического, биогеохимического и гидрохимического опробования.

§ 106. До начала полевых работ проводится нумерация страниц полевых книжек и журналов опробования. В полевых книжках категорически запрещаются любые подчистки и стирания резинкой записей, заклеивание и вырывание страниц.

Вычеркивание записей разрешается в виде исключений только одной тонкой чертой (так, чтобы запись оставалась читаемой) и должно обязательно сопровождаться подписью ответственного исполнителя работ.

§ 107. Все записи в полевой книжке должны систематически проверяться и подписываться в поле начальником отряда (старшим специалистом). Ими же должна контролироваться на местности в различных ландшафтно-геохимических условиях правильность отбора проб и документации. Записи, сопровождающие проведение контрольных маршрутов, ведутся в специальной или в личной полевой книжке начальника отряда (старшего специалиста).

§ 108. В заполненной полевой книжке начальник отряда должен сделать на последней странице запись о числе страниц и расписаться.

Полевые книжки должны храниться вместе с остальными первичными материалами.

§ 109. Ежедневно в каждом отряде пройденные за этот день маршруты (включая контрольные) должны выноситься на сводную, единую для отряда, карту фактического материала. На эту же карту выносятся все пройденные горные выработки и точки отбора проб. Точки контрольного отбора проб выделяются на карте особым знаком.

§ 110. Ежедневно в каждом отряде все маршруты выносятся на одну, единую для отряда, ландшафтно-геохимическую карту, составленную камеральным путем до начала полевого сезона. При этом на ней проводится исправление границ между ландшафтами, выносятся новые ландшафты, выявленные при полевых наблюдениях.

§ 111. После каждого маршрутного дня целесообразно также на отдельную карту выносить и все отмечаемые в различных маршрутах ботанические, почвенные, геоморфологические и геологические особенности, описанные в полевых книжках, но не выделяемые при данном масштабе работ как смена геохимических ландшафтов.

Эта карта может оказать очень большую помощь при установлении генезиса аномалий, уточнении положения зон загрязнения, выявлении источников загрязнения.

Литохимическое опробование

§ 112. Отбор литохимических проб проводится при ландшафтно-геохимических исследованиях на суше (из почвенных горизонтов) и в пределах аквальных ландшафтов (из илов).

§ 113. Все пробы почв удобно отбирать в специальные матерчатые мешочки с завязками. Желательно на мешочек заранее нанести порядковый номер, который вносится при отборе пробы в полевую книжку. При этом не должно быть мешочков с одинаковым номером.

Возможно использование мешочков без порядковых номеров: в этом случае в каждую пробу должна вкладываться бумажная этикетка с соответствующим номером пробы, который обязательно вносится в полевую книжку.

§ 114. Отбор проб донных отложений может проводиться в мешочки, как это указано в § 113. В тех случаях, когда предусматривается анализ вод донных отложений, пробы помещаются в специальные водонепроницаемые пакеты с номерами, не смываемыми водой.

§ 115. При качественной оценке состояния окружающей среды литохимические пробы отбираются для проведения анализов, позволяющих установить щелочно-кислотные условия и класс водной миграции элементов. Отбираемые пробы должны равномерно охарактеризовать выделяемые ландшафты и объективно отразить распределение в них типоморфных элементов.

§ 116. При количественной оценке состояния окружающей среды литохимические пробы отбираются для установления закономерностей распределения элементов и их соединений в выделяемых ландшафтах. Обычно в литохимических пробах в первую очередь определяют содержание тяжелых металлов и токсичных соединений.

§ 117. При опробовании почв пробы отбираются из верхнего гумусового горизонта с помощью геологического молотка или легкой двусторонней мотыги. Масса отбираемой пробы ориентировочно составляет около 200 г.

§ 118. В случае опробования шурфов отдельные пробы отбираются из каждого почвенного горизонта, а также из почвоподстилающих пород.

§ 119. Опробование шурфов должно обязательно сопровождаться их зарисовкой и документацией в специальном журнале. Из каждого поч-

венного горизонта и из почвоподстилающих пород отбирается по одной задирковой* или пунктирно-бороздовой** пробе.

§ 120. Если проектом предусмотрен отбор литохимических проб из скважин, то отбору проб должна предшествовать тщательная документация керна. Из каждого почвенного горизонта отбираются керновые*** (или пунктирные) пробы.

При необходимости перебуриваются значительные мощности почвоподстилающих коренных пород и рыхлых образований. Они также должны опробоваться керновыми или пунктирными пробами. Каждая разность коренных пород (рыхлых образований) должна характеризоваться отдельной пробой. При большой мощности определенной разности пород она должна быть охарактеризована несколькими пробами длиной 1 м.

§ 121. Пробы почв должны быть высушены еще в полевых условиях. В процессе сушки глинистые пробы следует периодически разминать для избежания их ссыхания в трудноразминаемые комки.

§ 122. Во время просушивания из проб почв следует удалять корни растений и обломки горных пород размером более 0,5 см в диаметре. При этом следует обязательно проследить, чтобы прилипающие к ним рыхлые образования остались в пробе.

§ 123. Пробы, отобранные из горизонта почв "С", разделяются каждая на две. В одну отделяются в различной степени выветрелые обломки, в другую — рыхлые образования.

§ 124. Отбор литохимических проб из донных отложений (илов) ведется с помощью дночерпателей и специальных пробоотборников.

§ 125. Если нет специальных станций (типа "Неяда"), позволяющих определять величину рН в илах непосредственно в воде, то определение щелочности ведется сразу после подъема пробоотборника.

§ 126. Описание поднятого материала также ведется сразу же после подъема пробоотборника. Особое внимание обращается на возможное изменение окраски илов при их взаимодействии с кислородом атмосферы. Просушивать пробы донных отложений следует в соответствии с требованиями § 121—123.

* Задирковая проба отбирается путем отбойки (задиры) ровного слоя пород (почв) по всей их обнаженной части. Отбор задирковых проб целесообразен при малой мощности почвенных горизонтов.

** Пунктирно-бороздовая проба отбирается путем точечной отбойки восьми-десяти мелких кусочков (сколков) размером в поперечнике до 3—4 см. Кусочки отбираются на одинаковом расстоянии друг от друга и объединяются в одну пробу.

*** Керновая проба отбирается путем раскалывания керна по оси. В пробу берется 1/2, 1/4 или 1/8 часть материала. При плохом выходе керна опробоваться может шлам. При шнековом или вибрационном бурении материал в пробу следует брать с каждой зарубки, величина которой должна соответствовать опробуемому интервалу.

Биогеохимическое опробование

§ 127. Биогеохимическому опробованию целесообразно подвергать наиболее распространенные в районе растения. Их число, как правило, не должно превышать пяти, а если есть возможность, то выбираются два-три повсеместно растущих в районе растения.

§ 128. На каждой точке опробуются все произрастающие (из числа выбранных) растения. Каждое растение составляет отдельную пробу. Отбор проб на аграрных ландшафтах следует проводить только по достижении опробуемыми культурами товарной зрелости.

§ 129. При опробовании травянистых растений (соотношение между отдельными частями которых всегда примерно одинаково) в пробу лучше брать целиком их надземную часть, исключая нижние (загрязненные минеральными частицами почв) листья и часть стебля.

§ 130. При опробовании многолетних кустарников и деревьев в пробы необходимо включать только одну и ту же часть растения (листья, прирост последнего года, многолетние побеги, кору). Для удобства у деревьев опробуются только нижние ярусы ветвей.

При детальном исследовании, проводимых для количественной оценки состояния окружающей среды, необходимо опробовать все части растений. Это позволит оценить (в т/км²) количество различных элементов, находящихся в ландшафтах в биогенной форме. Для первой (ориентировочной) количественной оценки, проводящейся при региональных исследованиях, опробовать можно только одну часть растений.

§ 131. Проводить биогеохимическое опробование целесообразно в течение времени, соответствующего определенной фенологической фазе развития растений. Если такой возможности нет, то площадь работ делится на участки, опробование которых займет время, соответствующее определенным фенофазам развития растений. Введение поправок на вегетационные колебания содержания элементов нецелесообразно, так как представляет собой трудоемкую и малоточную работу.

§ 132. Если есть необходимость зимнего опробования, его проводят после наступления устойчивых морозов и до начала весенних оттепелей.

§ 133. Биогеохимические пробы могут быть простые (берется только одно растение или одна, заранее определенная его часть) и составные. В последнем случае в пробу также отбирается только один вид растения (его определенная часть), но с площади, занимающей до 60 м².

Отбор составных проб целесообразен при ландшафтно-геохимических исследованиях первых двух стадий.

§ 134. Масса биогеохимических проб обычно составляет 20–50 г сырого вещества зеленых растений. В случае отбора в пробы растений с большой зольностью массу пробы можно сократить до 10–15 г.

§ 135. Для отбора проб можно использовать ножи, садовые ножницы, сучкорезы. Листья с деревьев и кустарников удобнее всего отбирать руками в перчатках.

§ 136. Проводить контрольное опробование необходимо в ту же

фенологическую фазу развития растения, в которую проводилось основное опробование. Если это невозможно (ко времени выделения аномалий стадия развития растения изменилась), контрольному опробованию подвергаются растения на аномальном и фоновом участках. Расчеты фоновых и аномальных значений в этом случае проводятся на фоновом участке.

§ 137. Опробование при изменившейся стадии развития растения должно составлять незначительную часть контрольного опробования.

§ 138. Запрещается проводить контрольное опробование при изменившихся метеорологических условиях.

§ 139. Все биогеохимические пробы должны быть высушены в полевых условиях. Во время дождей и на ночь они (так же, как и литохимические пробы, должны убираться в специальное помещение (палатку). После просушивания пробы желательно измельчить и переложить из мешочков в специальные бумажные пакеты.

Гидрогеохимическое опробование

§ 140. Отбор водных проб при изучении аквальных ландшафтов проводится из рек, каналов, водохранилищ и других естественных и искусственных водоемов. Пробы отбираются с поверхности, а также из придонного и центрального слоев воды. Отбор проводится специальными пробоотборниками. Возможен пробоотбор с вертолетов с помощью специальных приспособлений.

В особых случаях, оговоренных в проекте, отбор проб проводится поинтервально с шагом отбора, специально устанавливаемым для конкретных условий.

§ 141. В случае, если проектом предусмотрено гидрогеохимическое опробование при ландшафтно-геохимических исследованиях на суше, пробы могут отбираться из рек, ручьев, болот, родников, отстойников, скважин и различных горных выработок.

Густота сети опробования меняется в зависимости от целевого задания, гидрогеологических и геоморфологических условий района работ и она должна быть оговорена в проекте для каждого конкретного района.

§ 142. Объем пробы меняется в зависимости от определяемых компонентов и метода установления их концентрации.

§ 143. В отдельных случаях возможен отбор для отправления в лабораторию только концентраторов или концентратов и проб воды на общий анализ.

§ 144. Отбор проб воды производится в стеклянные или пластмассовые емкости, специально (так же как и пробки) подготовленные и закрытые пробками в лаборатории.

§ 145. Перед заполнением бутылки и пробки не менее двух раз ополаскиваются водой, отбираемой на анализ.

§ 146. В пробах, непосредственно на месте отбора, определяют вели-

чину рН. После этого в пробах, подвергаемых анализу на Cu, Zn, Pb, Ni, Co, U, Ra, проводят подкисление соляной кислотой (3 мл на 1 л воды), а в пробах, подвергаемых анализу на Hg и Ag — серной кислотой (3 мл на 1 л воды). Кислота должна быть "спектрально чистой".

§ 147. Отбор гидрохимических проб обязательно должен сопровождаться записями в журнале опробования, нанесением на топографическую карту пунктов отбора проб, составлением паспорта на пробу, который привязывается к горлышку бутылки (фляги).

§ 148. При отборе гидрохимических проб из источников проводятся следующие наблюдения:

- 1 — устанавливается положение источника по отношению к орографическим и гидрографическим элементам;
- 2 — изучается характер водовмещающих пород;
- 3 — определяется тип источника и описывается характер выхода воды;
- 4 — измеряется дебит источника;
- 5 — определяются физические свойства воды;
- 6 — отбираются для спектрального анализа и описываются образцы отложений источника;
- 7 — при наличии каптажа осуществляется его описание и определяется возможность загрязнения вод за его счет.

При опробовании поверхностных вод проводят:

- 1 — описание водоема (потока) и гидрогеологических условий участка;
- 2 — измерение расхода воды;
- 3 — определение физических свойств воды.

§ 149. Контрольное гидрохимическое опробование (особенно поверхностных вод) должно проводиться в то же время, что и рядовой (первый) отбор проб.

6. ПОДГОТОВКА ПРОБ К АНАЛИЗУ

Литохимические пробы

§ 150. Перед началом обработки все пробы должны быть высушены до воздушно-сухого состояния на солнце или в сушильных шкафах. Обработка влажных проб запрещается.

§ 151. Обработка проб должна осуществляться в строгом соответствии с единой схемой обработки.

§ 152. При просеивании запрещается использовать сита с бронзовой, латунной или луженой сеткой. Просеивание следует проводить на чистые листы стекла, кровельного железа или алюминия.

§ 153. Растирание должно производиться в условиях, исключающих заражение проб ранее истиравшимся материалом, до "состояния пудры". При растирании вручную следует использовать агатовые ступки.

§ 154. После обработки проб пробные мешочки тщательно очищаются от остатков почвы и пыли и передаются в отряд для последующих отборов проб. По мере загрязнения, но не реже чем после пятого использования, мешочки необходимо стирать.

Биогеохимические пробы

§ 155. Высушенные и измельченные пробы подвергаются озолению, которое целесообразно проводить в лабораторных условиях в специальных электрических печах, позволяющих выдерживать определенный температурный режим, что резко увеличивает производительность работ при улучшении качества.

Оптимальные режимы озоления группы культурных растений, а также типичных растений степей и горных районов Европейской части СССР приведены в прилож. 10. Соблюдение этих режимов позволяет примерно в три раза повысить скорость озоления.

§ 156. Озоление можно проводить в фарфоровых и металлических тиглях, предварительно установив, что данные тигли не вызывают загрязнения проб. Показателем полного озоления является появление равномерной окраски золы (от белой до пепельно-серой и коричневой) и отсутствие черных углей.

§ 157. Золу подвергают растиранию и отправляют в лабораторию на анализ. Учитывая большую гигроскопичность золы многих растений, а также повышенную "слипаемость" ее отдельных частичек, спектральный анализ золы биогеохимических проб "методом просыпки" в большинстве случаев невозможен.

Гидрогеохимические пробы

§ 158. В последние годы стали использоваться различные методы концентрации растворенных в воде компонентов, позволяющие уменьшать объемы транспортируемой воды. Наиболее распространенными являются методы соосаждения рудных элементов с гидроксидом алюминия и с сульфидом кадмия; методы сорбции на активированном угле, ионно-обменных смолах и на других сорбентах.

§ 159. Гидрогеохимические пробы, подготовленные для отправки в химическую лабораторию, следует хранить в прохладных местах, исключающих попадание прямых солнечных лучей. Сами пробы должны быть герметизированы.

7. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

§ 160. Определение содержаний химических элементов в почвах, водах и растениях, а также определение других показателей, характеризующих состояние окружающей среды, может проводиться различными методами, а также совокупностью нескольких методов.

Основные требования к этим методам следующие:

- 1) обеспечение достаточной точности (воспроизводимость и правильность);
- 2) обеспечение необходимой чувствительности анализа, позволяющей получить значимые цифры содержаний меньше фоновых;
- 3) возможность определения элементов, находящихся в различных формах (минеральная форма, водные растворы и др.);
- 4) максимальная комплексность проводимых определений;
- 5) высокая производительность.

§ 161. В настоящее время наиболее распространены спектральный, атомно-абсорбционный и различные собственно химические методы определений.

§ 162. На первой стадии (региональные работы масштаба 1 : 500 000 — 1 : 200 000) в почвах, илах и в золе растений целесообразно первоочередное определение спектральным анализом Be, B, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Se, As, Sr, V, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, La, W, Hg, Pb, Bi, U.

В водах, водных вытяжках из почв и илов на стадии региональных работ для установления класса водной миграции необходимо определение Al^{+3} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , Ca^{+2} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} , HCO^{-} , SO_4^{-2} , SiO_2^{-} .

§ 163. На первой стадии ландшафтно-геохимических исследований часто необходимо предусматривать специальные методы анализов проб, обычно химических. Выбор таких методов осуществляется с учетом специфики производства потенциальных загрязнителей и наиболее вероятного способа поступления загрязняющих веществ в окружающую среду. Например, в районе действия химических заводов, производящих моющие средства, следует проводить анализы вод, позволяющие определить содержание поверхностно-активных веществ.

§ 164. На последующих стадиях ландшафтно-геохимических исследований число элементов, определяемых спектральным методом в пробах, можно сократить до 15—20 за счет элементов, которые по данным предыдущих (более мелкомасштабных) работ не образуют в районе аномалий и зон повышенной концентрации. Однако при этом обычно бывает необходимо увеличивать число специальных методов анализов для установления концентраций загрязняющих веществ, наиболее вероятных для изучаемого района.

§ 165. При работах, проводимых в пределах аномальных участков, перечень определяемых спектральным анализом элементов можно сократить до 10—15 образующих аномалий. Однако при этом необходимо снова увеличить число специальных методов анализа. Они должны установить форму нахождения и вид соединений, в которых находятся загрязняющие элементы и, кроме того, определить концентрацию загрязняющих веществ, не определяемых спектральным анализом (см. § 162—164).

§ 166. Результаты анализов следует выражать в конкретных цифрах содержаний определяемых компонентов. Учитывая размерность содержаний, принятую при геохимических исследованиях, содержание эле-

ментов в биогеохимических и литохимических пробах целесообразно выражать в г/т, а в гидрогеохимических — мг/л или мкг/л.

§ 167. В соответствии с чувствительностью эмиссионного (рядового) спектрального анализа, достигнутого методом "просыпки" на спектрографе типа ДСФ-8, предел чувствительности должен быть не меньше следующих значений, %:

Mo, Ag	10^{-5}
Pb, Cu, Co, Bi, Sn	
Cd, Ge, V, Ga, Be	
Se, Fe, Re	10^{-4}
Cr, Ni, Sb, W, Li	
Nb, F, Mn, As, B	
Zr, Zn, Sr, Y	10^{-3}
Ba, P, Pa, Fe, Hf, Hf	
La, Ge.	10^{-2}

Предел обнаружения ртути должен быть не выше $1 \cdot 10^{-6}$ % (атомная абсорбция).

§ 168. Для проверки качества лабораторных исследований необходимо проводить внутрилабораторный и внешний контроль. Внутрилабораторный контроль осуществляется путем повторного анализа проб, отправляемых под зашифрованными номерами. Количество таких контрольных проб должно составлять 3—5 % от их общего числа. Отправлять на внутрилабораторный анализ пробы удобнее всего с каждой партией рядовых проб.

Внешний контроль проводится не в той лаборатории, где шло определение содержаний в рядовых пробах. Число проб, отсылаемых на внешний контроль, должно примерно равняться числу проб, подвергаемых внутрилабораторному анализу. Внешний контроль проводится 2—3 раза в год.

§ 169. Повторному анализу должны подвергаться пробы с фоновыми содержаниями, содержаниями аномальными для одиночных (изолированных) точек опробования, и содержаниями соответствующими выявляемым по двум и девяти коррелирующимся пробам геохимическим аномалиям

§ 170. Пробы, отобранные при контрольном опробовании, подвергаются анализу обязательно в основной лаборатории. Однако и они могут использоваться для внутрилабораторного и внешнего контроля анализов.

§ 171. Вычисление погрешностей анализов и опробования ведется по одним и тем же формулам.

Погрешности геохимического опробования, а также погрешности спектрального анализа элементов (см. табл. 13) обычно характеризуются логнормальным распределением. Для погрешностей химического анализа в водных вытяжках Al, Fe, Ca, Na, K и других элементов (см. § 162) характерно нормальное распределение, а в связи с этим погрешности этого анализа определяются по тем же формулам, но не для логарифмов, а для самих содержаний.

§ 172. Расчет погрешности ведется по следующим формулам. Систематическая погрешность

$$\Delta_{\text{сист}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\lg C_{i1} - \lg C_{i2}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg \frac{C_{i1}}{C_{i2}},$$

где n — число пар контрольных проб; C_{i1} — результат рядового анализа пробы или результат анализа первого отбора пробы; C_{i2} — результат контрольного анализа пробы или результат анализа повторного отбора пробы.

Антилогарифм величины систематической погрешности будет представлять собой систематическое относительное расхождение самих концентраций $S_{\text{сист}}$. Оно показывает, во сколько раз первые результаты анализов систематически больше вторых.

Если величина систематического относительного расхождения концентрацией $S_{\text{сист}}$ не выходит за пределы 0,9–1,1, можно считать, что систематическая погрешность анализа мала и ею можно пренебречь.

Недопустимой величиной систематической погрешности следует считать трехкратные расхождения между результатами анализов рядовых и контрольных проб (или результатами анализов основного и повторного отбора проб).

Если величина $S_{\text{сист}}$ меньше 0,9 или больше 1,1, систематическая погрешность считается существенной и подлежит исключению. Для этого систематическую погрешность ($\Delta_{\text{сист}}$) алгебраически вычитают из всех C_{i1} . По полученным данным определяется средняя случайная погрешность.

$$\Delta_{\text{случ}} = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{i=1}^n (\lg C_{i1} - \lg C_{i2}) = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{i=1}^n \lg \frac{C_{\text{больш.}}}{C_{\text{меньше}}}$$

Антилогарифм средней случайной погрешности $\Delta_{\text{случ}}$ представляет собой случайное среднее относительное отклонение самих концентраций $S_{\text{случ}}$. Оно показывает, во сколько раз получаемые значения содержаний в среднем больше или меньше истинных.

Величина случайного среднего относительного отклонения концентраций ($S_{\text{случ}}$) по аналогии с поисковыми геохимическими исследованиями для биогеохимических проб и проб, отобранных из почв, не должна превышать величину 1,6. При большей погрешности результаты отбора проб следует считать браком.

При оценке результатов анализов, проводимых основной лабораторией, по величине средней случайной погрешности обычно устанавливаются следующие допуски:

1 — при анализе проб из почв $1,4 \pm 1$;

2 — при анализе гидрохимических и биогеохимических проб $\pm 25\%$ (отн.):

а) в интервале содержаний от 10 до 30% — не хуже $\pm 10\%$ (отн.);

б) в интервале содержаний более 30% — не хуже $\pm 5\%$ (отн.).

§ 173. Окончательное содержание элементов в пробах, подвергшихся контрольному анализу, следует брать для элементов (см. табл. 13) и определяемых спектральным и атомно-абсорбционным анализами) — среднее геометрическое содержание, получаемое из двух (рядового и контрольного) результатов анализов.

Для элементов, более широко распространенных и определяемых химическими анализами в водных вытяжках из почв и в водах (Al, Fe, Ca, K, Na и др.), за окончательное содержание следует брать среднее арифметическое из этих же двух результатов анализов.

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОНОВЫХ И АНОМАЛЬНЫХ СОДЕРЖАНИЙ

§ 174. Для количественной характеристики состояния окружающей среды результаты анализов проб подвергаются статистической обработке. При этом в первую очередь необходимо установить величину местного геохимического фона (C_{ϕ}) изучаемых элементов в почвах, водах, основных растениях (их частях) для каждого ландшафта.

Определение местного геохимического фона возможно после установления закона, которым аппроксимируется распределение фоновых содержаний и его основные параметры, среднее значение и стандартное отклонение от среднего. Эта задача может быть решена аналитическим и графическим способами.

§ 175. Первоначально все пробы разделяются на литохимические, гидрогеохимические и биогеохимические. Затем литохимические разделяют на пробы почв и донных отложений; биогеохимические — разделяются по видам опробуемых растений, гидрогеохимические — на пробы подземных и поверхностных вод.

В дальнейшем пробы почв и донных отложений классифицируются в зависимости от опробуемого горизонта; пробы, отобранные по отдельным видам растений, разделяются с учетом опробуемой части растений (листья, кора, плоды и т.п.); пробы подземных вод — с учетом опробуемого водоносного горизонта, а пробы поверхностных вод — с учетом опробуемого слоя (поверхностный, придонный и др.).

Таким образом получаем отдельные группы проб, характеризующие строго определенные части изучаемого участка биосферы.

§ 176. Эти группы проб, разделяемые с учетом ландшафтов, представляют собой выборки, характеризующие уже строго определенные части отдельных ландшафтов (элементарные, геохимические или межбарьерные).

§ 177. В геохимической практике наиболее часто приходится иметь дело с выборками, в которых распределение содержаний элементов подчиняется нормальному и логнормальному законам. Условиями нормальности распределения величин являются соблюдения неравенств:

$$\frac{A}{\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq [3]; \quad \frac{F}{2\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq [3]$$

где A — асимметрия, представляющая собой численную характеристику, выражающую меру скошенности кривой распределения, т.е. отклонение ее от нормального вида; E — эксцесс, определяющий подъем или понижение графика эмпирической кривой распределения по сравнению с нормальной кривой.

Величину асимметрии можно вычислить по формуле

$$A = \frac{m_3}{S^3},$$

где m_3 — выборочный момент третьего порядка; S — среднее квадратичное отклонение, представляющее собой корень квадратный из выборочной дисперсии.

Выборочная дисперсия и среднее квадратичное отклонение являются мерой рассеяния содержания элемента в выборке вокруг средней величины содержаний. Определить выборочную дисперсию и среднее квадратичное отклонение можно по формулам

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2; S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

где N — общее число проб; \bar{x} — среднее арифметическое содержание.

Выборочный момент третьего порядка определяется из выражения

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{N}.$$

Величину эксцесса определяют по формуле

$$E = \frac{m_4}{\frac{S^4}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4} - 3,$$

где $m_4 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{N}$ — выборочный момент четвертого порядка.

При несоблюдении ранее указанных неравенств исследуемая выборка не согласуется с нормальным законом. В этом случае использовать для дальнейшей обработки геохимической информации среднее арифметическое содержание и среднее квадратичное отклонение в качестве параметров распределения нельзя. Появляется необходимость проверить нормальность распределения не содержаний, а логарифмов содержаний элементов, т.е. проверить соответствие рассматриваемой выборки логнормальному закону:

$$A_{\lg} = \frac{m_3}{S^3_{\lg}}; m_3 = \frac{\sum_{i=1}^N (\lg x_i - \lg \bar{x})^3}{N}$$

$$E \lg = \frac{m_4}{S^4 \lg} - 3; \quad m_4 = \frac{\sum_{i=1}^N (\lg x_i - \lg \bar{x})^4}{N}$$

$$\frac{A \lg}{\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq 3; \quad \frac{E \lg}{2 \sqrt{\frac{6}{N}}} \leq 3,$$

где N — общее число проб; $\lg \bar{x}$ — среднеарифметическое логарифмов содержаний, определяемое по формуле

$$\lg \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \lg x_i$$

(антилогарифм $\lg \bar{x}$ не равен среднеарифметическому, а всегда меньше); $S \lg$ — среднеквадратичное отклонение логарифмов содержаний, определяемое из выражения:

$$S \lg = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\lg x_i - \lg \bar{x})^2}$$

§ 178. Определив закон распределения, можно переходить к вычислению величин содержаний, считающихся для данной выборки фоновыми. Иногда за фоновое содержание принимается конкретное число, однако правильнее говорить не о фоновом содержании какого-нибудь элемента, а о его фоновых колебаниях.

Определение пределов фонового колебания содержаний в геохимической выборке производится с заданной доверительной вероятностью. Обычно пределы колебания содержаний вычисляются с уровнями значимости 0,05–0,0014.

Расчет производится по следующим формулам:
для нормального закона

$$a_{\min}^{\max} = \bar{x} + dS,$$

для логнормального закона

$$\lg a_{\min}^{\max} = \lg \bar{x} + dS \lg,$$

где a_{\max} и a_{\min} — оценки границ колебания содержания логарифмов содержаний данного элемента в выборке, определяемые с заданной вероятностью; $\bar{x}, \lg \bar{x}$ — среднеарифметические содержаний и логарифмов содержаний; d — коэффициент, представляющий собой аргумент норми-

Таблица 13

Значения g (в %) пределов для t -распределения Стьюдента в зависимости от числа b степеней свободы

Число степеней свободы f	Значения пределов g					Число степеней свободы f
	10	5	2	1	0,1	
1	6,314	12,706	31,821	63,657	636,6	1
2	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600	2
3	2,353	3,182	4,541	5,841	12,922	3
4	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610	4
5	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869	5
6	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959	6
7	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408	7
8	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041	8
9	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781	9
10	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587	10
12	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318	12
14	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140	14
16	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015	16
18	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922	18
20	1,725	2,086	2,528	2,845	3,849	20
22	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792	22
24	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745	24
26	1,706	2,056	2,479	2,779	3,704	26
28	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674	28
30	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646	30
40	1,684	2,02	2,42	2,70	3,55	40
60	1,671	2,00	2,39	2,66	3,46	60
120	1,658	1,980	2,36	2,62	3,37	120
	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291	

рованной функции Лапласа. В выборках с небольшим числом проб вместо коэффициента берется значение t — критерия Стьюдента с той же вероятностью.

Значения t — критерия Стьюдента для различной вероятности имеются во всех учебниках математической статистики и теории вероятности. В сокращении они приводятся в табл. 13.

§ 179. Для выявления зон загрязнения (геохимических аномалий) необходимо установить величины аномальных содержаний элементов в определенных частях каждого ландшафта. Определение аномальных содержаний производят по следующим формулам:

$$\text{для нормального закона } Ca = \bar{x} + 3s;$$

$$\text{для логнормального } Ca = (\text{antlg } \bar{x}) \epsilon^3,$$

где $\epsilon = \text{antlg } s$.

Полученные значения можно считать за нижний предел аномальных

содержаний для единичных, изолированных точек. Критерий "трех стандартных отклонений" ($+ 3s$) для выделения величин, не входящих в рассматриваемые выборки, широко применяется не только в геохимии, но и во многих разделах техники. Это объясняется тем, что при использовании данного критерия вероятность ошибочного отнесения проб, характеризующихся нормальным фоновым колебанием содержаний, к числу аномальных в данной выборке очень мала. Так, анализ распространения какого-нибудь элемента в породах при выборке, равной 10 000 проб, позволяет допустить попадание в число аномальных только 14 "случайных" проб вследствие колебания фоновых содержаний.

Выделяя зоны загрязнения, следует помнить, что они являются объемными и приурочены к определенным геохимическим барьерам (техногенным или природным). Следовательно, в геохимическую аномалию (особенно при проведении детальных исследований) будет попадать не одна, а несколько точек пробоотбора, т.е. появляются коррелирующиеся пробы с повышенными содержаниями определенного элемента. Корреляция таких проб при загрязнении окружающей среды в большинстве случаев имеет площадной характер, при котором пробы с повышенным содержанием расположены рядом на определенном участке.

§ 180. В зависимости от времени, прошедшего от начала загрязнения, содержание загрязняющих элементов (их соединений) в пробах может колебаться, уменьшаясь в "более молодых" зонах загрязнения. Некоторое уменьшение концентраций элементов в техногенных аномалиях может вызываться и другими причинами (промыывание пойм рек в период половодья, вымывание элементов при сильных дождях и таянии снега и др.).

Для того, чтобы не пропустить такие "более бедные" аномалии, приходится умышленно занижать величину аномального содержания. При этом для гарантии отсева проб, в которых повышенные содержания вызваны только случайными колебаниями фона, в аномалию можно объединить только те пробы, для которых отмечается четко выраженная пространственная корреляция.

§ 181. Для устранения субъективных ошибок при выделении аномалий с пониженным уровнем следует пользоваться следующими формулами:

$$\text{для нормального закона } Ca = \bar{x} + \frac{3s}{\sqrt{m}};$$

$$\text{для логнормального закона } Ca = (\text{antlg } \bar{x}) \epsilon^3 \sqrt[3]{m},$$

где Ca — нижний предел содержаний, относимых к аномальным; \bar{x} — среднеарифметическое содержание элемента в выборке; s — среднеквадратичное отклонение; $\text{lg } \bar{x}$ — среднеарифметическое логарифмов содержаний элемента в выборке; ϵ — безразмерная величина, равная $\text{antlg } s$; m — число коррелирующихся точек.

§ 182. Опыт работ показывает, что целесообразно рассчитывать

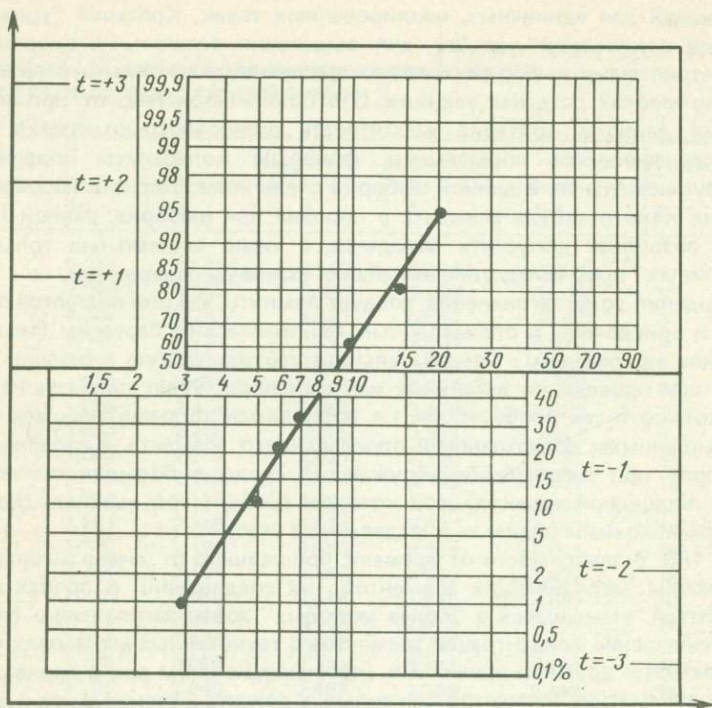


Рис. 15. Вероятностный трафарет.

нижний предел аномальных содержаний для единичных проб, а также для двух и девяти коррелирующихся проб. Дальнейшее снижение величины аномального содержания при $m > 9$ теряет смысл, так как происходит его значительное приближение к фоновому содержанию.

Для двух коррелирующихся проб аномальное содержание определяется по формулам: $Ca = \bar{x} + 2S$; $Ca = C_{\text{ф}} \cdot \epsilon^2$, а для девяти коррелирующихся проб — по формулам $Ca = \bar{x} + s$; $Ca = C_{\text{ф}} \cdot \epsilon_1$.

§ 183. Предварительную математическую обработку геохимических данных в полевых условиях при небольшом объеме фактического материала технически удобно производить графически с помощью вероятностного трафарета. Вероятностные трафареты могут использоваться для обработки выборок, в которых распределение содержаний элементов подчиняется нормальному и логнормальному законам. На бланках вероятностной бумаги (рис. 15) по оси абсцисс нанесены в логарифмическом (для логнормального закона распределения) и арифметическом масштабе границы интервалов содержания элементов. По оси ординат откладываются относительно накопления частоты в процентах, подсчет которых удобно вести, сразу заполняя табл. 14.

Заполнение граф 1, 2, 3 и 4 в табл. 14 не вызывает затруднений. На-

Таблица 14

Подсчет накопленных частостей

Номер интервала	Границы содержаний интервалов, г/т	Среднее значение интервала	Число проб в интервале	Накопленная частость	Накопленная частость, %
1	26—35	30	2	2	1
2	36—45	40	8	10	5
3	46—55	50	10	20	10
4	56—65	60	20	40	20
5	66—75	70	20	60	30
6	76—95	90	40	100	50
7	96—105	100	20	120	60
8	120—170	150	40	160	80
9	171—250	200	30	190	95
10	251—350	300	10	200	100

копленная частость (графа 5) определяется последовательным сложением числа проб в интервалах. Накопленная частость (графа 6) подсчитывается в процентах как отношение накопленных частостей к общему числу проб. Подсчитав накопленную частость, необходимо определить закон распределения содержаний элемента в выборке. Для этого на вероятностном трафарете строится график накопленных частостей. По оси абсцисс откладываются величины средних значений интервалов, а по оси ординат — соответствующие им накопленные частости. Если полученные точки соединяются одной прямой, закон распределения соответствует закону, указанному на вероятностном трафарете.

Практически всегда некоторое количество точек на трафарете отходит от осредняющей прямой. В этом случае с помощью критерия А.Н. Колмогорова по наихудшей точке проверяют соответствие данного распределения теоретическому закону:

$$\lambda = \frac{\Delta y \sqrt{N}}{100} < 1,35,$$

где Δy — разность ординат этой точки и соответствующей точки на осредняющей прямой в процентах; N — общее число проб в выборке.

При условии соблюдения критерия А.Н. Колмогорова параметры распределения определяют по осредняющей прямой. Абсцисса точки с ординатой 50 % соответствует среднеарифметическому x или среднеарифметическому логарифму $\lg x$ (при логнормальном законе). Среднеквадратичное отклонение s при нормальном законе распределения вычисляют как разность между абсциссой точки накопления с ординатой 84 % и абсциссой точки с ординатой 50 %. При логнормальном распределении величину $\epsilon = \text{antlg } s$ определяют как отношение абсциссы точки с ординатой 84 % к абсциссе точки с ординатой 50 %. Определив эти характе-

Таблица 15

Геохимическая характеристика ландшафтов

Ландшафт и его краткая характеристика	Элемент	Количество проб	Процент обнаружения	Закон распределения	Среднее арифметическое содержание элемента	Фоновое содержание элемента в %	Среднеквадратичное отклонение	Аномальные содержания элемента (%) в зависимости от числа коррелирующих проб		
								9	2	Единичные
Богарных пашен, гидрокарбонатно-кальциевого класса, элювиальный, на золотых отложениях	Ni	66	100	Логнормальный	5,1	4,9	1,3	6,4	8,5	11,2
	Pb	66	100	Нормальный, логнормальный	2,6	2,6	1,2	3,9	5,0	6,3
Пастбища, гидрокарбонатно-кальциевого класса трансупераквальный на аллювиальных отложениях	Cr	66	100	Нормальный	10,1	9,3	1,5	14,1	21,1	31,8
	Ni	39	100	"	3,0	3,0	0,84	3,8	4,6	5,5
	Pb	39	100	"	1,1	1,1	0,43	1,6	2,0	2,4
	Cr	39	100	"	5,0	5,0	1,7	6,7	8,3	10,1
Лесов, гидрокарбонатно-кальциевого класса, трансупераквальный, на аллювиальных отложениях	Ni	33	100	"	2,2	2,1	1,0	3,2	4,2	5,2
	Pb	33	100	"	1,4	1,4	0,7	2,1	2,8	3,5
	Cr	33	100	"	3,2	3,2	1,3	4,5	5,8	7,1

ристики, по ранее приведенным формулам рассчитывают аномальные содержания для единичных проб, а также для двух и девяти коррелирующихся проб.

§ 184. Проведя предварительную статистическую обработку собранной геохимической информации и вычислив фоновые и аномальные содержания, удобно все полученные данные свести в одну таблицу (табл. 15).

9. ВЫДЕЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ И АНОМАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

§ 185. Выделение негеохимических аномалий и аномальных участков, связанных с загрязнением окружающей среды, в своей основе аналогично выделению аномалий при геохимических поисках. На карте с вынесенными границами пронумерованных геохимических ландшафтов и точками отбора проб по профилям особыми значками (можно разными цве-

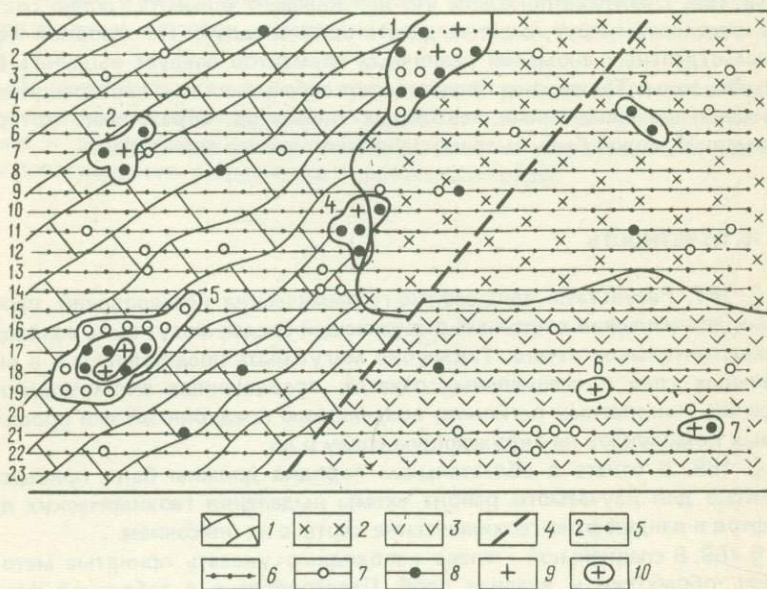


Рис. 16. Схема выделения геохимических аномалий:

1-3 — различные геохимические ландшафты, отличающиеся только по составу почвоподстилающих горных пород, VI классификационный уровень (1 — на известняках, 2 — на гранитах, 3 — на эффузивных породах); 4 — разрывное нарушение, ограничивающее распространение известняков; 5 — профили отбора проб и их номера; 6 — точки отбора проб с содержанием ниже аномального; 7-9 — точки отбора проб с аномальными содержаниями (7 — для девяти коррелирующихся проб, 8 — для двух коррелирующихся проб, 9 — для единичных проб); 10 — геохимическая аномалия и ее номер

тами) выделяются только пробы с содержаниями, аномальными для единичных, двух и девяти коррелирующих проб (рис. 16).

Затем производится выделение аномалий с учетом корреляции проб. Так, каждая проба с содержанием выше аномального для единичных проб заслуживает внимания (см. аномалию 6, рис. 16). Пробы с содержаниями, аномальными для двух коррелирующихся проб, составляют аномалию, если их рядом не меньше двух (см. аномалию 3, рис. 17) или если рядом расположена проба с содержанием, аномальным для единичных проб (аномалия 7). Пробы с содержаниями, аномальными для девяти коррелирующихся проб, включаются в аномалии только в том случае, если общее число составляющих ее проб не меньше девяти (аномалия 1,5). Внутри крупных аномалий могут находиться отдельные пробы с фоновыми содержаниями (аномалия 1). При необходимости в пределах аномалии изолиниями выделяются содержания, аномальные для единичных и двух коррелирующих проб (аномалия 5). Аналогично, выносом пробы с резко пониженными содержаниями элементов, выделяются отрицательные аномалии.

§ 186. Практика показала, что для каждого элемента удобно составлять отдельную карту, а затем делать одну сводную. На сводной карте кроме отдельных аномалий различных элементов следует выделять аномальные зоны. Такие зоны представляют собой участки с пространственно сближенными аномалиями некоторых элементов, образование которых (аномалий) может быть вызвано одними и теми же причинами.

10. ОТЧЕТНОСТЬ

§ 187. Результаты ландшафтно-геохимических исследований, проводимых для изучения состояния окружающей среды, могут быть изложены в самостоятельном отчете. Также они могут быть представлены и в виде отдельных глав в специальных отчетах, посвященных экологическому описанию конкретных регионов, воздействию предприятий или промышленных комплексов на окружающую среду и др.

§ 188. В отчете в обязательном порядке должны быть приведены принятые для изучаемого района схемы выделения геохимических ландшафтов и ландшафтно-геохимические карты с их описанием.

§ 189. В специальной главе необходимо указать принятые методы отбора, обработки и анализа проб. Целесообразно в табличной форме привести данные о пределах обнаружения отдельных элементов, о воспроизводимости и правильности использования методов анализа проб с указанием объема контрольных работ.

§ 190. Все точки рядового отбора проб, точки наблюдения при ландшафтно-геохимической съемке, точки наблюдений и контрольного отбора проб выносятся на карты фактического материала. На этих же картах должны быть вынесены все пройденные горные и буровые выработки.

§ 191. В обязательном порядке в отчете должны быть приведены

полные геохимические характеристики всех выделенных геохимических и межбарьерных ландшафтов. Они должны включать в себя данные о фоновых и аномальных содержаниях изучаемых элементов в почвах, основных видах произрастающих в районе растений, поверхностных и подземных водах, донных отложениях.

§ 192. Для каждого элемента должны быть составлены отдельные карты литохимических, биогеохимических и гидрогеохимических аномалий. Кроме моноэлементных карт должны составляться полиэлементные карты аномалий с выделением аномальных участков.

§ 193. Целесообразным является построение литохимических и биогеохимических карт фоновых содержаний отдельных элементов, составленных на ландшафтно-геохимической основе. На этих картах одним цветом закрашиваются геохимические ландшафты с близкими по величине фоновыми содержаниями. Градация содержаний выбирается такой, чтобы аномальное содержание для девяти коррелирующихся проб попадало в следующий класс фоновых содержаний.

§ 194. В отчете должны приводиться данные о вероятных источниках загрязнения и способах образования техногенных геохимических аномалий.

По результатам детальных исследований должны быть разработаны рекомендации и мероприятия по предотвращению дальнейшего загрязнения и по наиболее рациональным способам устранения последствий уже происшедшего загрязнения окружающей среды.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение № 1

Средние содержания (в %) химических элементов в земной коре
По данным различных исследователей

№ п/п	Элемент	Ф. Кларк и Г. Ва- шингтон, 1924	А.П. Виногра- дов, 1962	С. Тейлор, 1964	А. Беус, 1975 (без осадочного чехла)
1	H	0,88	—	—	0,10
2	He	—	—	—	—
3	Li	0,004	0,0032	0,0020	0,002
4	Be	0,001	0,00038	0,00028	0,00015
5	B	0,001	0,0012	0,001	0,0007
6	C	0,087	0,023	0,02	0,017
7	N	0,03	0,0019	0,002	0,002
8	O	49,52	47,00	46,40	46,00
9	F	0,027	0,066	0,0625	0,06
10	Ne	—	—	—	—
11	Na	2,64	2,50	2,36	2,30
12	Mg	1,94	1,87	2,33	2,40
13	Al	7,51	8,05	8,23	8,10
14	Si	25,75	29,00	28,15	27,70
15	P	0,12	0,093	0,105	0,10
16	S	0,048	0,047	0,026	0,03
17	Cl	0,19	0,017	0,013	0,01
18	Ar	—	—	—	—
19	K	2,40	2,50	2,09	1,80
20	Ca	3,29	2,96	4,15	4,30
21	Sc	$n \cdot 10^{-5}$	0,001	0,0022	0,0024
22	Ti	0,58	0,45	0,57	0,60
23	V	0,016	0,009	0,0135	0,019
24	Cr	0,033	0,0083	0,01	0,012
25	Mn	0,08	0,1	0,095	0,09
26	Fe	4,70	4,65	0,63	5,70
27	Co	0,01	0,0018	0,0025	0,0034
28	Ni	0,018	0,0058	0,0075	0,0095
29	Cu	0,01	0,0047	0,0055	0,0065
30	Zn	0,004	0,0083	0,007	0,0087
31	Ga	$n \cdot 10^{-9}$	0,0019	0,0015	0,0017
32	Ge	$n \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,00013
33	As	$n \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$
34	Se	$n \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$
35	Br	$n \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
36	Kr	—	—	—	—
37	Rb	$n \cdot 10^{-3}$	0,015	0,009	0,009
38	Sr	0,017	0,034	0,0375	0,038
39	Y	—	0,0029	0,0033	$2,6 \cdot 10^{-3}$
40	Zr	0,023	0,017	0,0165	0,013
41	Nb	—	0,002	0,002	0,0019
42	Mo	$n \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,0001
43	Tc	—	—	—	—

Продолжение прил 1

№ п/п	Элемент	Ф. Кларк и Г. Вашингтон, 1924	А.П. Виноградов, 1962	С. Тейлор, 1964	А. Беус, 1975 (без осадочного чехла)
44	Ru	$n \cdot 10^{-9}$	—	—	—
45	Rh	$n \cdot 10^{-9}$	—	—	—
46	Pd	$n \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	—	$n \cdot 10^{-7}$
47	Ag	$n \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-6}$
48	Cd	$n \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
49	In	$n \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
50	Sn	$n \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$
51	Sb	$n \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
52	Te	$n \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	—	$1 \cdot 10^{-7}$
53	I	$n \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
54	Xe	—	—	—	—
55	Cs	$n \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
56	Ba	0,047	0,065	0,0425	0,045
57	La	—	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$
58	Ce	—	$7 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$
59	Pr	—	$9 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$
60	Nb	—	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$
61	Pm	—	—	—	—
62	Sm	—	$8 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$
63	Eu	—	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
64	Cd	—	$8 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$
65	Tb	—	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$
66	Dy	—	$5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$
67	Ho	—	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
68	Er	—	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$
69	Tm	—	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$4,8 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$
70	Yb	—	$3,3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$
71	Lu	—	$8 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$
72	Hf	$3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$
73	Ta	—	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
74	W	$5 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
75	Re	—	$7 \cdot 10^{-8}$	—	$7 \cdot 10^{-8}$
76	Os	$n \cdot 10^{-8}$	—	—	—
77	Ir	$n \cdot 10^{-8}$	—	—	$2 \cdot 10^{-8}$
78	Pt	$n \cdot 10^{-7}$	—	—	—
79	Au	$n \cdot 10^{-7}$	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$
80	Hg	$n \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$4,6 \cdot 10^{-6}$
81	Tl	$n \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$
82	Pb	$2 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-4}$
83	Bi	$n \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-7}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-7}$
84	Po	—	—	—	—
85	At	—	—	—	—
86	Rn	—	—	—	—
87	Fr	—	—	—	—
88	Ra	$n \cdot 10^{-10}$	—	—	—
89	Ac	—	—	—	—
90	Th	$2 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	$7,3 \cdot 10^{-4}$
91	Pa	—	—	—	—
92	U	$8 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$

Приложение № 2

Распространенность главных элементов в земной коре. По В. М. Гольдшмидту

Элемент	Распространенность, %			Радиус, нм
	По массе	Атомная	По объему	
O	46,60	62,55	91,97	0,132
Si	27,72	21,22	0,80	0,039
Al	8,13	6,47	0,77	0,057
Fe	5,00	1,92	0,68	0,082
Mg	2,09	1,84	0,56	0,078
Ca	3,63	1,94	1,48	0,106
Na	2,83	2,64	1,60	0,098
K	2,59	1,42	2,14	0,133

Приложение № 3

Распространенность химических элементов в почвах, %.

По А. П. Виноградову и Д. П. Малюга

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Li	$3 \cdot 10^{-3}$	V	$1 \cdot 10^{-2}$	Mo	$2 \cdot 10^{-4}$
Be	$6 \cdot 10^{-4}$	Cr	$2 \cdot 10^{-2}$	Ag	$(1 \cdot 10^{-5})$
B	$1 \cdot 10^{-3}$	Mn	$8,5 \cdot 10^{-2}$	Cd	$5 \cdot 10^{-5}$
F	$2 \cdot 10^{-2}$	Fe	3,8	Sn	$1 \cdot 10^{-3}$
Na	0,63	Co	$1 \cdot 10^{-3}$	Y	$5 \cdot 10^{-4}$
Mg	0,63	Ni	$4 \cdot 10^{-3}$	Cs	$5 \cdot 10^{-4}$
Al	7,13	Cu	$2 \cdot 10^{-3}$	Ba	$5 \cdot 10^{-2}$
Si	33,0	Zn	$5 \cdot 10^{-3}$	Au	—
P	$8 \cdot 10^{-2}$	As	$5 \cdot 10^{-4}$	Hg	$1 \cdot 10^{-6}$
S	$8,5 \cdot 10^{-2}$	Se	$1 \cdot 10^{-6}$	Pb	$1 \cdot 10^{-3}$
Cl	$1 \cdot 10^{-2}$	Br	$5 \cdot 10^{-4}$	Ra	$8 \cdot 10^{-11}$
K	1,36	Rb	$6 \cdot 10^{-3}$	Th	$6 \cdot 10^{-4}$
Ca	1,37	Sr	$3 \cdot 10^{-2}$	U	$1 \cdot 10^{-4}$
Ti	0,46	Zr	$3 \cdot 10^{-2}$		

Приложение № 4

Средние содержания химических элементов (%) в поверхностных и подземных водах.

По данным разных авторов

Элемент	Океаническая и морская вода (Масон)	Литосфера в среднем (А. П. Виноградов)	Коэффициент талассофильности элементов	Речная вода (В. И. Вернадский)	Подземные минерализованные воды (М. А. Овчинников)
O	85,89	47,2	1,82	—	—
H	10,6	0,15	72	—	—
Cl	1,9	$4,5 \cdot 10^{-2}$	42,2	$1,2 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-2}$	До 16
Na	1,06	2,64	0,4	$7 \cdot 10^{-5} - 2,3 \cdot 10^{-4}$	10

Элемент	Океаническая и морская вода (Масон)	Литосфера в среднем (А. П. Виноградов)	Коэффициент талассофильности элементов	Речная вода (В. И. Вернадский)	Подземные минерализованные воды (М.А. Овчинников)
Mg	0,13	2,1	$6 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-6} - 6,6 \cdot 10^{-3}$	0,5
S	$8,8 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	1,76	$3,7 \cdot 10^{-6} - 1,7 \cdot 10^{-2}$	1,5
Ca	$4 \cdot 10^{-2}$	3,6	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-5} - 1,7 \cdot 10^{-2}$	0,2
K	$3,8 \cdot 10^{-2}$	2,6	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-6} - 3,4 \cdot 10^{-3}$	0,1
Br	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	40,5	—	$1 \cdot 10^{-2}$
C	$3 \cdot 10^{-3}$	0,1	$3 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$
Sr	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-3}$
B	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	1,53	—	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Si	$3,6 \cdot 10^{-4}$	27,6	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$4,8 \cdot 10^{-6} - 1,2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$
F	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-6} - 6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Al	$1 \cdot 10^{-4}$	6,6	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-6} - 1,7 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$
N	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-6} - 2,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Rb	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	—	—
Li	$1 \cdot 10^{-5}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
P	$6 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$8,8 \cdot 10^{-7} - 6,5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Ba	$5 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-4}$	—	$4 \cdot 10^{-3}$
Y	$5 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$	$3,8 \cdot 10^{-8} - 1,3 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Cu	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$? - 2,1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-3}$
As	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7} - 9,3 \cdot 10^{-5}$	—
Fe	$1,1 \cdot 10^{-6}$	5,10	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6} - 4,6 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Zn	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$? - 1,2 \cdot 10^{-3}$	—
Mn	$5,5 \cdot 10^{-7}$	$9 \cdot 10^{-2}$	$6,1 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6} - 7,7 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Pb	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$	—	—
Sc	$4 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$	—	—
Sn	$3 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-5}$	—	—
Cs	$2 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	—	—
Mo	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-5}$	—	—
U	$5 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	—	—
Ga	$6 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$	—	—
Th	$5 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$6,2 \cdot 10^{-5}$	—	—
Ce	$4 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$8,7 \cdot 10^{-6}$	—	—
Ni	$3 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-6}$	—	—
V	$3 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-6}$	—	—
La	$3 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	—	—
I	$3 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	—	—
Hg	$3 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	—	—
Ag	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-12} - 6,5 \cdot 10^{-8}$	—
Bi	$2 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$	—	—
Co	$1 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$	—	—
Se	$4 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-6}$	—	—
Au	$6 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-13} - 1 \cdot 10^{-9}$	—
Ra	$1,6 \cdot 10^{-10}$	—	—	—	—
Ti	Присутств.	0,6	?	—	До $4 \cdot 10^{-4}$
Cd	—	$5 \cdot 10^{-5}$?	—	$5,4 \cdot 10^{-5}$

Приложение № 5

Максимальные содержания микрокомпонентов в подземных водах.

По данным разных авторов

Элемент	Максимальное содержание, г/л	pH	Минерализация воды, г/л	Тип подземных вод	Место определения
Li	0,351	—	415	Рассолы	Калийные рудники ГДР и ЧССР
Be	$4,3 \cdot 10^{-4}$	7,0—7,5	0,4—0,8	Углекислые	Оз. Сёрлс, Калифорния
B	4,68	9,1—9,4	428	Рапа солеродных бассейнов	
F	15,0	11,7	60	Рудничные	Ловозерский щелочной массив
Ti	0,015	3,5	—	Гидротермы	П-ов Камчатка
V	$9 \cdot 10^{-5}$	3,8	0,35	Грунтовые	Норильский район
Cr	$6 \cdot 10^{-4}$	3,8	0,22	— " —	Кузнецкий Алатау
Mn	1,69	4,0	234	Рудничные	Центральный Туннель
Co	3,6	1,8	152	— " —	Норильское месторождение
Ni	30	1,8	152	— " —	То же
La	$26,3 \cdot 10^{-5}$	9,4	0,63	Грунтовые	Ловозерский щелочной массив
Cu	45,63	3,0	117,3	Рудничные	Маунтин (шт. Монтана, США)
Zn	12,07	2,8	278	— " —	Гайское месторождение
Ge	$1 \cdot 10^{-4}$	7,9	2,6	Углекислые	Центральный Кавказ
Ce	$41,8 \cdot 10^{-5}$	9,4	0,51	Грунтовые	Ловозерский щелочной массив
As	0,4	2,5	254	Рудничные	Блявинское месторождение
Se	$3 \cdot 10^{-4}$	2,6	250	— " —	Гайское месторождение
Br	10,18	—	586	Седиментационные	Ангаро-Ленский артезианский бассейн
Rb	$7,7 \cdot 10^{-3}$	—	13	Гидротермы	Новая Зеландия
Sr	3,5	—	332	Рассолы	Шт. Пенсильвания (США)
Zr	$1,5 \cdot 10^{-4}$	6,8	21,3	Углекислые	Кавказ
Nb	$4 \cdot 10^{-4}$	11,8—12	55	Рудничные	Ловозерский щелочной массив
Mo	$8 \cdot 10^{-3}$	7,5	1,5	— " —	Батыстау
Ag	$2 \cdot 10^{-3}$	—	332	Горячие рассолы	Южная Калифорния (США)
Cd	$4,1 \cdot 10^{-2}$	4,0	4,2	Рудничные	Шт. Монтана (США)
Sn	$1,8 \cdot 10^{-2}$	—	—	— " —	Боливия
Sb	0,9	8,8	—	Гидротермы	Новая Зеландия
Y	$16,3 \cdot 10^{-6}$	9,4	0,63	Грунтовые	Ловозерский щелочной массив
I	0,462	—	27,6	Седиментационные	Копет-Даг
Cs	$2,9 \cdot 10^{-3}$	—	—	Гидротермы	Новая Зеландия
Ba	5,5	—	—	Рассолы	Западная Виргиния (США)
W	0,75	9,1—9,4	428	Рапа солеродных бассейнов	Оз. Сёрлс (Калифорния, США)
Au	$5,5 \cdot 10^{-6}$	7,3—7,5	2,0	Рудничные	Гайское месторождение
Hg	$2,2 \cdot 10^{-4}$	4,5	320	Воды выщелачивания галогенной толщи	Донбасс
Pb	0,1	—	332	Горячие рассолы	Южная Калифорния
Tl	$2,22 \cdot 10^{-3}$	5,6	341,5	Рассолы	Канский бассейн
Th	$2,2 \cdot 10^{-5}$	5,5	0,04	Грунтовые	Казахстан
U	0,8	2,0	2,0	Рудничные	СССР

Щелочно-кислотные условия	Типоморфные водные мигранты	Типоморфные воздушные мигранты и окислительно-восстановительные условия		
		O ₂ (окислительная обстановка)	CO ₂ , частично CH ₄ (восстановительная обстановка без H ₂ S)	H ₂ S (восстановительная обстановка с H ₂ S)
Сильнокислые	H ⁺ , SO ₄ ²⁻ , иногда Al ³⁺ , Fe ³⁺	I. Сернокислый	XI. Сернокислый глеевый	XVII. Сернокислый сульфидный
	H ₁ Cl ⁻ , Al ³⁺ , Fe ³⁺	II. Солянокислый	—	—
Слабокислые	H, органические кислоты, HCO ₃	III. Кислый (H ⁺) IV. Кислый на кварцевых песках (H ⁺) V. Кислый переходный к кальциевому (H ⁺ — Ca ²⁺)	XII. Кислый глеевый (H ⁺ — Fe ²⁺)	XVIII. Кислый сульфидный
Нейтральный и слабощелочные	Ca ²⁺ (Na ⁺ , Fe ²⁺)	VI. Кальциевый (Ca) (Ca ²⁺ — Na ⁺)	XIII. Карбонатный глеевый (Ca ²⁺ — Fe ²⁺)	XIX. Нейтральный, сульфидный
	Cl ⁻ , Na ⁺ , SO ₄ ²⁻ Ca ²⁺ , SO ₄ ²⁻	IX. Соленосный VIII. Гипсовый	XIV. Соленосный глеевый XV. Гипсовый глеевый	XX. Соленосно-сульфидный (Na ⁺ — H ₂ S)
Сильнощелочные	OH ⁻ , Na ⁺ , HCO ₃ ⁻ , SiO ₂	X. Содовый (Na ⁺ — OH ⁻)	XVI. Содовый глеевый	XXI. Содовый сероводородный (Na ⁺ — OH ⁻ — H ₂ S)

Содержание и роль элементов в жизни растений.

По данным Е. А. Бойченко, А. П. Виноградова, Д. П. Малюги, А. И. Перельмана и др.

Элемент	Кларк литосферы (Кл, %)	Среднее содержание в золе растений (Ср), %	КПБ = Ср/Кл	Максимальное содержание C_a в золе		Роль элемента в жизни растения	Форма нахождения
				%	Растение, орган		
H	—	Незольный	—	—	—	Передатчик энергии, составная часть воды	Органические соединения, минеральная, растворы
Li	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	0,3	0,4	Стебли и листья табака	Ингибирует некоторые ферменты	Органические соединения
Na	2,5	2,0	0,8	31,0	То же	Регулятор ионного баланса и рН клеток, активизирует ферменты	То же
K	2,5	3,0	1,2	49,7	Клубни картофеля	То же	—"
Rb	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	0,7	0,8	Хвоя кедра	Активизирует некоторые ферменты	—"
Cs	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	0,5	0,10	Ветви ивы	Ингибирует ферменты	—"
Fr	—	Не обн.	—	—	—	—	—
Cu	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	4,2	3,0	Наземные части	Катализирует работу ферментов окисления — восстановления	Органические соединения
Ag	$7 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	14,3	0,06	Ветви багульника	Не ясна	Не ясна
Au	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-4}$	233,0	0,06	Наземные части хвоща	—"	—"
Be	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	0,6	2,0	Зерна пшеницы	Ингибирует ферменты	Органические соединения
Mg	1,87	7,0	3,8	35,6	Древесина бука	Регулятор процессов передвижения веществ, активизирует деятельность ферментов, составная часть хлорофилла	—"
Ca	2,96	3,0	1,0	32,0	То же	Регулирует ионный баланс и рН клеток, влияет на проницаемость протоплазмы, активизирует ферменты	То же

Элемент	Кларк литосферы (Кл, %)	Среднее содержание в золе растений (Ср), %	КПБ = Ср/Кл	Максимальное содержание С _a в золе		Роль элемента в жизни растения	Форма нахождения
				%	Растение, орган		
Sr	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0,9	10,0	Наземные части клевера	Ингибирует некоторые ферменты	—"
Ba	$6,5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	0,2	5,0	Различные растения	Ингибирует ферменты, регулирует передвижение веществ	Органические соединения
Ra	$1 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	0,2	$3,16 \cdot 10^{-7}$	Ветви березы	Не ясна	Не ясна
Ln	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-2}$	10,8	21,3	Наземные части ярутки	Участвует в ферментативном переносе групп окисления	Органические соединения
Cd	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$	0,1	0,01	Растения на полиметаллическом месторождении	Ингибирует некоторые ферменты	То же
Hg	$7,0 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$	0,01	0,003	Некоторые водоросли	То же	—"
Sc	$1 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-6}$	0,01	0,001	Веточки брусники	Не ясна	Не ясна
TR	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	0,03	0,03	Мох	—"	—"
	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	0,6	4,6	Орех гикори	Ингибирует ферменты	Органические соединения
As	—	—	—	—	—	Не ясна	Не ясна
B	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-2}$	33,0	1,8	Наземные органы рододендрона	Влияет на фотосинтетическую активность растений, повышает гидрофильность	Органические соединения
Al	8,05	1,4	0,2	27,0	Плаун	Активизирует ферменты	То же
Ga	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	2,6	0,005	Листья яблони	Не ясна	Не ясна
In	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	0,2	(?)	Некоторые растения	—"	—"
Tl	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-7}$	0,005	0,001	Мох кукушки	—"	—"
Ti	0,45	0,1	0,2	3,7	Мята	—"	—"
Zr	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0,03	0,02	Кора сосны	—"	—"
Hf	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-7}$	0,005	(?)	Некоторые растения	—"	—"
Th	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$	0,04	0,1	Ветви и листья осины	—"	—"
C	$2,3 \cdot 10^{-3}$	Незольный	—	—	—	Накопитель энергии	Органические соединения, минеральная

Продолжение прил. 7

Элемент	Кларк литосферы (Кл, %)	Среднее содержание в золе растений (Ср), %	КПБ = Ср/Кл	Максимальное содержание C_{θ} в золе		Роль элемента в жизни растения	Форма нахождения
				%	Растение, орган		
Si	29,5	15	0,5	40,0	Хвощ	Входит в состав клеточных стенок	Органические соединения
Ge	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-2}$	35,6	0,02	Хвоя растений	Не ясна	Не ясна
Sn	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	2,0	0,05	Растения на полиметаллических месторождениях	—"	—"
Pb	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0,6	3,6	„Свинцовые травы“ из рода <i>Agrostis</i>	Ингибирует некоторые ферменты	Органические соединения
V	$9 \cdot 10^{-3}$	$6,1 \cdot 10^{-3}$	0,7	0,2	Корни можжевельника	Влияет на образование хлорофилла	—"
Nb	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$	0,02	0,1	Мох	Не ясна	Не ясна
Ta	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-7}$	0,002	0,02	Вейник	—"	—"
Pa	—	Не обн.	—	—	—	—	—
N	$1,9 \cdot 10^{-3}$	Незольный	—	—	—	Накопитель энергии	Органические соединения
P	$9,3 \cdot 10^{-2}$	7,0	75,2	12,0	Зерна кукурузы	То же	Органические соединения, минеральная
As	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$	0,2	1,5	Трава в окрестностях завода Анаконда	Не ясна	Не ясна
Sb	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	0,1	0,01	Кора лиственницы	—"	—"
Bi	$9 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$	0,1	0,01	Растения на полиметаллическом месторождении	—"	—"
Cr	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	3,0	0,2	Ковыль	Активизирует некоторые ферменты	Органические соединения
Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	18,2	0,2	Ветви березы	Катализирует ферменты окисления — восстановления	То же
W	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-7}$	0,004	0,1	Растения на вольфрамовом месторождении	Не ясна	Не ясна
U	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	0,2	0,7	Корни <i>Sarcolatus Vermiculatus</i>	—"	—"
O	47	Незольный	—	—	—	Передатчик энергии	Органические соединения, минеральная

Продолжение прил. 7

Элемент	Кларк литосферы (Кл, %)	Среднее содержание в золе растений (Ср), %	КПБ = Ср/Кл	Максимальное содержание C_a в золе		Роль элемента в жизни растения	Форма нахождения
				%	Растение, орган		
S	$4,7 \cdot 10^{-2}$	5	106	6,2	Зеленчук желтый	Накопитель энергии	То же
Se	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	10	1,5	Астрагал	Связан обратной зависимостью с серой в растениях	Не ясна
Po	—	Не обн.	—	—	—	—	—
Mn	0,1	0,75	7,5	15,0	Листья лавровишни	Катализирует с ферменты окисления — восстановления	Органические соединения
Tc	—	Не обн.	—	—	—	—	—
Re	$7 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-10}$	0,007	—	Некоторые растения	—	—
F	$6,6 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0,02	1,0	Растения на флюоритовых месторождениях	Не ясна	Не ясна
Cl	$1,7 \cdot 10^{-3}$	1	60,0	49,0	Астра	—	—
Br	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	71,0	1,0	Некоторые растения	—	—
I	$4 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3}$	125,0	1,0	Водоросли	—	—
At	—	Не обн.	—	—	—	—	—
Fe	4,65	1	0,2	51,3	Водяной орех	Катализирует ферменты окисления — восстановления	Минеральная, органические соединения
Ru	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-9}$	0,01	—	Некоторые растения	Не ясна	Не ясна
Cs	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-8}$	0,01	—	То же	—	—
Co	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	0,8	0,1	Колючелистник	Активизирует ферменты	Органические соединения
Rh	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-9}$	0,05	—	Некоторые растения	Не ясна	Не ясна
Ir	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-10}$	0,005	—	То же	—	—
Te	$1 \cdot 10^{-7}$	Не обн.	—	—	—	—	—
Ni	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	0,9	7,9	Бурачок	Активизирует ферменты	Органические соединения
Pd	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-8}$	0,05	—	Некоторые растения	Не ясна	Не ясна
Pt	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-10}$	0,001	—	То же	—	—

Зольность сухого вещества наземных растений.
По А. Л. Ковалевскому

Биообъект	Содержание золы в сухом веществе, %	
	предельное	среднее
Древесина лиственницы, сосны, кедра	0,12—0,35	0,2
Древесина осины, ивы, кора березы	0,7—1,4	1,0
Двух-, восьмилетние стебли и ветви кустарниковых растений, кора сосны и кедра	1,0—2,6	1,6
Двух-, восьмилетние части ветвей древесных растений, кора лиственницы	0,8—3,6	2,0
Семена зерновых и масличных культур (пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза, гречиха, подсолнечник, хлопчатник)	1,5—4,0	2,3
Одно-, двухлетние побеги древесных и кустарниковых растений	1,7—3,8	2,5
Крупные корни древесных, кустарниковых и травянистых растений	1,2—5,0	2,5
Многолетняя хвоя древесных и кустарниковых растений	2,0—4,3	3,0
Семена бобовых	2,5—4,6	3,4
Кора осины	3,4—5,7	4,0
Листья кустарниковых растений, хвоя лиственницы	3,7—6,5	5,0
Зеленые побеги древесных растений	4,8—11	6,0
Мелкие корни древесных, кустарниковых и травянистых растений	3,6—10	6,0
Листья древесных растений	4—12	7,0
Наземные части травянистых растений с нормальной зольностью	6—12	8,0
Наземные части травянистых растений с повышенной зольностью	10—17	13
Сухие и полусухие солянки, листья сахарной свеклы, листья хлопчатника, крапива, эбелек, хвощи	15—25	20
Ростки сахарной свеклы, сарсазан, мясистые солянки, бюргун, листовые суккуленты	25—50	35

Группы растений по глубине проникновения корневых систем.

По А. Л. Ковалевскому

С неглубокопроникающими корнями (0,2—1,0 м)	С средними глубинами корневых систем (1—5 м)	С глубокопроникающими корнями (5—20 м)	С весьма глубокопроникающими корнями (20—70 м)
Однолетние злаки, инюха, ластовень, эдельвейс, нителистник, весенне-летние эфемеры Средней Азии	Рожь, пшеница, ячмень, овес, кукуруза, вика, люпин, клевер, люцерна, свекла, овощная тыква, арбуз, морковь, тыква, арбуз, мочалка, донник, стеллера, василистник, леспецеда, соссюрея, лапчатка, кохия, астрагалы, солянки, полыни, ковыль, овсяница, чай, кияк и другие травянистые растения	Полыни, астрагалы, лебеда, люцерна, бодяк, кукуруза, хлопчатник, фреатофиты Средней Азии	Криптометрия японская, 70 м (Япония); акация, 68 м (пустыня Юго-Западной Африки); можжевельник односемянный, 61 м (плато Колорадо, США); тамариск, 30 м, саксаул черный, 37 м, верблюжья колючка, 40 м, полынь песчаная, 25 м (Средняя Азия); горчак розовый, 36 м (Украина); сосна, 25 м, можжевельник, 25 м (пустыни США); лебеда, 20 м (плато Колорадо, США)
Плодовые и ягодные кустарники и деревья северной зоны (ель, кедр, пихта, лиственница, брусника, черника, голубика, багульник болотный), мхи мерзлотно-таежной зоны	Кедр, пихта, ель, можжевельник, лиственница, береза, ива, ериник, рододендрон, смородина, малина, жимолость, таволга, осока, иван-чай мерзлотно-таежной зоны	Сосна, можжевельник, дуб, бук, ясень, вяз, лох, тополь, берест, тамариск, акация, аморфа, эфедра, саксаул, верблюжья колючка, шефердия, яблони, плодовые и ягодные кустарники южной зоны	

Береза, осина, ольха, акация, тополь, клен, ясень, дуб, боярышник, кизильник, бук, вяз, ива, яблоня, груша, сосна, псевдотсуга, ель, лиственница, жимолость, лещина, вереск, шиповник, карагана, курильский чай, плодовые и ягодные деревья и кустарники средней зоны

Оптимальные режимы озоления растений (их частей).
По Е. Н. Лукьянову

Исследуемый материал	Нагревание	Температура, °С	Время выдержи после набора температуры
Пырей	Медленное	450–600	2–4
Полынок	Быстрое	400–500	1,5–2
Пшеница (зерно)	Медленное	450–500	20–25
Пшеница (солома)	—”—	450–600	2–4
Ячмень (зерно)	—”—	450–500	12–15
Ячмень (солома)	—”—	450–600	22–4
Рис (зерно)	—”—	450–500	4–6
Кукуруза силосная	—”—	450–550	1,5–3
Кукуруза (початок)	—”—	450–500	10–15*
Тростник	—”—	450–650	1–2
Сахарная свекла	Быстрое	450–550	2–3**
Сосна (хвоя)	—”—	450–600	0,5–1
Листья дуба, граба	—”—	450–550	0,5–2
Капуста	—”—	450–500	2–4
Тополь, ива (листья)	—”—	450–550	0,5–2

* Озоленные пробы гигроскопичны.

** Герметизация печи в период набора температуры.

Приложение № 11

Вероятные причины брака при озолении и способы его исправления.

По Е. Н. Лукьянову.

Отклонение от нормального	Возможные причины	Способы исправления
Неполное выгорание органических веществ	Недостаточное время выдержки Высокая скорость подъема температуры	Увеличить время нахождения пробы в печи Неустраним или трудно устранить выдержкой в течение 15—40 ч при температуре озоления
„Темная“ зола	Превышение температуры и оплавление золы (“жесткая” зола)	Неустраним; в дальнейшем для других проб необходимо снизить температуру выдержки на 80—100° С
Оплавление золы	Превышение температуры	Неисправим

Растения — индикаторы повышенных содержаний некоторых элементов.

По Г. Л. Кэннон с добавлениями автора

Элемент и соединения	Универсальный (У) или локальный (Л) индикатор	Семейство	Род и вид	Местное название	Местонахождение
Битумы	Л	Маревые	<i>Anabasis salsa</i>	—	Солончаки, Прикаспий
	Л	"	<i>Salsola</i> sp.	Солянка (Saltwort)	—"
	Л	Лилейные	<i>Allium</i> sp.	Лук (Onion)	Калифорния
Бор	Л	Маревые	<i>Salsola netraria</i>	Солянка (Saltwort)	СССР
	Л	"	<i>Eurotia ceratoides</i>	Эуротия, терескен (Winterfar)	—"
Медь	Л	Свинчатковые	<i>Limonium suffruticosum</i>	Кермек (Statice)	—"
	У	Гвоздичные	<i>Gypsophilla palrini</i>	Качим (Kachim)	—"
	Л	"	<i>Polucarpea spirostulis</i>	Гвоздика (Pink)	Австралия
	У	Губоцветные	<i>Aerocephalus roberti</i>	—	Африка
	Л	"	<i>Elsholtzia haichowensis</i>	Эльшольция (Elsholtzia)	КНР
	У	Мохообразные	<i>Merceya latifolia</i>	Медный мох (Copper moss)	Швеция; шт. Монтана (США)
	Л	Маковые	<i>Elsholtzia mexicana</i>	Калифорнийский мак, эльшольция (Calif. poppy)	Шт. Аризона (США)
Л	Свинчатковые	<i>Armeria maritima</i>	Армерия (Thrift)	Шотландия	
Гипс	Л	Гречишные	<i>Eriogonum inflatum</i>	Эриогонум (Deser trumpet)	Западная часть США
	Л	Лоазовые	<i>Mentzelia</i> sp.	Лиатрис (Blazing star)	—"
Железо	Л	Березовые	<i>Betula</i> sp.	Береза (Birch)	
	Л	Зверобойные	<i>Clusia rosea</i>	Клюзия (Corey elusia)	Венесуэла

Элемент и соединения	Универсальный (У) или локальный (Л) индикатор	Семейство	Род и вид	Местное название	Местонахождение
Свинец	Л	Злаковые	<i>Erianthus giganteus</i>	Бородач	Шт. Теннесси (США)
Фосфор	Л	Вьюнковые	<i>Convolvulus althaeoides</i>	Вьюнок (Bindweed)	Испания
Селен	У	Бобовые	<i>Astragalus bisulcatus</i>	Вика ядовитая (Poison)	Западная часть США
	У	"	<i>Astragalus racemosus</i>	То же	"—"
	У	"	<i>Astragalus pichinatus</i>	"	"—"
	У	Сложноцветные	<i>Oenopsis</i> sp.	Сорняк золотой (Goldenweed)	"—"
	У	"	<i>Aster venustus</i>	Астра деревянистая (Woody aster)	Западная часть США
Селен и уран	У	Крестоцветные	<i>Stanleya</i> sp.	Слива (Princesplum)	"—"
	У	Бобовые	<i>Astragalus patersoni</i>	Вика ядовитая (Poison vetch)	"—"
	Л	"	<i>Astragalus preussi</i>	То же	"—"
	Л	"	<i>Astragalus</i> sp.	Гарбанцилло (Garbancillo)	Анды
Серебро	Л	Гречишные	<i>Eriogonum ova lifoleum</i>	Эриогонум (Eriogonum)	Шт. Монтана (США)
Цинк	У	Фиалковые	<i>Viola calaminaria</i>	Галмейная фиалка (Zink violet)	Бельгия
	Л	Камнеломковые	<i>Philadelphus</i> sp.	Чубушник (Mockorange)	Шт. Вашингтон (США)
Кобальт	Л	"	<i>Alissum biovulatum</i>	Бурачок двусемянной	Тувинская АССР
Медь	Л	"	<i>Spirea + Cotoneaster</i>	Таволга + волчья ягода	"—"

Классификация геохимических барьеров. По А. И. Перельману

Ассоциация, классы	Кислородные воды				Глеевые	
	Сильнокислые; pH < 3	Кислые и слабокислые; pH = 3-6,5	Нейтральные и слабощелочные; pH = 6,5-8,5	Сильнощелочные (содовые); pH > 8,5	Сильнокислые; pH < 3	Кислые и слабокислые; pH = 3-6,5

Ассоциация

Парагенная

Li, Ti, F, Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Be, Al, Ga, In, Se, Y, TR, Si, Ge, Sn, Ti, In, Sc, Y, Zr, Th, Cr, Mo, W, U, P, As, V, Nb, Ta	Li, Ti, F, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, W, U, Re,	Li, Ti, Mg, Ca, Sr, Zn, Se, Cr, Mo, W, U, Re,	Li, F, P, Cu; Ag, Be, Al, Sc, Y, Si, Ge, Sn, Ti, Zr, Th, Cr, Mo, W, U, Fe, V, Nb	Li, Ti, F, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Ag, Au, Be, Al, Ga, In, Sc, Y, Si, Ge, Sn, Ti, Zr, Th, Cr, Mo, W, U, P, V, Nb, Ta	Li, Ti, F, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Ag, Au, Be, Al, Ga, In, Sc, Y, Si, Ge, Sn, Ti, Zr, Th, Cr, Mo, W, U, P, V, Nb, Ta	Li, Ti, F, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Ag, Au, Be, Al, Ga, In, Sc, Y, Si, Ge, Sn, Ti, Zr, Th, Cr, Mo, W, U, P, V, Nb, Ta
---	--	---	--	--	--	--

Запрещенная

Sr, Ba, Ag, Au, Se, Te, Sb	Ba, Fe, Co, Ni, Pb	Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Fe, Ca, Ni, Pb
----------------------------	--------------------	------------------------------------

Классы

Кислородный А	A 1 Fe	A 2 Fe, Mn, Co	A 3 Mn	A 4 —	A 5 Fe	A 6 Fe, Mn, Co
Сульфидный сероводородный и др. В	B 1 Ti, Cu, Hg, Pb, Cd, Bi, Sn, As, Sb, Mo, W	B 2 Ti, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Sn, Cr, Mo, U	B 3 Ti, Cr, Mo, U, Se, Re, V	B 4 Cu, Ag, Zn, Cr, Mo, U, V, Bi, Sn, As	B 5 Ti, Pb, Cd, Bi, Sn	B 6 Ti, Fe, Co, Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn, U
Глеевый С	C 1 Cu, U, Mo	C 2 Cu, U, Mo	C 3 Cu, Cr, U, Mo, Be, Se, V	C 4 Cu, Ag, Cr, Mo, U, Re, Se, V, As	C 5 Cu, U, Mo	C 6 Cu, U, Mo

воды			Серрводородные воды		
Нейтральные и слабощелочные; рН = 6,5-8,5	Сильнощелочные (содовые); рН > 8,5	Сильнокислые; рН < 3	Кислые и слабокислые; рН = 3-6,5	Нейтральные и слабощелочные; рН = 6,5-8,5	Сильнощелочные (содовые); рН > 8,5

Li, Ti, Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Co, Ni, Hg, Mo, W, U	Li, Ti, B, Mn, Hg, Be, Al, Sc, Ga, Y, Si, Ti, Ge, Zr, Sn, Mo, W, U	In, Ti, F, Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Cd, Hg, Be, Al, Ga, Sc, Y, TR, Ge, Sn, Zr, Th, Cr, P, As	In, F, Ti, Mg, Ca, Sr, Ba	S, Se	Li, F, Be, B, Al, Sc, Y, TR, Zr
--	--	---	---------------------------	-------	---------------------------------

Ba, Fe, Co, Ni, Pb, Ag	Mg, Ca, Sr, Ba, Fe, Co, Ni, Pb	Cu, Hg, Pb, Be, Sn, As, Sb	Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Ag	Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Ag
------------------------	--------------------------------	----------------------------	------------------------------------	--

A 7 (Fe) Mn, Co	A 8 (Mn)	A 9 S, Se, (Fe)	A 10 S Se	A 11 S, Se	A 12 S, Se
B 7 Ti, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Mn (Fe, Mo), (U)	B 8 Ti, Cu, Zn, Cd, Hg, Mn (Fe, Co, Ni, U)	—	—	—	—
C 7 Mo, U	C 8 Mo, U	—	—	—	—

Ассоциация, классы	Кислородные воды				Глеевые	
	Сильнокислые; pH < 3	Кислые и слабокислые; pH = 3-6,5	Нейтральные и слабощелочные; pH = 6,5-8,5	Сильнощелочные (содовые); pH > 8,5	Сильнокислые pH < 3	Кислые и слабокислые; pH = 3-6,5
Щелочной D	D 1 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Ni, Cu, Zn, Cu, Zn, Pb, Pb, Cd, Hg, Cd, Hg, Be, Hg, Be, (U) Al, Ga, Y, TR, Cr, P, As, U	D 2 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Co, Fe, Co, Ni, Ni, Cu, Zn, Cu, Zn, Pb, Pb, Cd, Hg, Cd, Hg, Be, Hg, Be, (U) Al, Ga, Y, TR, Cr, P, As, U	D 3 Si, Mo	D 4 (Cu), (Zn), Ag, Be, Al, Ga, Sc, Y, TR, Si, (Ge), Zr, (Ti), Mo, Cr, V	D 5 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Be, Al, Ga, Y, TR, Cr, P, As, (U)	D 6 Mg, Ca, Sr, Bi, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Be, Al, Ga, TR, Cr, P, As, (U)
Кислый E	—	E 2	E 3	E 4	—	E 6
Испарительный F	F 1 Na, K, Rb, Ti, Cl, Mg, Ca, Sr, S, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Al, Mo, U	F 2	F 3 Li, Na, K, Rb, Ti, N, B, F, Cl, Br, I, Mg, Ca, Sr, S, Zn, Mo, U, Zn, Mo, U, V, Se, V Se	F 4 Li, Na, K, Rb, Ti, N, B, F, Cl, I, Cu, Cu, Zn, Pb, Cd, Al, Mo, U	F 5 Na, K, Rb, Ti, Cl, Mg, Ca, Sr, S, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Al, Mo, U	F 6
Сорбционный G	G 1 Al, Sc, Ga, Si, Ge, P, V, As	G 2 Si, Ba, Zn, Cd, Ni, Co, Pb, Cu, U, Cl, Br, I, F, S, P, V, Mo, As	G 3 Li, Na, K, Rb, Cs, Ti, Zn, (Cl, Br, I, F, B, S, P, V, Mo, As)	G 4 Li, Na, K, Rb, Cs, Ti, (Cl, Br, I, B, F, S, P, V, Mo, As)	G 5 Al, Sc, Ga, Si, Ge, P, V, As	G 6 Si, Ba, Zn, Cd, Ni, Co, Pb, Cu, U, Cl, Br, I, F, S, P
Термодинамический H	H 1	H 2 Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Zn, Pb, Co, Ni	H 3 Li, Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Pb	H 4 Zn, (Cu), (U) —	H 5	H 6 Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Zn, Pb, Co, Ni, Fe

воды			Сероводородные воды		
Нейтральные и слабощелочные; pH = 6,5–8,5	Сильно-щелочные (содовые); pH > 8,5	Сильно-кислые; pH < 3	Кислые и слабокислые; pH = 3–6,5	Нейтральные и слабощелочные; pH = 6,5–8,5	Сильно-щелочные (содовые) pH > 8,5

D 7 Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Mg, Co, Ni	D 8	D 9 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Pb, Cd, Be, Al, Ga, Y, TR, Cr, P, As	D 10 Mg, Ca, Sr, Ba	D 11	D 12
E 7 Si, Mo	E 8 (Cu), (Zn), Be, Al, Se, V, TR, Si, Zr, (Ti), Mo	—	E 10	E 11 Si, Ge	E 12 Be, Al, Ga, Se, Y, TR, Si, Ge, Zr, (Ti)
F 7 Li, Na, K, Rb, Ti, N, B, Cl, Br, I, Mg, Ca, Sr, S, Zn	F 8 Li, Na, K, Rb, Ti, B, F, Cl, Br, I, Zn, Ca,	F 9 Li, Na, K, Rb, F, Cl, Br, I, Mg, Ca, Sr, S	F 10	F 11 Li, Na, K, Rb, F, Cl, Br, J, Mg, Ca, Sr, S	F 12 Li, Na, K, Rb, N, B, F, Cl, Br, I
G 7 Li, Na, K, Rb, Cs, Ti, Zn, (Cl, Br, I, B, F, S, P)	G 8 Li, Na, K, Rb, Cs, Ti, (Cl, Br, I, B, F, S, P)	G 9 Al, Sc, Ga, Si, Be, P, V, As	G 10 Sr, Ba, (Cl, Br, I, F, B, S, P)	G 11 Li, Na, K, Rb, Cs, (Cl, Br, I, F, B, S, P)	G 12 Li, Na, K, Rb, Cs, (Cl, Br, I, F, B, P)
H 7 (Li), Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Pb, Mn	H 8 Zn, (Cu), (U)	H 9 —	H 10 Mg, Ca, Sr, Ba	H 11 Mg, Ca, Sr, Ba	H 12 —

Примерная схема полевой книжки для ландшафтно-геохимических исследований масштаба 1: 500 000 — 1: 200 000

(Развертка и текст по краям внутренней части обложки)

Геология, геоморфология, гидрология	Обнаженность поверхности (количество и площадь коренных выходов) %	Формы рельефа на склоне	Размер обломков и их генезис	Ярус	Видовой состав	Содержание видов, %	h ср., м	d ср., м	СК-I Г-III П-IV	Растительность почвы
<p>Формы рельефа (расположение точки отбора в рельефе) Интенсивность механической миграции (описание склона и склоновых процессов)</p>										<p>Тип растительности</p> <p>I ярус II ярус III кустарниковый ярус IV травяной ярус Подстилка</p>
<p>Гидрогеологическая характеристика</p> <ol style="list-style-type: none"> Долина реки Родники Поверхностные воды 										<p>Санитарное состояние</p> <p>СС</p> <p>Антропогенное воздействие (АВ)</p>
<p>Геологическая характеристика:</p> <ol style="list-style-type: none"> Описание пород в обнажениях на точке отбора проб и по маршруту Характеристика четвертичных отложений 										<p>Почвы</p> <ol style="list-style-type: none"> Цвет Гумус Соли Механический состав почвы НСI Сложение Влажность Структура Корни Щебень
<p>Соответствие ландшафтов, выделенных на карте камеральным путем</p>										

Государственный комитет по народному образованию РСФСР

Северо-Кавказский научный центр ВШ
Ростовский государственный университет
Комплексная ландшафтно-геохимическая экспедиция

Отряд _____

Полевая книжка № _____

Начальник отряда _____

ф. и. о.

Исполнитель _____

Ф. и. о.

ф. и. о.

ф. и. о.

ф. и. о.

Начата "_____" _____ 19__ г.

Окончена "_____" _____ 19__ г.

Нашедшего полевую книжку просим вернуть по адресу:

Оглавление

№ п/п	№ профилей	№ точек	№ стр.	№ п/п	№ профилей	№ точек	№ стр.
-------	------------	---------	--------	-------	------------	---------	--------

Схема описания полевых исследований*

Профиль № _____, направление движения _____

Исполнители _____

Описание погоды: ветер (направление и сила), дождь (был ли накануне, продолжительность и сила), температура.

Привязка: населенные пункты, гидросеть, господствующие высоты, до-роги и т. д.

**Геоморфологическая характеристика
(расположение точки отбора в рельефе)**

1. Равнина — горизонтальные или слабонаклонные (1–2°) плоские тер-ритории.

2. Возвышения

Форма вершины	Форма возвышения	
	изометрическая	вытянутая
Острая	Пик	Островершинный водораздел
Округлая	Гора	Хребет — увал (гряда)
Плоская	Плоская гора	Плосковершинный водораз-дел

При описании необходимо указывать гипсометрическую отметку точки отбора.

3. Понижения

Форма дна (в разрезе)	Форма понижения (в плане)	
У-образная	Воронка	Овраг
Корытообразная	Котловина	Балка

При описании указывать гипсометрическую отметку точки отбора.

* Схема описания полевых исследований в полевой книжке занимает первые стра-ницы. При полевых работах исполнители обязаны дать полное ландшафтно-геохи-мическое описание изучаемой территории в соответствии со схемой, приведенной на развертке полевой книжки.

Интенсивность механической миграции

1. Обнаженность склонов (%) и частота выходов коренных пород (количество обнажений и их площадь) по ходу маршрута и на точке отбора проб.

2. Описание склона на точке отбора проб:

а) указывать часть склона — верхняя, средняя, нижняя; формы склона — выпуклая, вогнутая, прямая, выпукло-вогнутая, ступенчатая;

б) угол наклона склона, его экспозиция. Описываются положительные и отрицательные формы рельефа на склоне (промоины, балки, ямы, бугры, воронки, борозды, водораздельные ребра и т. д.), а также их размеры, морфология, относительные превышения или понижения;

в) размер обломков. Их предположительный генезис — свал, развал или вывал. При наличии обнажений на склоне указывать степень трещиноватости коренных пород (одиночные трещины, число трещин на единицу площади);

г) необходимо давать описание встреченных конусов выноса, оползней, осыпей, наличие явлений смыва почв, дефлюкционных и солифлюкционных процессов на склонах. Размеры указанных явлений.

Гидрогеологическая характеристика

1. Долина реки. При описании указывать: продольный профиль (крутой, пологий, ступенчатый), поперечный профиль (У-образный, корытообразный, асимметричный, щелевидный).

Наличие террас, фрагментов поймы, форму (в плане) и размеры русла, форму и состав аллювия.

2. В маршруте необходимо отмечать встречаемые родники и характеризовать их (дебит, чистоту воды, запах, площадь выхода окисного железа), отложение солей. Отбирать литохимические пробы при наличии гидроокислов железа (в пробу отбирать донные отложения с гидроокислами).

3. При пересечении ручьев и рек должна характеризоваться чистота воды, скорость течения, ширина русла, порожищность дна, пленки, степень подъема воды после дождя.

Геологическая характеристика

1. Описание коренных горных пород:

а) название по происхождению (осадочные, магматические, метаморфические);

б) среди осадочных пород необходимо выделять карбонатные, карбонатно-терригенные и терригенные.

Среди карбонатных осадочных пород следует отдельно выделять

Продолжение прил. 14

известняки, сидериты и доломиты. Среди карбонатно-терригенных — мергели, песчанистые известняки (песчанистого материала до 30 %), песчаники с известковистым цементом. Ряд особенностей, характеризующих терригенные породы приведен ниже.

Терригенные породы (при содержании частиц выделенной размерности больше 60 %)

Несцементированные	Сцементированные	Размер частиц (мм)
Песок	Песчаник	0,05—2
Алеврит	Алеврит	0,005—0,05
Глина	Аргиллит	< 0,005

При наличии 10 — 25 % примеси, например, алеврита в песке название породы — алевритовый песок. При наличии 25 — 40 % примеси к названию породы прибавляется наречие „сильно“. Например, сильно алевритовый песок.

Структура осадочных пород — оолитовая, желваковая, конкреционная, ракушняковая, органогенно-обломочная, обломочная.

Обломочные структуры, размерность в мм:

Грубозернистая 2—1

Крупнозернистая 1—0,5

Среднезернистая 0,5—0,25

Мелкозернистая 0,25—0,1

Тонкозернистая 0,1—0,05.

Текстура — плитчатая, массивная, пятнистая, слоистая (косослоистая), полосчатая, брекчиевидная, порфировая.

Характеристика отдельных слоев и их мощность.

Карбонатность.

Вторичные и рудные минералы.

Элементы залегания выходящей толщи, мощность выхода.

При наличии складчатости в породе необходимо указывать размер складок (расстояние между ближайшими осями), азимуты и углы падения крыльев, наличие плейчатости (микроскладок), кливажа и т. д.

Магматические породы делятся на глубинные (интрузивные) и излившиеся (эффузивные или вулканические). И те и другие для составления ландшафтно-геохимических карт необходимо разделить на кислые (содержание кремнезема больше 60 %), средние (около 60 %), основные и ультраосновные (кремнезема меньше 55 %), так как они весьма существенно отличаются по геохимическим особенностям.

К метаморфическим породам относятся осадочные и магматические, изменившиеся под воздействием температуры, давления и геохимических активных веществ (процессов метаморфизма). Среди них в первую очередь следует выделять различные кристаллические сланцы, роговики, скарны, мрамор.

Продолжение прил. 14

2. Четвертичные отложения. При описании указывать:

- а) состав мелкозема — супесь, суглинок, глина, песок;
- б) цвет, карбонатность;
- в) наличие обломков коренных пород. Их размеры, степень окатанности, состав по схеме описания пород, карбонатность, процентное содержание в отложениях, особенности распределения;
- г) морфология выхода четвертичных отложений — плащевидный островной, конусовидный, струйчатый и т. д.;
- д) мощность описываемых отложений должна отмечаться как на точке отбора проб, так и по всему маршруту (на срезам дорог, у обрывистых берегов, в промоинах);
- е) вероятный генезис — элювиально-делювиальные, аллювиальные, озерные ледниковые, флювиогляциальные, морские отложения.

Описание растительности

Тип растительности

1. Леса (лиственные, смешанные, хвойные)
2. Лесостепь
3. Степь (разнотравно-злаковая, дерновинно-злаковая и др.)
4. Луг (заболоченный, настоящий, степенный)
5. Болото (травяное, верховое и низинное)

Леса. Видовой состав. Ярусность

Деревья I яруса

Деревья II яруса

Кустарниковый ярус

Травяной ярус

Всходы деревьев и кустарников

Наличие мохового и лишайникового покрова

Подстилка

Сомкнутость крон (СК)

СК — 20—30 % — редкий лес. Солнечные лучи проникают.

40—50 % — светлый лес до травяного яруса.

80—90 % — темный, влажный лес, травяной покров почти не развит.

Густота кустарникового яруса (Г) — оценка в баллах

1	2	3
одинокое кустарники (редкий подрост деревьев — доминант)	кустарники группами, но сплошных зарослей нет	плотная труднопроходимая стена кустарников и подростов деревьев

Проективное покрытие (ПП) — оценка в баллах

1. Не сомкнутый травяной покров, единичные растения 5—10 %.

2. Растения довольно близко располагаются друг от друга, но между ними значительные расстояния 20—25 %.

Продолжение прил. 14

3. Растения близко находятся друг около друга, образуя сомкнутый покров, но видны дыры 30–50 %.

4. Растения образуют „ажурный“ сомкнутый покров 60–70 %.

5. Растения образуют плотный многоярусный покров (влажный луг, разнотравно-типчачково-ковыльная степь) – 100 %.

Описание лугов

Виды доминанты

Состав лугового разнотравья, %

Высота травостоя

Проективное покрытие

Наличие подстилки из мхов

Высота мохового покрова
Лесостепь (залесенный луг)

Проективное покрытие
– оценка в баллах

Группа деревьев по степи,
по лугу
лес 30 %
степь 70 %

Лес и степь в примерно
равных пропорциях
50 : 50
40 : 60

Лес с частичными по-
лями лес 70 % степь
(луг) 30 %

Проба отбирается в степи

Проба отбирается в ле-
су и степи

Проба отбирается в
лесу

Санитарное состояние леса (луга) (СС) – оценка в баллах

1	2	3	4	5
Валежник а) почти разло- жившийся, по- крытый ли- шайником, мхом, гриба- ми и др. б) свежесва- ленные де- ревья	Сухостой а) сухие вер- хушки б) сухие отдель- ные деревья в) сухие груп- пы деревьев	Повреждение листвы а) высыхание б) пятнистость в) скручивание г) хлороз (освет- ление или изме- нение окраски), д) уничтоже- ние листвы ли- чинками насе- комых	Повреждение молодых побе- гов а) вялость б) недоразви- тость в) хлороз г) высыхание	Наличие нехарактерных для растений утолщений а) на стволах; б) на ветвях

Указывать размеры участка с плохим состоянием растительности.
Характеризовать видимые изменения всех составных частей ландшафта

Продолжение прил. 14 (в почве, грунтовых водах, коренных породах). Указывать возможную причину плохого санитарного состояния.

Продолжение прил. 14

Антропогенное воздействие на растительный покров

1. Наличие вырубок (размеры делянок, их доли в общей площади леса на данном участке, примерный возраст деревьев на вырубке).
2. Пожарища (размеры, доля в общей площади, примерный возраст деревьев).
3. Посадка необычных для данного ландшафта пород деревьев (% участка, возраст).
4. Выпас скота на лугах:
 - а) несбитый луг
 - б) луг заметно сбит
 - в) луг сбит до „выгона“

Описание почв

1. Цвет

2. Гумус (густота окраски почвы перегноем) — оценка в баллах

1	2	3	4	5
Еле заметный серый оттенок, цвет определяется материнской породой почвы, Ге, известью, но не гумусом	Хорошо заметен серый оттенок, но в основном цвет определяется материнской породой, Ге, известью и др.	Умеренно густо-серый, ясно виден желтый, бурый, красноватый, коричневый и т. п. цвет породы	Густо-серый без ярких коричневых или иных цветных оттенков. Высыхая, влажная почва светлеет но не сильно	Темно-серая, черная почва без каких-либо цветных оттенков. Высыхая почва слабо светлеет

3. Легкорастворимые соли — оценка в баллах

1	2	3	4	5
Солевые выцветы слабо заметны при подсыхании поверхности почвы	Солевые выцветы ясно заметны	Солевой выцвет умеренно густой, совершенный	Солевой выцвет густой и довольно мощный	Солевой выцвет очень мощный, почва „зарастает“ кристалликами соли

4. Механический состав — оценка в баллах

1. Песок — состоит преимущественно из песчаных частиц
2. Супесь — песок 90—80 %, глина и алеврит 10—20 %
3. Суглинок — песок 40—20 %, глина и алеврит 70—50 %

Продолжение прил. 14

4. Глина — состоит преимущественно из глинистых частиц

5. Взаимодействие с НС — оценка в баллах

1. Не вскипает

2. Вскипает

3. Вскипает бурно

6. Сложение почвы — оценка в баллах

1	2	3	4	5
Рассыпчатое — в сухом состоянии представляет сыпучую массу	Рыхлое — характерно для горизонтов почв, имеющих зернистую и мелкокомковатую структуру	Уплотненное — копаются со средними усилиями. Лопата или нож входят в почву при несильном нажиме. Легко разламывается руками	Плотное — копать трудно. Руками разламывается с трудом	Слитое — почва не поддается действию лопаты

7. Влажность — оценка в баллах

1	2	3	4	5
Почва сухая, не холодит рук, песок просыпается. Высыхая на воздухе не светлеет	Почва свежая, слегка холодит руки и слабо светлеет при высыхании	Почва влажная, заметно холодит руки, значительно светлеет при высыхании. Песок сцеплен водой, легко формируется	Почва сырая, сильно светлеет, сырая. На ощупь — холодная и сырая. Глина и суглинок хорошо окатываются	Почва мокрая, блестит, лоснится от покрывающей почву пленки воды. При сжимании выдавливается вода

8. Структура

а) пылеватая

б) зернистая

в) комковатая

г) ореховатая

д) столбчатая

Продолжение прил. 14

9. Корни — оценка в баллах

1	2	3	4	5
Корни довольно редки	Корни редковаты, 10–20 штук на 1 дм ²	Густота корней значительна, 20–50 на 1 дм ²	Корни густо пронизывают почву, но сплошного войлока не образуют	Сплошной густой корневой войлок. Настоящая дерновина

10. Щебень в почве — оценка в баллах

1	2	3	4	5
Встречаются единичные обломки	Щебень хорошо заметен, занимает 0,1 объема	Щебень занимает 0,25 объема	Щебень занимает 0,5 объема	Почва почти полностью представлена щебнем

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеевко В.А., Седлецкий В.И.* Геохимия ландшафтов и проблемы охраны окружающей среды // Изв. СКНЦ ВШ. — 1981. — № 4. — С. 25—27.
2. *Алексеевко В.А.* Качественная и количественная оценка изменения окружающей среды на ландшафтно-геохимической основе // Геохимия ландшафтов при поисках месторождений полезных ископаемых и охране окружающей среды. — Новороссийск, 1982.
3. *Алексеевко В.А., Хованский А.Д.* Основы выделения элементарных ландшафтов рек и водохранилищ // Изв. СКНЦ ВШ. — 1983. — № 4. — С. 17—21.
4. *Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. — М.: Наука, 1965.
5. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. — М., 1957.
6. Геохимия ландшафтов при поисках месторождений полезных ископаемых и охране окружающей среды. — Новороссийск: 1982.
7. Геохимия тяжелых металлов в природных и техногенных ландшафтах. — М.: Изд. МГУ, 1983.
8. *Глазовская М.А.* Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. — М., 1964.
9. *Давиденко И.В.* Земля — твой дом. — М.: Недра, 1982.
10. *Добровольский В.В.* География микроэлементов. Глобальное рассеяние. — М.: Мысль, 1983.
11. *Добровольский В.В.* Проблемы геохимии в физической географии. — М.: Просвещение, 1984.
12. Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. — М.: Наука, 1982.
13. *Друмь Д.А.* Техногенные свинец и цинк в придорожных ландшафтах Молдавии // Геохимия ландшафтов при поисках месторождений полезных ископаемых и охране окружающей среды. — Новороссийск, 1982.
14. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. — М.: Недра, 1983.
15. Карта геохимических ландшафтов Ростовской области // Алексеевко В.А., Седлецкий В.И., Алексеевко Вал. А., Хованский А.Д. / Под ред. Перельмана А.И. — ГУГК при Совете Министров СССР. — 1986.
16. Карта геохимических ландшафтов Краснодарского края / Алексеевко В.А., Алексеевко Вал. Ап., Седлецкий В.И. / Под ред. А.И. Перельмана. — ГУГК при Совете Министров СССР. — 1988.
17. *Касимов Н.С.* Геохимия ландшафтов зон разломов. — М.: Изд. МГУ, 1980.
18. *Ковалевский А.Л.* Биогеохимические поиски рудных месторождений. — М.: Недра, 1984.
19. *Лукашев В.К.* Географические очерки природы Белоруссии. — Минск, Наука и техника, 1983.
20. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. — М.: Наука, 1975.
21. *Перельман А.И.* Геохимия. — М.: Высшая школа, 1979.
22. *Перельман А.И.* Геохимия природных вод. — М.: Наука, 1982.
23. *Соколов Б.С.* Вернадский и XX век // Природа. — 1988, — № 2. — С. 30—33.
24. *Фортескью Дж.* Геохимия окружающей среды. — М.: Прогресс, 1985.
25. *Хворостянский Н.Ф., Алексеевко Вал. Ап., Черкашын В.А.* Геохимические методы оценки состояния окружающей среды на примере г. Новороссийска, 1982.
26. *Хованский А.Д., Усенко В.П., Митропольский А.Ю.* Ландшафтно-геохимическое районирование водных объектов системы "река — море". — Киев, Изд., ИГН, 1986.
27. *Чертко Н.К.* Геохимия ландшафта. — Минск, изд. БГУ, 1981.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
1. Окружающая среда и геохимия ландшафта	4
Понятие о биосфере	4
Миграция элементов в биосфере	5
Геохимические барьеры	7
Геохимические аномалии	8
Техногенные изменения в биосфере	9
Элементарные и геохимические ландшафты	11
Межбарьерные ландшафты	13
2. Классификация ландшафтов	14
Ландшафты суши	14
Первый классификационный уровень	15
Второй классификационный уровень	17
Третий классификационный уровень	38
Четвертый классификационный уровень	39
Пятый классификационный уровень	40
Шестой классификационный уровень	41
Водные ландшафты	41
Первый классификационный уровень	42
Второй классификационный уровень	44
Третий классификационный уровень	45
Четвертый классификационный уровень	47
Пятый классификационный уровень	48
Шестой классификационный уровень	49
3. Оценка состояния окружающей среды	49
Качественная оценка	50
Количественная оценка	53
Экономическая оценка	61
МЕТОДИКА ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	62
1. Основные понятия и общие требования	62
Исследования на суше	62
Исследования в пределах аквальных ландшафтов	67
2. Проектирование и организация ландшафтно-геохимических исследований на суше и в пределах аквальных ландшафтов	70
3. Составление схематических карт геохимических ландшафтов камеральным путем	71
Исследования на суше	72
Исследования в пределах аквальных ландшафтов	77
4. Полевые ландшафтно-геохимические исследования	83
Исследования на суше	83
Исследования в пределах аквальных ландшафтов	86
5. Отбор проб и оформление полевых материалов	88
Общие положения	88
Литохимическое опробование	90
Биогеохимическое опробование	92
Гидрогеохимическое опробование	93

6. Подготовка проб к анализу	94
Литохимические пробы	94
Биогеохимические пробы	95
Гидрогеохимические пробы	95
7. Основные требования к аналитическим работам	95
8. Определение фоновых и аномальных содержаний	99
9. Выделение аномалий и аномальных участков	107
10. Отчетность	108
Приложения	110
Список литературы	140

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ (ПРАКТИЧЕСКОЕ) ИЗДАНИЕ

Алексенко Владимир Алексеевич

ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Заведующий редакцией В.А. Крыжановский
Редакторы Г.М. Корнилова, Л.А. Журавлева
Обложка художника Г.И. Бронниковой
Художественный редактор Г.И. Юрчевская
Технические редакторы Л.А. Миронова, А.А. Бровкина
Корректор А.Л. Грабилина
Оператор Л.А. Троянова
ИБ № 8229

Подписано в печать с репродуцируемого оригинал-макета 27.09.89. Т — 08814.
Формат 60 × 88 ¹/₁₆. Бум. офсетная № 2. Гарнитура Универс. Печать офсетная.
Усл.-печ. л. 8,82. Усл. кр.-отт. 9,06. Уч.-изд. л. 9,56. Тираж 3110 экз.
Зак. № 726 /2264—2. Цена 50 коп.
Набор выполнен на наборно-пишущей машине

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра".
125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Московская типография № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата" Госкомитета СССР
по печати.
109033, Москва, Волочаевская ул., 40

ИЗДАТЕЛЬСТВО "НЕДРА" ГОТОВИТ К ВЫПУСКУ В 1990 г.
Учебник для вузов

ГЕОЛОГИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ МИРОВОГО ОКЕАНА

В.П. Гаврилов

Это первый в нашей стране учебник, посвященный геологии и минеральным ресурсам Мирового океана. В основу его положены труды отечественных и зарубежных ученых, а также исследования автора — специалиста в области морской нефтегазовой геологии.

Учебник состоит из двух частей. Первая посвящена геологии, вторая — минеральным ресурсам Мирового океана.

В первой части приведены сведения по геологии морей и океанов с элементами океанологии. Изложены история и методы изучения морской геологии, геоморфологии океанского дна, геофизические поля и геологическое строение океанов. Рассмотрены происхождение и важнейшие особенности эволюции океанских структур с позиции концепции тектоники литосферных плит.

Выявленные геологические закономерности в строении и развитии океанов положены в основу определяющих условий формирования и размещения на дне Мирового океана и в его недрах полезных ископаемых. Вопросы, касающиеся этих проблем, рассмотрены во второй части учебника. При анализе минеральных ресурсов Мирового океана акцент сделан

на залежах углеводородов. Их происхождение теснейшим образом связано с геодинамической цикличностью эволюции океанов, что позволяет по-новому представить себе генезис нефти и закономерности формирования ее скоплений. Рассмотрены технические средства, используемые при освоении минеральных ресурсов Мирового океана.

Достаточно большое внимание в учебнике отведено экологии и охране водных бассейнов, даны рекомендации по методике и средствам охранных работ в акваториях при освоении их минеральных ресурсов. Рассмотрены основы морского права.

При изложении материала использовались сведения, отражающие современные достижения в области геологии и освоения минеральных ресурсов Мирового океана.

Морская геология становится неотъемлемой частью геологических знаний. Этот учебник может быть использован студентами геологических вузов, а также будет полезен для широкого круга геологов и геофизиков, занимающихся научно-исследовательской и практической деятельностью.

Книгу можно заказать в местных магазинах, распространяющих геологическую литературу, или через отдел Книга — почтой по адресу: 199178 Ленинград, В.О. Средний проспект, 61, магазин № 17.

допол.

50 коп.

1611
с/с 3

5260

НЕДРА