

THE MODERN PROBLEMS OF ECOLOGICAL GEOLOGY

V. A. KOROLEV

The modern problems of ecological geology are considered. It is shown, that the simplified understanding of ecological problems of the Earth is not correct without the consideration of the ecological condition of lithosphere.

Рассматриваются современные проблемы экологической геологии. Показано, что упрощенное понимание экологических проблем на Земле без учета экологического состояния литосферы принципиально неправильно.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

В. А. КОРОЛЕВ

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

ВВЕДЕНИЕ

Всеобщее и все более возрастающее внимание у нас в стране и во всем мире к проблемам экологии не случайно. Оно вызвано обостряющимися экологическими проблемами глобального масштаба, острота которых в полной мере еще не осознана человечеством. К сожалению, в средней школе нередко экологические проблемы трактуются весьма узко и часто непрофессионально, тем самым еще раз подтверждая экологическую безграмотность населения. Подчас аналогичная ситуация возникает и в высшей школе. При этом острейшие экологические проблемы сводятся лишь к вопросам загрязнения и изменения атмосферы, включая проблему так называемой "озоновой дыры", к вопросам загрязнения водоемов, сохранения растительных богатств и животного мира и т.д., забывая о том, что все эти компоненты природы тесно связаны с самой Землей, точнее, с ее внешней оболочкой — литосферой. Именно литосфера является материальной литогенной основой биосферы — сферы жизни на нашей планете. На горных породах, как на основании, формируются почвы, ландшафты, развиваются растительные и животные сообщества. В то же время горные породы при активном участии человека, в процессе его разнообразной деятельности (техногенеза) все больше и больше включаются в техносферу (часть биосферы, затронутой техногенезом). Не умаляя значимости перечисленных выше глобальных экологических проблем атмосферы и гидросферы, растительных и животных сообществ, необходимо отметить, что их решение невозможно вне взаимосвязи с проблемами экологии литосферы. Различные вопросы экологических проблем литосферы изучаются в новом научном направлении — экологической геологии (экогеологии). Ее основным проблемам на современном этапе и посвящена эта статья.

ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Одними из первых предпосылок формирования экологической геологии были работы В.И. Вернадского по геохимии биосферы. Открытые им законы и созданное учение о геосферах Земли, об эволюции биосферы явились мощным стимулом к дальнейшим исследованиям в этой области. Как известно, любая наука или научное направление

возникают и развиваются как своеобразный отклик на те или иные проблемы и запросы человека. Экологическая геология формируется как отклик на решение проблем экологического кризиса в литосфере, обострившегося к концу XX века.

Примерно до 70 – 80-х годов нашего столетия об экологических проблемах литосферы вообще почти не упоминалось. Однако усилившийся к этому времени глобальный экологический кризис стал ясно проявляться и в верхних горизонтах земной коры. В связи с этим в геологии все больше начали уделять внимания экологическим проблемам. Среди различных геологических наук (динамической геологии, исторической и региональной геологии, геологии полезных ископаемых, петрографии, минералогии, геофизики, геохимии, инженерной геологии, гидрогеологии и др.) ближе всего к решению возникших экологических проблем литосферы оказалась инженерная геология – наука, изучающая (по определению И.В. Попова) свойства и динамику верхних горизонтов земной коры в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Инженерная геология – наука молодая, оформившаяся в разных странах лишь в 20 – 30-х годах этого века. На первых этапах формирования инженерная геология в основном развивалась в связи с запросами строительства. Перед инженерами-геологами ставили задачи геологического обоснования тех или иных строительных проектов зданий, дорог, плотин, ГЭС, карьеров и других хозяйственных объектов. Однако с течением времени предмет исследований инженерной геологии все более и более расширялся.

На начальных этапах своего развития инженерная геология часто выступала с позиций антропоцентризма, когда природные геологические и инженерно-геологические процессы рассматривали и изучали лишь с точки зрения их полезности (или вредности) человеку, его экономической выгоде. При этом главным было обеспечить устойчивость того или иного сооружения, пусть даже за счет потерь в экосистемах. С течением времени это положение хотя и медленно, но все же менялось.

К концу 70-х годов в инженерной геологии уже разрабатывалось не просто геологическое обоснование инженерно-строительной деятельности, а такое обоснование, которое сводило бы к минимуму или исключало совсем негативные последствия инженерной деятельности человека в литосфере. Ту часть литосферы, которая находится (или будет находиться потенциально в будущем) под воздействием инженерно-хозяйственной (техногенной) деятельностью человека, стали называть геологической средой, а перед инженерной геологией была поставлена новая проблема – разработка вопросов рационального использования и охрана геологической среды. С этого периода в инженерной геологии стали активно разрабатываться практические и тео-

ретические вопросы связанные с экологией верхних горизонтов литосферы. Этот раздел исследований даже получил (может быть, не совсем удачное) название – инженерная геоэкология. Одновременно с этим процессом в науках не геологического профиля, главным образом в географии, формировалось новое междисциплинарное направление – геоэкология, изучающая вопросы экологии ландшафтов и различных геосфер Земли в их взаимосвязи [5].

Однако к 90-м годам нашего столетия стало ясно, что в рамках только инженерной геологии (или инженерной геоэкологии) не решить всех экологических проблем литосферы. Более того, к этому времени возникли такие научные направления, как экологическая геохимия (экогеохимия, занимающаяся прежде всего вопросами загрязнения литосферы и миграции в ней элементов с точки зрения их влияния на экосистемы), экологическая гидрогеология (экогидрогеология, изучающая вопросы загрязнения подземных вод и др.), экологическая геофизика (экогеофизика, изучающая физические поля литосферы Земли с точки зрения их влияния на экосистемы) и др. В настоящее время все эти направления объединяются в одно – экологическую геологию.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Обостряющийся в настоящее время глобальный экологический кризис уже не первый в длительных геологических эпохах Земли. Биологи утверждают, что это, по крайней мере, второй крупнейший глобальный экологический кризис в истории Земли, в истории существования на Земле живого и его эволюции. Как известно, существование биосферы Земли насчитывает около четырех миллиардов лет (точнее, 3,8 млрд. лет). Один из первых экологических кризисов, по мнению ученых, был на Земле в те древнейшие времена, когда в процессе эволюции живые клетки различных организмов в поисках воды и ее диализа выделяли в огромных количествах кислород и тем самым создали на Земле кислородную атмосферу. До этого на Земле существовало много форм бескислородных организмов, и для них создание чуждой кислородной атмосферы было катастрофическим событием – глобальным экологическим кризисом, приведшим к вымиранию большинства этих форм. В ходе последующей эволюции биосферы в итоге все же установилось динамическое равновесие ее составных частей, но на протяжении длительной истории Земли разномасштабные вымирания биоты, связанные с экологическими кризисами, происходили многократно.

Все эти глобальные экологические катастрофы в истории Земли вызывались разными естественными планетарными и космическими причинами – периодически повторяющимися космическими событиями (в частности, нахождением Солнечной

системы в определенных участках галактической орбиты и т.п.), сменяющимися эпохами горообразования и движения различных участков литосферы (орогенеза и рифтогенеза), сопровождаемыми изменениями в составе атмосферы и климата, трансгрессиями (наступлением) и регрессиями (отступанием) Мирового океана и т.п. Причины их во многом до конца еще не установлены, но важно подчеркнуть, что все эти катастрофы были естественными, природными.

Теперь же главнейший фактор глобального экологического кризиса на Земле — человек, и в этом заключается главное отличие настоящего кризиса от всех предыдущих. Современный экологический кризис, таким образом, противоестествен, он вызван самим человеком. Неразумная материально-хозяйственная, или техногенная (антропогенная), деятельность во всех ее сложных и многообразных формах приводит на наших глазах природу на Земле к экологическому кризису. Неразумная антропогенная деятельность, в том числе и в пределах гигантского литосферного пространства, а точнее, в ее самой верхней части, называемой геологической средой, вносит огромный дисбаланс в равновесие

земной биосферы. Технологическое развитие цивилизации стало носить катастрофически быстрый, а по меркам геологического времени — взрывной характер. Индустриальная революция в мире привела к глобальному вмешательству человека в литосферу, прежде всего при добыче полезных ископаемых.

Так, например, количество только механически извлекаемого человеком материала в литосфере Земли при добыче полезных ископаемых и строительстве превышает 100 миллиардов тонн в год, что примерно в четыре раза больше массы материала, сносимого водами рек в океаны в процессе денудации, размыва суши (рис. 1, табл. 1). Ежегодный объем наносов, перемещаемых всеми текучими водами на земной поверхности, составляет не более 13 км^3 , то есть в 30 раз меньше, чем перемещается горных пород при строительстве и добыче полезных ископаемых [8]. При этом надо иметь в виду, что суммарная мощность производства в мире удваивается каждые 14 — 15 лет. То есть антропогенная деятельность по своим масштабам и интенсивности стала не только соизмеримой с природными геологическими процессами, но существенно их превосходит, на что указывал В.И. Вернадский [1], не видя, однако, в этом никакой угрозы цивилизации.

На огромных площадях поверхности Земли и в ее недрах на наших глазах происходит активизация различных неблагоприятных геологических процессов и явлений (оползней, селей, подтопления и заболачивания территорий, засоления почв и т.п.), которые были вызваны или активизированы человеком, часто его неразумной хозяйственной деятельностью. Такие процессы искусственного, а не естественного происхождения стали называть инженерно-геологическими. Они ровесники человеческой цивилизации, и по мере углубления экологического кризиса масштабы их проявлений на Земле все более возрастают.

Инженерно-геологические процессы идут одновременно с природными геологическими процессами, но их интенсивность, концентрация, частота проявления и другие параметры существенно превышают аналогичные природные. Отсюда вытекает их чрезвычайное значение. Пока человек не может предотвратить многие опасные и катастрофические

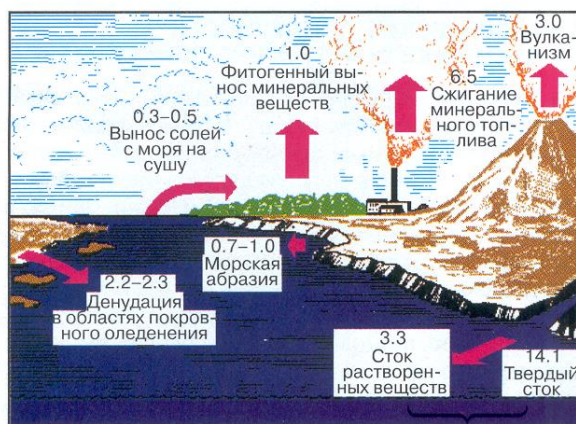


Рис. 1. Объемы некоторых потоков минеральных веществ на Земле в млрд. т за один год (по Л.Г. Бондареву).

Таблица 1. Масштабы некоторых техногенных воздействий в мире на верхние горизонты земной коры (в год)

Извлечение из литосферы		Поступление в литосферу	
Добыча минерального сырья	100 млрд. т	Внесение удобрений в почву	500 млн. т
Добыча минералов	800 млн. т	Внесение пестицидов в почву	5 млн. т
Водозабор	560 км^3	Отвалы золы	350 млн. т
Твердый сток в моря, морская абразия и денудация	17,4 млрд. т	Промышленные и коммунальные стоки (сточные воды)	500 км^3
Выброс нефти в моря	10 млн. т	Перемещение пород при строительстве и добыче ископаемых	4000 км^3
Вулканические выбросы	3,0 млрд. т		

геологические процессы, но в арсенале методов инженерной геологии накоплен огромный научный опыт по прогнозу геологических и инженерно-геологических процессов, по мероприятиям направленным на инженерную защиту территорий от их проявления и снижение ущерба.

Таким образом, в обостряющемся на Земле экологическом кризисе роль различных геологических и инженерно-геологических процессов, происходящих в литосфере, огромна, что необходимо иметь в виду при решении экологических проблем. В связи с этим в современных условиях значение инженерной и экологической геологии в жизни общества неизменно возрастает.

ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ

Широко бытует ошибочное мнение, что в отличие от растений или животных, которые более или менее чутко реагируют на техногенные (вызванные человеком) воздействия, сама “земля” (а точнее — верхние горизонты литосферы, горные породы и почвы) может “выдержать” что угодно: и сброс загрязнений, и подземные атомные взрывы, и захоронение всевозможных токсичных или просто ненужных отходов, и безудержную эксплуатацию недр, откуда извлекаются в гигантских масштабах всевозможные полезные ископаемые, и т.д. Но это глубоко ошибочное мнение. Всему есть предел, как есть предельно допустимые уровни техногенных воздействий и на литосферу [2, 3].

У человечества хватило здравого смысла запретить ядерные испытания в атмосфере и гидросфере — геосферах Земли, наиболее уязвимых и значимых в экологическом плане. Но до последнего времени некоторые страны (Франция, Китай) проводили и проводят испытания в литосфере, хотя экологическое значение этой геосферы Земли ничуть не меньше (а в ряде случаев намного больше) первых двух. Налицо преступная безграмотность в области экологической геологии, граничащая с преступлением против всего человечества.

Но кроме подземных ядерных испытаний, “расшатывающих” литосферу и загрязняющих ее радионуклидами, не меньшую тревогу должны вызывать, казалось бы, такие относительно “безобидные” воздействия на литосферу, как создание свалок твердых бытовых отходов (часто не контролируемых), загрязнение промышленными стоками подземных вод и вследствие этого сокращение запасов на Земле питьевой воды, механическое (статическое и динамическое), термическое, электромагнитное и другие виды воздействий на верхние горизонты земной коры. Одни лишь коммунальные отходы, накапливающиеся на свалках и частично поступающие в литосферу, представляют собой существенный фактор техногенного воздействия. Количество коммунальных отходов, приходящихся за год на од-

ного человека, в некоторых странах достигает огромных величин (табл. 2), а их утилизация представляет серьезную проблему во всем мире.

В результате разномасштабных проявлений техногенных воздействий Земля превращается в гигантскую свалку, литосфера начинает испытывать необратимые негативные изменения, экологические последствия которых трудно предсказуемы. Необходимо развеять ложность бытующих неверных представлений о литосфере как геосфере, которая “может все выдержать”.

С каждым годом интенсивность воздействия человека на литосферу все более и более возрастает (см. рис. 1, табл. 1). Если к 1985 году суммарная площадь суши, покрываемая всеми видами инженерных сооружений (здания, дороги, водохранилища, каналы и т.п.), составляла около 8%, то к 1990 году она превысила 10%, а к 2000 году может возрасти до 15%, то есть приблизиться к величине 1/6 площади суши Земли. Если же сюда прибавить площади, используемые на Земле под сельское хозяйство, то получится, что этими видами деятельности затронуто около половины суши (без Антарктиды). При этом надо иметь в виду, что поверхность и подземное пространство литосферы “осваиваются” очень неравномерно.

Например, территория Московской области уже к 1985 году была застроена на 16%. В ряде мест, особенно в городах, концентрация различных инженерных сооружений достигает очень большой величины. На урбанизированных территориях практически невозможно найти неизменные участки литосферы или девственные, неизменные участки рельефа. На рис. 2 показана карта техногенного изменения рельефа территории Москвы, из которой следует, что доля площадей города с практически неизменным рельефом весьма мала.

“Освоение” литосферы идет не только вширь, но и вглубь [3]. Полезные ископаемые добываются все с большей глубины. Растет число шахт и карьеров

Таблица 2. Количество коммунальных отходов, образующихся за год в некоторых странах

Страна	Общее количество отходов в год, млн. т	Количество отходов, приходящихся на 1 чел., т
Австралия	10,0	0,68
Великобритания	15,8	0,28
Италия	14,0	0,25
Канада	12,6	0,53
США	200,0	0,87
Франция	15,5	0,29
Япония	40,3	0,29

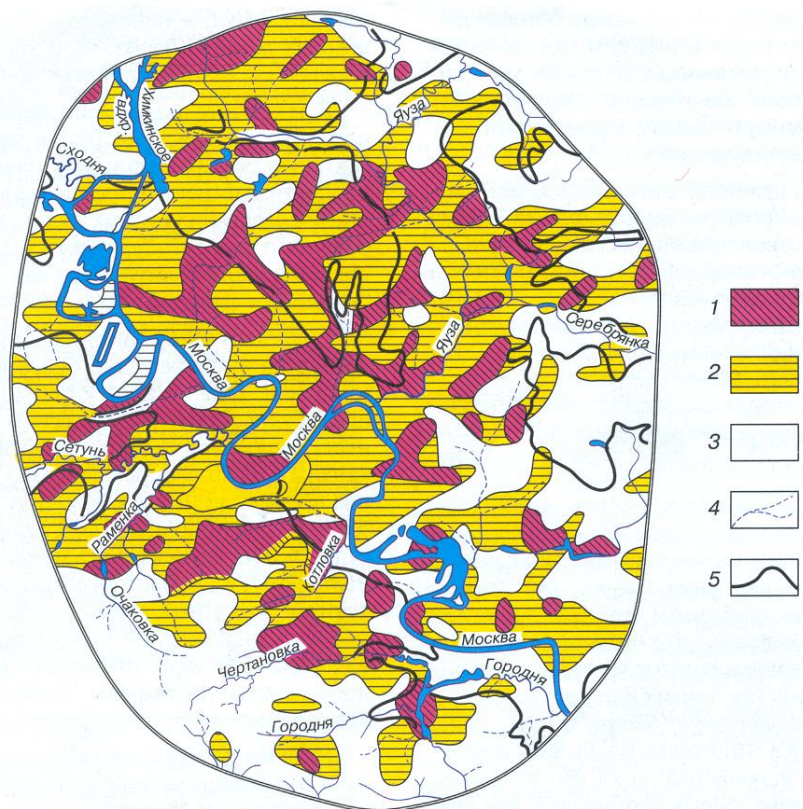


Рис. 2. Степень техногенной измененности рельефа на территории Москвы: 1 – сильно измененный рельеф (изменены абсолютные отметки, глубина расчленения более 3 м/км², засыпана гидросеть); 2 – частично измененный; 3 – практически неизменный; 4 – утраченная гидросеть; 5 – границы долинного комплекса (по Л.В. Бахиревой и др., 1989).

глубокого заложения, увеличивается глубина буровых скважин (достигших отметки 12 км). Из-за недостатка площадей в городах человек все в большей степени осваивает и использует подземное пространство (метро, переходы, тоннели, хранилища, архивы). Наибольшее по масштабам техногенное воздействие человека на литосферу обусловлено прежде всего такими видами деятельности, как горнотехническая (добыча и переработка полезных ископаемых), инженерно-строительная, сельскохозяйственная и военная. Все они действуют как мощный геологический фактор, меняющий лик Земли, состав, состояние и свойства литосферы, а следовательно, и как фактор, влияющий на состояние экосистем [3, 8]. Можно привести много примеров, раскрывающих масштабы техногенных воздействий на литосферу. Ограничимся лишь некоторыми. В настоящее время общая протяженность железных дорог на Земле составляет более 1400 тыс. км., то есть в 3,5 раза больше, чем расстояние от Земли до Луны. И на всем этом протяжении нарушается почвенный покров, меняются геологические условия прилегающих к дороге территорий, возникают новые геологические процессы. Протя-

женность автомобильных дорог в мире еще больше. Вдоль автотрасс также происходит нарушение геологических условий. Подсчитано, что при прокладке 1 км дороги нарушается около 2 га растительного и почвенного покрова.

Суммарная длина берегов только искусственных водохранилищ, построенных на территории бывшего СССР к середине 80-х годов, равнялась длине экватора Земли. На всем их протяжении развивались и продолжают развиваться различные геологические процессы (активизация склоновых процессов, переработка берегов, подтопление и т.д.). Протяженность магистральных оросительных и судоходных каналов на территории СНГ, также изменяющих геологическую обстановку, намного больше и составляет около 3/4 расстояния от Земли до Луны. Эти цифры для Земли в целом еще больше, а об объемах перемещаемых грунтов и темпах строительства лишь некоторых крупных каналов свидетельствуют данные, приведенные в табл. 3.

Техногенная деятельность человека на Земле способна не только вызывать активизацию или, наоборот, замедлять развитие природных геологических

Таблица 3. Объемы и темпы строительства крупнейших каналов [8]

Канал	Год сооружения	Протяженность, км	Объем земляных работ, км ³	Сроки строительства
Суэцкий	1869	160	275	44 года
Панамский	1915	81	160	35 лет (с перерывами)
Им. Москвы	1937	128	154	4,7 года
Волго-Донской	1951	101	168	3,8 года

процессов, но может также порождать новые инженерно-геологические процессы, которые раньше на данной территории не отмечались. Техногенная деятельность человека может приводить даже к возникновению таких грандиозных и опасных геологических явлений, как землетрясения. Это явление известно под названием “наведенная сейсмичность”. Чаще всего землетрясения техногенного происхождения возникают в связи с созданием крупных и глубоких водохранилищ. Так, например, один из первых случаев возникновения техногенных сейсмических явлений при заполнении водохранилища был отмечен в 1932 году в Алжире при строительстве плотины высотой в 100 м на реке Уэд-Фодда, когда в период заполнения водохранилища стали возникать сейсмические толчки, достигавшие 7 баллов и исходившие из гипоцентра, расположенного на глубине 300 м. С окончанием заполнения водохранилища сейсмическая активность постепенно прекратилась. Но обычно наведенная сейсмичность проявляется, постепенно снижаясь, еще в течение нескольких лет (до 3 – 5 лет) после окончания заполнения водохранилища. Позже аналогичные явления были зафиксированы в странах Европы (Россия, Италия, Франция, Греция, Швейцария), Азии (Китай, Япония, Пакистан), в Австралии и США. Сейсмические колебания земной коры, соизмеримые с крупными землетрясениями, возникают и при подземных ядерных ис-

пытаниях. Существует мнение, что они могут являться причиной активизации сейсмичности в соседних регионах, служить своеобразным “спусковым крючком”.

Как крупнейший геологический фактор на Земле человек в огромных объемах производит и искусственные грунты – перемещенные или созданные массы горных пород, отвалы, насыпи, намывные грунты, шлаки, золы и т.п. Причем этот процесс получил такие широкие масштабы, что стал соизмерим с естественным осадконакоплением (табл. 4). В настоящее время искусственные (или техногенные) грунты уже покрывают более 55% площади суши Земли [8]. Но их распространение крайне неравномерно, и в ряде урбанизированных районов искусственные грунты покрывают 95 – 100% территории, а их мощность достигает нескольких десятков метров. Интенсивность образования искусственных грунтов на территории СНГ показана на рис. 3, из которого следует, что особенно сильно этот процесс идет в европейской части России, на Украине, в Молдавии, Закавказье и на юге Сибири. Среди техногенных грунтов наиболее экологически опасны те, которые формируются из различных отходов.

Характерным примером образования огромных масс искусственных грунтов является строительство крупных топливно-энергетических комплексов. При открытом способе разработки угольного разреза, помимо угля, перемещается огромная масса вскрышных пород. Сжигаемый затем уголь превращается в золу и шлаки, поступающие в отвалы, масштабы которых достигают гигантских размеров. Их утилизация – серьезная экологическая проблема на Земле. Если удаление золы из топок ТЭС происходит водным способом (гидроудаление), то зола по пульпопроводу сбрасывается в пруды-отстойники (рис. 4), на дне которых осаждаются огромные массы искусственных зологрунтов (рис. 5, 6). В итоге намывными зологрунтами покрываются значительные площади, происходит деградация природных ландшафтов и экосистем. Антропогенные перемещения и изменения масс горных пород, а также элементного, геохимического состава верхних горизонтов литосферы, включая подземную гидросферу, привели к техногенному изменению геофизических

Таблица 4. Объемы отвалов искусственных грунтов на Земле, образующихся при горнотехнической деятельности, км³ [8]

Полезные ископаемые	Отвалы пустой породы			Отвалы производственных отходов (шлаки, золы и др.)			Всего
	до 1962 г.	1963 – 1980 гг.	Сумма	до 1962 г.	1963 – 1980 гг.	Сумма	
Рудные	704	506	1210	4,0	3,9	7,9	1217,9
Нерудные	32	58	90	–	–	–	90,0
Топливо	125	153	278	5,8	6,4	12,2	290,2
Итого	861	717	1578	9,8	10,3	20,1	1598,1

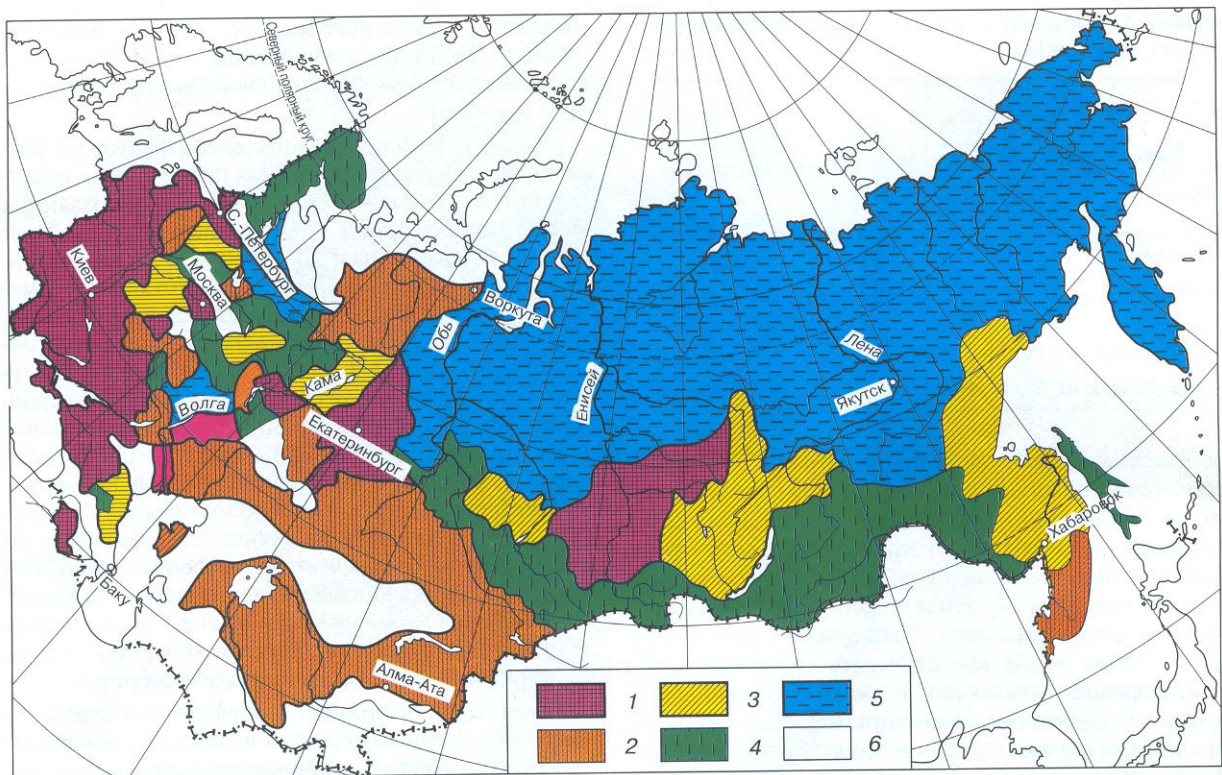


Рис. 3. Интенсивность образования искусственных грунтов на территории СНГ: 1 – очень высокая; 2 – высокая; 3 – средняя; 4 – низкая; 5 – очень низкая; 6 – прирост искусственных грунтов не отмечается (по [8]).

полей Земли – гравитационного, магнитного, электрического, радиационного, теплового. Все эти поля Земли в настоящее время уже не первозданные, не природные по своей структуре и свойствам. Они в большей или меньшей степени техногенно искажены, причем далеко не в благоприятном для экологии человека и других организмов направлении.



Рис. 4. Намыв золы из пульпопровода с образованием искусственного озера и осадков зола уноса (фото Е.Н. Огородниковой).

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ

Современная экологическая геология развивается в основном с позиций биоцентризма, который предполагает всесторонний учет всех видов человеческого воздействия на геологическую среду и ее обратного влияния на биоту. При этом во внимание в первую очередь принимается не экономическая целесообразность того или иного инженерного сооружения и его значимость для человека, а то, каким образом это сооружение “вписано” в природную обстановку, как оно влияет на геологическую среду, экосистемы и биоту в целом. Изучением этого сложного взаимодействия общества и геологической компоненты окружающей среды и занимается экологическая геология. Во всем мире затраты на восстановление естественного равновесия в литосфере очень высоки. Они отражают “плату человека” за вмешательство в природную среду. Причем стоимость этих расходов практически во всех странах из года в год увеличивается (рис. 7). В США ассигнования на природоохранные мероприятия в 1990 финансовом году составили 12,7 млрд. долларов. В России на эти цели выделяется ассигнований почти в 10 раз меньше [6].

Экологическая геология изучает верхние горизонты литосферы как абиотическую компоненту



Рис. 5. Новообразования карбонатов и гидроксидов в пустотах намытых зологрунтов (фото Е.Н. Огородниковой).

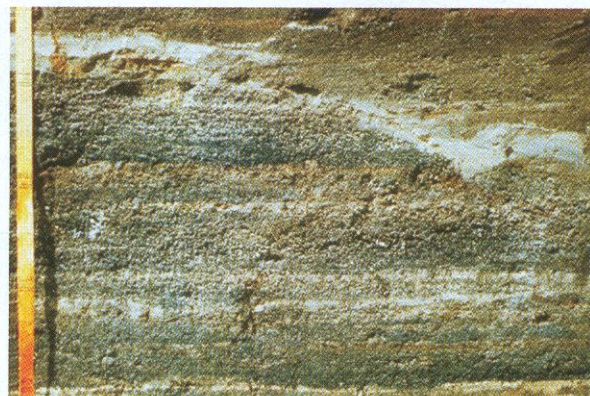


Рис. 6. Характер слоистости в строении разреза намытых техногенных зологрунтов (фото Е.Н. Огородниковой).

природных и антропогенно измененных экосистем высокого уровня организации [7]. Ее объектом исследований являются биотопы экосистем, а предметом исследований – экологическая роль и экологические функции литосферы, основными среди которых являются ресурсная, геодинамическая и геохимическая. Все эти функции литосферы теснейшим образом связаны между собой.

Ресурсная функция верхних горизонтов литосферы заключается в ее потенциальной способности обеспечения потребностей биоты (экосистем) абиотическими ресурсами, в том числе и потребностей человека теми или иными полезными ископаемыми, необходимыми для существования и развития человеческой цивилизации. Причем с позиций биоцентризма потребности человека не должны вступать в противоречие с потребностями биоты в целом. Среди природных ресурсов на Земле по их значимости для развитых государств на первом месте стоят энергоресурсы. При современном уровне развития промышленности в мире технологическая энергетика создает и трансформирует огромное, если рассматривать планету в целом, количество энергии. Около 70% добываемых полезных ископаемых в мире составляют энергоресурсы. Следовательно, можно говорить о соизмеримости техногенного энергетического потенциала с энергетическим потенциалом Земли естественного происхождения, особенно на урбанизированных территориях.

Потребности в энергоресурсах развитых стран все более и более возрастают. На фоне нехватки собственных природных ресурсов они стремятся захватить мировые рынки сбыта полезных ископаемых, прежде всего нефти, угля, металлических и полиметаллических руд и т.д., объявляя их зоной национальных экономических интересов. Малейшие «сбои» в этих зонах приводят к тяжелейшим, прежде всего энергетическим и экономическим, кризисам в этих странах. В конечном итоге такой путь развития губителен для людей: все большее число

стран, переходя в стадию экономически высокоразвитых государств, с одной стороны, будет вынуждено вступать в конфликты из-за ресурсов, а с другой – все более интенсивно эксплуатировать ресурсы слаборазвитых стран. В настоящее время в мире отмечается ресурсная напряженность, которая обуславливает необходимость перехода человечества к системному ресурсному мышлению. Этот переход, видимо, совершится в ближайшие годы, поскольку человечество для этого имеет, по оценкам экспертов, всего 3 – 4 десятилетия [6]. Выработка соответствующей теоретической базы, касающейся ресурсов литосферы, – важнейшая проблема экологической геологии [5, 6].

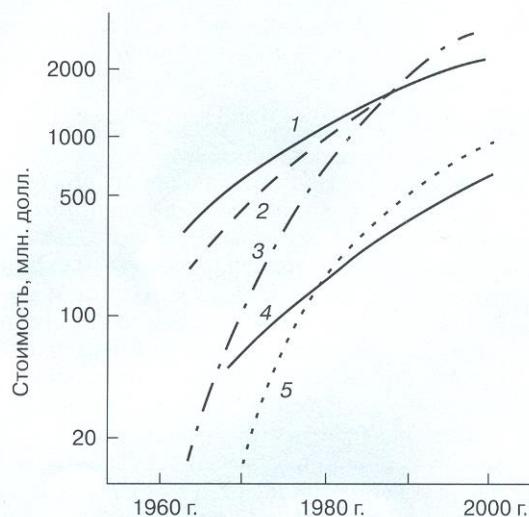


Рис. 7. Рост стоимости мероприятий по борьбе с загрязнениями в бассейне р. Делавер (США); расходы на обработку стоков (1), твердых отходов (2), автомобильных загрязнений (3), промышленных отходов (4), энергетических отходов (5) (по Ю. Одуму, 1975).

Геодинамическая функция литосферы в экологическом аспекте проявляется в ходе различных геологических процессов (экзогенных — оползней, обвалов, селей, береговой абразии, подтопления и т.д. и эндогенных — землетрясений, вулканических извержений и т.д.), так или иначе влияющих на различные экосистемы, в том числе и человеческое общество. Эти процессы, как указывалось выше, делятся на природные геологические и процессы, вызванные человеком, техногенные — инженерно-геологические. Важно подчеркнуть, что последние могут по своей интенсивности, мощности и масштабам проявления существенно превосходить их природные аналоги, поэтому их прогнозу, оценке и инженерной защите территорий с развитыми на них экосистемами от негативного влияния инженерно-геологических процессов в экологической геологии уделяется первостепенное внимание.

Пока нерешенных проблем в этой области очень много и среди них одна из центральных — выявление предельно допустимых уровней техногенных воздействий на геологическую среду и ее отдельные компоненты — почвы, горные породы, подземные воды, рельеф территории и развитые на ней геологические процессы, изменение которых влияет на различные экосистемы [2, 7]. Основная задача заключается в том, чтобы научиться правильно прогнозировать экологические последствия тех или иных техногенных воздействий на литосферу, а следовательно, научиться предотвращать негативные экологические процессы и тем самым влиять на разразившийся глобальный экологический кризис. Немалую роль в решении этой проблемы должен сыграть экологический мониторинг геологической среды — система постоянных наблюдений, контроля, оценки, прогноза и управления состоянием геологической среды с целью обеспечения ее экологических функций [4].

Геохимическая функция литосферы в экологическом аспекте заключается в ее активном участии в процессах круговорота веществ в природе. Причем одинаково важен анализ обеих сторон круговорота — как вредных, так и полезных для экосистем веществ. Геохимическая транспортировка различных элементов в пределах литосферы и экосистем могут осуществляться различными путями. В связи с чем выделяют механическую, физико-химическую, биогенную и техногенную миграцию, которая является предметом исследований экологической геохимии. Техногенная миграция веществ, как и общие закономерности техногенеза, еще далеко не установлены, однако в этой области уже открыт целый ряд важнейших законов, позволяющих охарактеризовать геохимическую функцию литосферы.

Разработка методов управления состоянием и свойствами массивов горных пород верхних горизонтов литосферы с целью сохранения и обеспечения их экологических функций — практическое

направление экологической геологии, которое интенсивно развивается в настоящее время [4]. Задача управления успешно решается методами технической мелиорации горных пород, в арсенале которой имеются всевозможные способы целенаправленного активного влияния человека на состав, строение, состояние и свойства горных пород и их массивов. Применение этих методов позволяет менять состояние и свойства массивов горных пород в нужном направлении, получать массивы с заданными свойствами, осуществлять реабилитацию (очистку) территорий, почв, горных пород от всевозможных техногенных загрязнений и т.д. Разработка этих актуальных проблем позволит существенно продвинуть вперед решение многих задач геоэкологии и экологии и вплотную подойти к реализации идеи В.И. Вернадского [1] о ноосфере — высшей фазе эволюции биосферы на Земле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи биологии. 1944. Т. 18. Вып. 2. С. 113 — 120.
2. Герасимова А.С., Королев В.А. Проблемы устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям. // Гидрогеология, инженерная геология: Обзор / АО "Геоинформмарк". М., 1994. 47 с.
3. Королев В.А., Николаева С.К. Геоэкологическая оценка зон влияния инженерных сооружений на геологическую среду // Геоэкология, 1994. № 5. С. 25 — 37.
4. Королев В.А. Мониторинг геологической среды / Учебник для вузов. М.: Изд-во МГУ, 1995.
5. Осипов В.И. Геоэкология — междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер // Геоэкология. 1993. № 1. С. 4 — 18.
6. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). // Россия Молодая. 1994. 367 с.
7. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Содержание и соотношение геоэкологии и экологической геологии. Тез. докл. Всероссийской науч.-техн. конф. "Экология и геофизика", М., 1995, С. 39.
8. Хазанов М.И. Искусственные грунты, их образование и свойства. М.: Наука, 1975. 135 с.

* * *

Владимир Александрович Королев, инженер-геолог, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры инженерной геологии и охраны геологической среды Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова; опубликовал более 150 научных работ, в том числе монографии, учебники и учебные пособия. Основные направления научных исследований — термодинамика грунтов, электроповерхностные и физико-химические свойства грунтов, мониторинг геологической среды, экологическая геология.