

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маккавеев Н. И. Русловой режим и трассирование прорезей. — М.: Речиздат, 1949.
2. Великанов М. А. Русловой процесс. — М.: Госфизматиздат, 1958.
3. Маккавеев Н. И. Русловой процесс как одно из проявлений единого эрозионно-аккумулятивного процесса // Докл. секции русловых процессов Научного совета «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» ГКНТ. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — Вып. 1.
4. Пиньковский С. И. Типы речных русел Советского Дальнего Востока (южная половина) // Труды ГГИ. — 1967. — Вып. 144.
5. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. — М.: Изд-во АН СССР, 1955.
6. Беркович К. М., Чалов Р. С. Принципы типизации и особенности распространения русел горных рек // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. — 1976. — № 6.
7. Чалов Р. С. Географо-гидрологический анализ русловых процессов и его прикладное значение // Географическое направление в гидрологии. — М., 1995.
8. Русловой режим рек Северной Евразии. — М., 1994.
9. Чалов Р. С., Белый Б. В. Региональные особенности руслоформирующих расходов воды на реках Средней Азии // Изв. АН СССР. Сер. геогр. — 1984. — № 5.
10. Туркин Л. А., Чалов Р. С. Об оценке сезонных деформаций притоков на реках с паводочным режимом // Метеорол. и гидрол. — 1985. — № 8.
11. Махинов А. Н., Чалов Р. С., Чернов А. В. Направленная аккумуляция наносов и морфология русла нижнего Амура // Геоморфология. — 1994. — № 3.

Московский государственный
университет

Поступила в редакцию
17 ноября 1997 г.

УДК 577.4

А. Б. ПТИЦЫН, А. Н. ДМИТРИЕВ, И. Д. ЗОЛЬНИКОВ, В. П. КОВАЛЕВ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Декларация Рио-де-Жанейро, принятая на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992 г.), «включает в себя 27 рекомендательных принципов, в рамках которых раскрывается существо и цели реализации концепции устойчивого развития» [1, с. 24]. Под устойчивым развитием понимается «такая модель движения вперед, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения такой возможности будущих поколений» (с. 6).

Вследствие планетофизических преобразований и антропогенного воздействия, достигшего масштабов геологических процессов, скорость изменения природной среды резко увеличилась по сравнению с дотехногенным периодом. В результате парадигма сохранения естественно-природной гомеостатичности экосфера стала несостоятельной. Условием устойчивого развития должно быть стремление человечества к динамическому равновесию с быстро трансформирующейся природно-техногенной средой. Это предполагает необходимость изучения ускоряющихся изменений и динамики современных природно-техногенных систем.

В изучении геологических аспектов функционирования и экологической роли таких систем видится одна из главных задач исследований в рамках нового научного направления — экологической геологии. В терминологическом споре, который в настоящее время ведется в литературе, авторы солидарны с учеными [2], считающими, что экологические исследования в рамках наук о Земле семантически правильнее обозначать термином «экологическая геология» (география, геохимия, гео-

физика и т. д.), а геоэкология объединяет исследования планетарного масштаба в области классической биоэкологии.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Окружающая среда, которая понимается как среда жизнеобитания и жизнеобеспечения, формируется, поддерживается и видоизменяется при активном участии различных космоземных и геологических процессов. Причем она включает не только приповерхностные (экзогенные) процессы, влияние которых на экологическую обстановку легко выявляется, но и глубинные (эндогенные) в той мере, в какой они влияют на вещественное, структурное и энергетическое состояние земной поверхности. Механизмами такого влияния являются, например, различные геохимические циклы, обеспечивающие круговорот вещества в верхних оболочках Земли.

Крупномасштабные колебания тектоно-магматической деятельности, интенсивности геофизических полей и космоземных взаимосвязей прямо коррелируют с изменениями климата [3]. В последние годы начинает выдвигаться идея «галактических сезонов» [4], согласно которой выстраивается крупнопериодная последовательность тектоно-магматических циклов и соответствующих им климатических преобразований. По некоторым данным [5], Земля в настоящий период находится на пути к срединной фазе геохимического цикла, характеризующейся [6] пенепленизацией рельефа, смягчением и увлажнением климата, интенсификацией вулканизма, ростом биомассы и накоплением органического углерода в осадках.

Нарастание скорости и масштаба климатических перемен все более четко и глубоко связывается с глобальными изменениями во всей Солнечной системе [7]: с особым состоянием межпланетного пространства, переменами на Солнце и других планетах [8]. Тенденция гелиосферных преобразований выражается в нарастании числа энергоемких процессов на Земле. Это приводит к сбоям в климатических механизмах и возрастанию разнообразия, числа и энергии катастроф.

Для Земли характерны два полярных глобальных климатических режима: ледниковый и неледниковый (парниковый). За последние 2,5 млрд лет геологической истории Земля пятькратно испытывала ледниковый режим, который существовал 2,6–2,2 млрд лет назад, 770 (940)–620, 450–400 и 330–240 млн лет назад и в последний раз установился в пределах Антарктиды около 38 млн лет назад [5]. Покровные оледенения Северного полушария, начавшиеся около 1,2 млн лет назад в рамках последнего ледникового режима, насчитывают более десятка ледниково-межледниковых периодов. Соответственно современный этап, начавшийся около 10 тыс. лет назад, приходится на межледниковые. Существуют и более короткопериодные климатические колебания.

На фоне крупных циклов протекают более короткие, например круговорот воды, биологический круговорот атомов и др. Эти циклы в значительной степени определяют динамику окружающей среды, и поэтому знание их особенностей необходимо для экологических прогнозов.

Наряду с циклическими изменениями в истории Земли установлен и эволюционный тренд ее развития. Эволюция систем земной коры направлена в сторону увеличения сложности, разнообразия, информации. Это связано с тем, что через геосфера как открытые системы проходит поток вещества и энергии, который называют базисной реакцией. Законы термодинамики требуют наиболее быстрого и эффективного усвоения системой этих вещества и энергии, поэтому в соответствии с законами статистической геохимии [9] такие системы за счет внешних поступлений усложняются, накапливая внутреннюю энергию и уменьшая энтропию.

Естественно, что не все геологические процессы имеют прямое отношение к формированию экологической обстановки жизнеобитания. Состав атмо-, гидро- и педосфер, климат, геофизические поля — вот основные (но, конечно, не все) экологически важные «продукты деятельности» геологической среды. Таким образом, можно говорить, что геологическая среда выполняет определенные экологические функции, изучение которых — задача экологической геологии. Следовательно, определяя геологическую среду, логично исходить из ее функционального пространства. Мы рассматриваем геологическую среду как часть литосферы (с ее вещественным минеральным, водным и газовым наполнением и геофизическими полями), участвующей в формировании и трансформации жизненного пространства биоты.

Среди важнейших задач экологической геологии можно выделить изучение физических, химических, структурных свойств геологической среды с целью оценки устойчивости систем жизнеобеспечения; анализ динамики природных и техногенных процессов в геологической среде; изучение ее защитных свойств в отношении экологически опасных факторов; решение ряда практических проблем, связанных с урбанизированными территориями, захоронением радиоактивных отходов, деградацией мерзлоты и др.

Концептуальные вопросы эколого-географических исследований и рационального природопользования рассматриваются нами на примере проблем глобальной экогеологии, экогеологии урбанизированных территорий и захоронения радиоактивных отходов.

УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕОЭКОСИСТЕМ

Весь комплекс взаимосвязанных природных процессов поддерживает устойчивое развитие биогеохимических систем. В соответствии с этим необратимые изменения в любом звене должны так или иначе повлиять на установившиеся взаимоотношения в системе в целом [10]. Региональное антропогенное воздействие на природу началось с развития скотоводства и земледелия. Вытаптывание травяного покрова, сведение лесов, перепахивание почвенного покрова вызывали ветровую эрозию почв, пыльные бури и привели к опустыниванию значительных территорий в Малой и Средней Азии, Северной Африке, Австралии.

Планетарных масштабов антропогенная деятельность достигла на рубеже XIX и XX вв., когда она, по словам В. И. Вернадского, стала соизмерима с геологическими процессами. Современное экологическое состояние планеты и проблемы, стоящие в этой связи перед человечеством, обобщены в материалах Конференции ООН по окружающей среде и развитию [1]. Однако следует отметить, что геологическим аспектам экологических проблем в этих материалах уделено недостаточно внимания. Например, не поставлена задача изучения геолого-техногенных систем, в которых техногенная составляющая не просто выполняет роль некоторого «загрязнителя» природной среды, а является неотъемлемой частью сложной эволюционирующей системы.

В документах ООН и ЮНЕСКО пока не отражена роль энергоемких и глобальных техногенных процессов в преобразовании геолого-геофизического пространства Земли. Эти воздействия можно подразделить на группы: ресурсодобыча и переработка, выработка и потребление энергии, запуск ракет и ядерные взрывы. Добыча и переработка ресурсов оказывается на физико-химическом состоянии геосреды и структуре геофизических полей — электрического, магнитного, гравитационного. Выработка электроэнергии (к 1990 г. она достигла приблизительно 10^{26} эрг/год) оказывает огромное влияние на электромагнитное поле Земли. Передача электроэнергии и энергопотребление изменили характер геомагнитных бурь и магнитосферных возмущений, около 30 % которых связывают с функционированием ЛЭП [11, 12].

Следует отдавать себе отчет в том, что на поверхности Земли природные экосистемы интенсивно замещаются природно-техногенными. Разрабатывая концепцию устойчивого развития, необходимо принимать сложившуюся ситуацию как данность и изучать устойчивость природно-техногенных систем в их эволюции. Нужно научиться различать в системах необратимые изменения, которые могут привести к их разрушению (катастрофе), и изменения эволюционного тренда. Многообразие природно-техногенных систем (и геолого-техногенных как их части) обусловлено сочетаниями различных природных (геологических) обстановок и техногенных нагрузок.

Классификация природно-техногенных геосистем может быть выполнена на основе двухмерной матрицы (природные и техногенные компоненты систем, процессов, явлений). При этом величина техногенного воздействия на природные системы может быть выражена через интенсивность потоков вещества и энергии. Соответственно устойчивость природно-техногенных систем будет определяться их способностью к утилизации потоков вещества и энергии. В соответствии со сказанным изучение природно-техногенных геосистем должно вестись параллельно в трех аспектах: субстанциальном, энергетическом и эволюционном.

Системный подход в геологии предусматривает иерархичность геосистем, а соответственно и проходящих в них геологических, геофизических и геохимических процессов. При этом параметры крупных геосистем, с одной стороны, являются внешними по отношению к системам более мелкого таксономического ранга, а с другой, — корректируются ими вследствие установления обратных связей.

При изучении систем разных иерархических уровней необходимой процедурой является типизация объектов исследования, важной для экогеохимического районирования и картографирования географического пространства, для составления кадастров земель. Она подразумевает установление нормы и патологии в экосистемах, оценки удельного веса комфортных, ординарных и маргинальных участков среды. Типизация должна предварять разработку мероприятий по оздоровлению среды, давать информацию о главных индикаторах и маркерах ее качества, служить основой выбора видов и масштабов хозяйственной деятельности. Геохимическая типизация экосистем необходима биологам и медикам.

Параметры природно-техногенных геосистем [12], обеспечивающие условия устойчивого жизнеобитания, имеют не только верхний, но и нижний предел. Это касается если не всех, то во всяком случае многих параметров, например содержания химических элементов. Известно, что и ультранизкие концентрации некоторых химических элементов (в значительных концентрациях высокотоксичных) также негативно сказываются на биоте. То же относится и к радиоактивности, которая в небольших дозах стимулирует жизнедеятельность, а в больших убивает ее. Подобный подход (представления о горизонте — оптимальном наборе параметров) может быть применен и к устойчивости геосистем.

ПРОБЛЕМЫ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОГЕОЛОГИИ

Естественным результатом человеческой деятельности является производственно-преобразованная среда обитания, сформированная в результате многократного пропускания через промышленные процессы вещества гидро-, атмо- и литосфер и частичная замена естественных экзогеохимических циклов техногеохимическими. Техногенные преобразования геосреды подразделяются на физические, химические и энергетические. Одной из главных причин возможного нарушения устойчивости природных геосистем является несовпадение скорости естественных и техногенно-стимулированных массоэнергопотоков [13]. Эта стимуляция вызывается искусственным созданием разнообразных контрастов, градиентов и потенциалов — источников перетоков вещества, энергии и информации, нарушающих эволюционно устанавлившийся обмен ими в природных экосистемах.

Значительная доля энергетических затрат человечества приходится на перемещение и преобразование вещества планеты. По существующим оценкам, с 1985 г. ежегодно перемещается нефти и природного газа примерно 4 млрд т, углей — 2, горной породы — 20 млрд т. Строительная индустрия увеличивает скорость природной эрозии в 200–500 раз. Ежегодно перепахивается почва объемом 4–6 км³ [14].

Извлечение для различных нужд подземных вод происходит значительно быстрее, чем их естественное восстановление. Изъятие из литосферы и закачка в нее растворимых веществ в 2–3 раза превышает подземный химический сток в зоне интенсивного водообмена [15]. Суммарные отходы городов мира (примерно 3 млрд т твердых, 500 км³ жидких и 1 млрд т аэрозолей в год) превышают выбросы вулканов (за последние 400 лет 578 активных вулканов ежегодно продуцируют в сумме около 2,5 млрд т лавы, пепла, газов и паров).

Для оценки техногенных потоков вещества используются такие показатели, как технофильтность, модуль техногенного давления [6], обобщенный коэффициент техногенности [16], технодинамический коэффициент [17]. Вследствие техногенного давления на биосферу, изменяющего соотношение биогенных и abiогенных химических элементов, можно ожидать изменения качественного (в том числе видового) состава организмов.

Оценка технозергетического давления на территорию СССР в 1980 г. (рис. 1) выполнена [17] с учетом результатов работ Н. Ф. Глазовского [16] и данных Госплана СССР [18]. Установлено, что

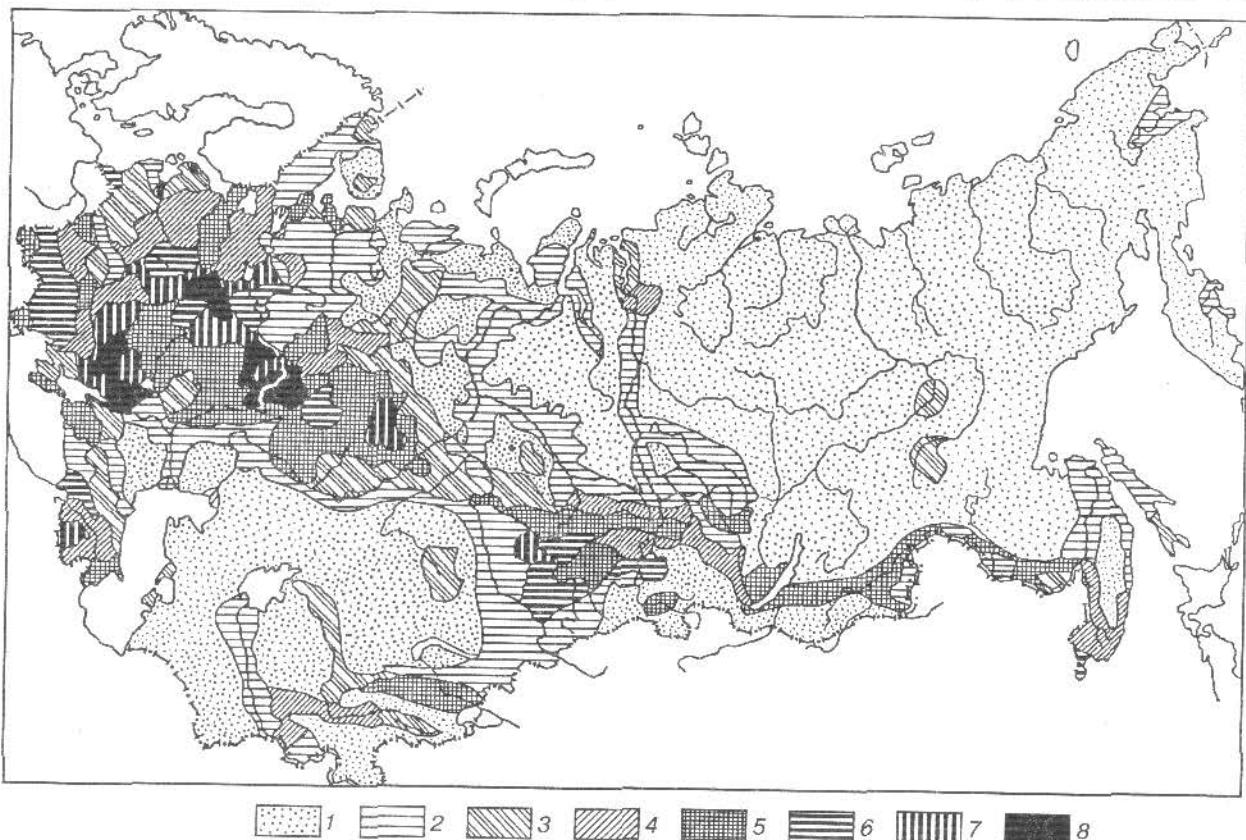


Рис. 1. Карта технозергетического давления на территорию СССР (на 1980 г.) [по 16–18], эрг/км²·с.

1 — < 0,8 · 10¹⁰; 2 — 0,8 · 10¹⁰ – 2,1 · 10¹⁰; 3 — 2,1 · 10¹⁰ – 0,5 · 10¹¹; 4 — 0,5 · 10¹¹ – 0,8 · 10¹¹; 5 — 0,8 · 10¹¹ – 1,7 · 10¹¹; 6 — 1,7 · 10¹¹ – 0,4 · 10¹²; 7 — 0,4 · 10¹² – 0,8 · 10¹²; 8 — > 0,8 · 10¹².

основными энергонагруженными территориями являются Восточная Украина, Центр европейской части России, Среднее Поволжье и в меньшей степени Южный Урал и юг Западной Сибири.

Воздействие на геофизические поля технических средств производства электромагнитной энергии может вызвать региональные и глобальные перестройки литосферно-ионосферных связей [19]. Все это приводит к появлению новообразований в лито-, гидро- и атмосфере и в происходящих в них процессах, что нарушает устоявшееся динамическое равновесие и может влиять на устойчивость геосистем. Изменение состава, свойств и энергетики геосистемы может привести к двум альтернативным результатам: к катастрофическому их разрушению и к эволюционному преобразованию в новое качество, устойчивое в изменившихся условиях. Это необходимо учитывать при оценке устойчивости геосистем и прогнозах катастрофических явлений.

ЭКОГЕОЛОГИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Анализ выборки из базы данных ВИНТИ за 1994–1996 гг. (более 900 документов) показал, что наибольшее число работ в области экологической геологии посвящено изучению урбанизированных территорий. Это понятно, поскольку результаты таких исследований более всего применимы [20, 21], но вместе с тем эти природно-антропогенные системы и наиболее сложны для изучения, так как включают значительное число разнообразных и взаимосвязанных антропогенных факторов. Поэтому выявить значимые корреляции между геологическими факторами и экологическими показателями можно только путем комплексных междисциплинарных исследований.

Одним из самых эффективных способов анализа региональных (локальных) экологических проблем является комплексное использование объектных и плотностных электронно-цифровых карт, позволяющее объединить дискретные характеристики экологических свойств территории с непрерывными пространственными моделями. Геоинформационное моделирование ориентировано прежде всего на задачи аналитической обработки данных и требует, как правило, использования нескольких типов программных комплексов, обеспечивающих различные звенья в общей технологической последовательности реализации проекта.

Влияние урбанизированной геосреды мегаполиса на экологические параметры обусловлено следующими причинами: наличием разнообразных природных и техногенных источников загрязняющих веществ и физических полей; зависимостью путей потоков вещества, интенсивности и локализации экологически значимых геохимических и геофизических аномалий от структурно-территориальных неоднородностей геосреды; изменением вследствие техногенной нагрузки физико-химического качества урбанизированной геосреды и развитием новых негативных явлений; концентрацией геоэкологического риска в районах с высокой плотностью застройки.

Комплексный анализ жизнеобеспечивающих устройств урбанизированной геосреды в статике и в динамике обуславливает возможность корректной ретроспективной и прогнозной экологической оценки, моделирования тактики и стратегии социально-эколого-экономического развития города, адекватного выбора административных решений. В результате выполнения таких межведомственных исследований станет возможным формирование геоинформационных ресурсов открытого доступа, прошедших комплексную высококвалифицированную экспертизу и соответствующих предъявляемым требованиям. Подобные работы проводились, например, на территории Новосибирска [22, 23].

ГЕОКОНСЕРВАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Применение большинства современных промышленных технологий сопровождается выработкой значительных объемов различных отходов, ухудшающих условия жизнеобитания и жизнеобеспечения. К особо опасным загрязнителям относятся тяжелые металлы и радионуклиды [24]. В решении проблем удержания тяжелых и радиоактивных металлов в прочносвязанном состоянии, исключающем (или минимизирующем) их распространение в окружающей среде, ведущая роль, несомненно, должна принадлежать геохимии, изучающей эндогенные и экзогенные процессы, управляющие химическим перераспределением земного вещества. Интенсивное развитие военной и гражданской атомной промышленности поставило перед человечеством уже общепланетарную проблему захоронения радиоактивных отходов. Ее концептуальное решение геохимики видят в создании приближенных к природным высокоустойчивых систем на основе алюмоシリкатных пород, обеспечивающих длительное равновесное совмещение отходов с геологической средой.

Основой технологических решений геоконсервации радиоактивных отходов должны служить понимание сущности и специфики функционирования природных систем зоны гипергенеза; знание условий образования природных аккумуляций радионуклидов (и тяжелых металлов) на геохимичес-

Зона подземного стока грунтовых вод, гидравлически связанных с поверхностью водоемами и водотоками

Область фильтрации смеси атмосферных осадков и технических вод при свободном доступе кислорода (зона аэрации). Уран находится в максимальном окисленном шестивалентном состоянии

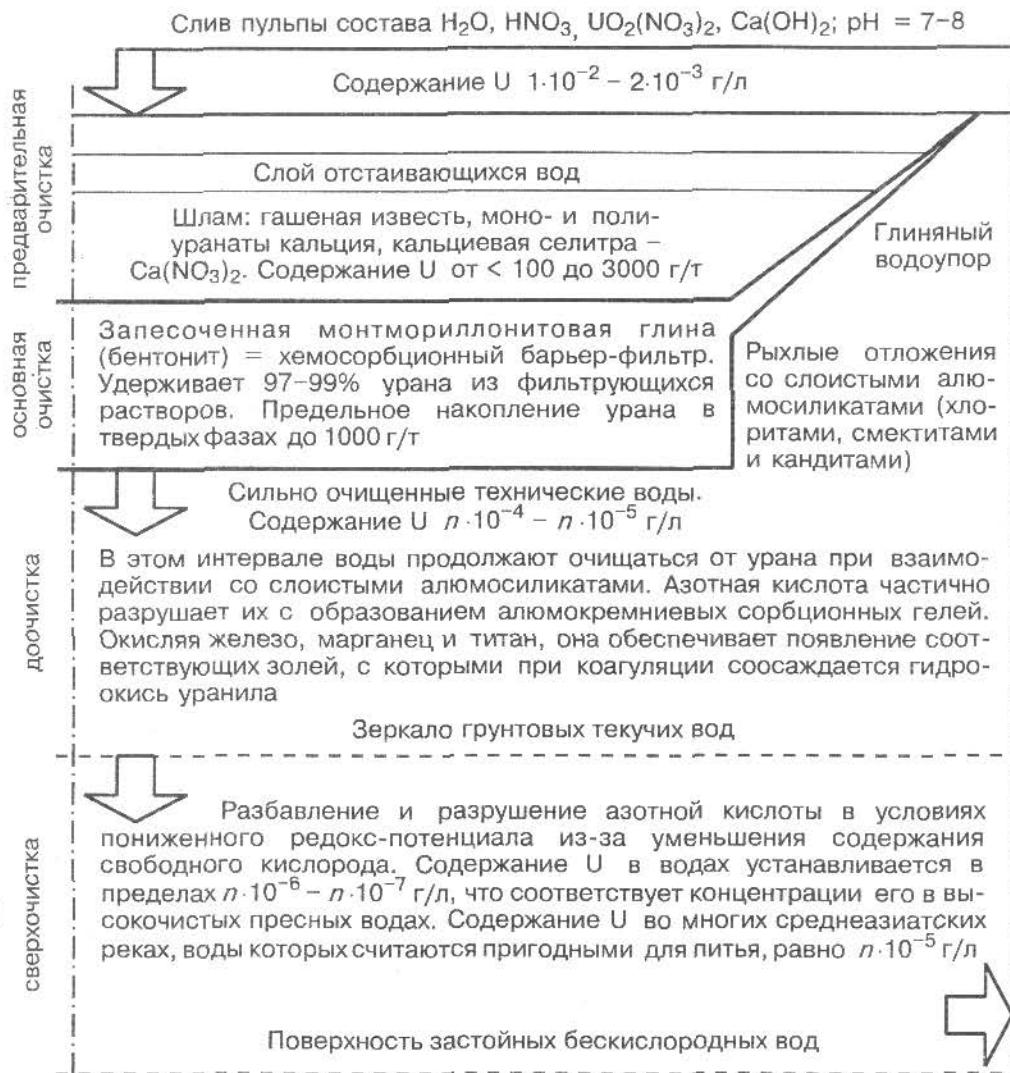


Рис. 2. Принципиальная геотехнологическая схема глубокой очистки технических вод от радионуклидов с удержанием их в составе твердых алюмосиликатных фаз, обладающих повышенными катионо-обменными и сорбционными свойствами. Разрез очистной карты с бентонитовым ложем и подстилающими рыхлыми суглинистыми отложениями, принадлежащими сформированной в конкретных климатических условиях системе вода — порода.

ких барьерах и их устойчивости во времени; понимание закономерностей и механизмов диагенетических преобразований осадочных пород, повышающих их плотность и устойчивость; результаты экспериментальных исследований инертности-подвижности радионуклидов, сорбированных на природных материалах, при химическом, тепловом и радиационном воздействии.

Предлагаемые экогеохимией технологии геоконсервации радиоактивных отходов не только используют созданные и проверенные природой сценарии прочного удержания химических элементов на геохимических барьерах, но и находятся в полном согласии с требованиями, выдвигаемым современной концепцией устойчивого развития природы и общества, т. е. являются наиболее экологически грамотными.

Разработанное в Объединенном институте геологии, геофизики и минералогии СО РАН научное и инженерно-технологическое обоснование бесконфликтного сопряжения жидких радиоактивных отходов с геологической средой [25] уже находит практическую реализацию на радиохимических предприятиях Сибири: Новосибирском заводе химконцентратов (рис. 2), Ангарском электролизном химическом комбинате и др. Найдено принципиальное решение способа захоронения твердых высокоактивных отходов, которое должно обеспечить их длительную изоляцию от окружающей среды.

Таким образом, развивающийся концептуальный подход к экогеологическим исследованиям базируется на изучении существующих и формирующихся геолого-техногенных систем, унаследовавших часть свойств естественных геосистем и эволюционирующих при комплексном воздействии природных и антропогенных факторов. Изучение этих геолого-техногенных новообразований, по нашему мнению, является одной из главных задач экологической геологии, которая, однако, может быть решена только в рамках междисциплинарных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коптюг В. А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 года): Информационный обзор. — Новосибирск, 1993.
2. Гавриленко В. В. Экологическая минералогия и геохимия месторождений полезных ископаемых. — СПб., 1993.
3. Марчук Г. И., Кондратьев К. Я. Приоритеты глобальной экологии. — М.: Наука, 1992.
4. Поток энергии Солнца и его изменения / Под ред. О. Уайта. — М.: Мир, 1980.
5. Зубаков В. А. Глобальные климатические события плейстоцена. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986.
6. Переильман А. И. Геохимия. — М.: Высш. шк., 1989.
7. Электромагнитные и плазменные процессы от Солнца до ядра Земли. — М.: Наука, 1989.
8. Дмитриев А. Н. Планетофизическое состояние Земли и жизнь // Вестн. МИКА. — Новосибирск, 1997. — Вып. 4.
9. Булкин Г. А. Введение в статистическую геохимию. — Л.: Недра, 1972.
10. Леме Ж. Основы биогеографии. — М.: Прогресс, 1976.
11. Дмитриев А. Н. Техногенный вызов планете Земля // Вестн. высш. шк. — 1989. — № 7.
12. Дмитриев А. Н. Техногенное воздействие на геокосмос. — Новосибирск, 1993.
13. Реймерс Н. Ф. Экологизация. Введение в экологическую проблематику. — М., 1994.
14. Котлов Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. — М.: Недра, 1978.
15. Шипунов Ф. Я. Организованность биосфера. — М.: Наука, 1980.
16. Глазовский Н. Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. — М.: Наука, 1982.
17. Дмитриев А. Н. Тенденции исследования геокосмоса и глобальные техногенные преобразования биосферы. — Новосибирск, 1985. — Ч. 11.
18. Топливно-энергетический комплекс СССР 1979 (экономико-статистический сборник). — М.: Госплан СССР, 1980.
19. Kikuchi H. Overview of power // Space Sci. Rev. — 1983. — Vol. 35, № 1.
20. Леггет Р. Города и геология. — М.: Мир, 1976.
21. Урбозэкология. — М.: Наука, 1990.
22. Дмитриев А. Н., Забадаев И. С., Зольников И. Д. и др. Пространственный анализ объектных и плотностных электронных карт разломных зон и сопряженных с ними явлений на территории Новосибирска // ГИС для устойчивого развития окружающей среды. — Новосибирск, 1997.
23. Дементьев В. Н., Дмитриев А. Н., Добрецов Н. Н. и др. Геоинформационный анализ жизнеобеспечивающих свойств урбанизированной геосреды // Там же.
24. Экогохимия Западной Сибири. Тяжелые металлы и радионуклиды / Под ред. Г. В. Полякова. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996.
25. Ковалев В. П., Мельгунов С. В., Пузанков Ю. М., Раевский В. П. Предотвращение неуправляемого распространения радионуклидов в окружающую среду (геохимические барьеры на смектитовой основе). — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996.

Объединенный институт геологии,
геофизики и минералогии СО РАН,
Новосибирск

Поступила в редакцию
23 февраля 1998 г.