

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО ПОЛЕСЬЯ

Книга 1. БЕЛОРУССКОЕ ПОЛЕСЬЕ

Том 2

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Под общей научной редакцией

доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ю. А. Мажайского,
доктора технических наук, профессора А. Н. Рокочинского,
доктора географических наук, профессора А. А. Волчека,
кандидата технических наук, доцента О. П. Мешика,
доктора технических наук, профессора Е. Езнаха

БЕЛАРУСЬ – УКРАИНА – ПОЛЬША – РОССИЯ

Брест – Ровно – Варшава – Рязань

2019

УДК 631.62(438.42)

ББК 40.6

П77

Под общей научной редакцией:

Ю. А. Мажайского, доктора сельскохозяйственных наук, профессора (Россия);

А. Н. Рокочинского, доктора технических наук, профессора (Украина);

А. А. Волчека, доктора географических наук, профессора (Беларусь);

О. П. Мешика, кандидата технических наук, доцента (Беларусь);

Е. Езнаха, доктора технических наук, профессора (Польша).

Рецензенты:

П. С. Лопух – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой общего земледелия и гидрометеорологии географического факультета (Белорусский государственный университет);

Э. И. Михневич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения факультета энергетического строительства (Белорусский национальный технический университет).

Природообустройство Полесья : монография : в 4 кн. / под общ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А. А. Волчека, О. П. Мешика, Е. Езнаха. – Рязань : Мещер. ф-л ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2019. – Кн. 1 : Белорусское Полесье. – Т. 2 : Преобразование и использование природных ресурсов. – 503 с.

ISBN

Монография подготовлена на основе обобщения результатов многолетних исследований и производственного опыта ведущих ученых и специалистов водохозяйственно-мелиоративного профиля о природных, исторических, социально-экономических, конструктивных, режимно-технологических, экологических, экономических и других аспектах мелиорации и обустройства зоны Полесья Беларуси, Украины, Польши и России.

Том 2 книги 1 посвящен вопросам, связанным с практикой природообустройства, нормативно-правовым обеспечением, особенностями мелиоративного освоения земель Полесья, управлением водными и земельными ресурсами.

Предназначается для специалистов в области экологии, природоохранной деятельности, мелиорации и водного хозяйства, сельскохозяйственного производства, научных работников, аспирантов, магистрантов и студентов соответствующих специальностей.

Ответственность за содержание, достоверность и качество представленных материалов несут авторы.

УДК 631.62(438.42)

ББК 40.6

ISBN

© Авторы разделов, указанные в оглавлении тома 2 книги 1 монографии, 2019

© Брестский государственный технический университет (Республика Беларусь), 2019

© Национальный университет водного хозяйства и природопользования (Ровно, Украина)

© ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация), 2019

© Варшавский университет естественных наук – SGGW (Республика Польша), 2019

Глава 2. ЕСТЕСТВЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И РЕСУРСОВ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

2.1. Экология геологической среды Белорусского Полесья: состояние, мониторинг и охрана

Геология среды обитания

Одна из характерных черт современного этапа истории человечества состоит в небывалом ускорении научно-технического прогресса. В значительной степени это связано с интенсивным развитием фундаментальных научных исследований, закладывающих основы для разработок прикладного характера.

Непрерывно расширяется в связи с увеличением степени комплексности освоения недр и представление о геологических ресурсах («георесурсах»). Ранее они отождествлялись главным образом с полезными ископаемыми, имеющими лишь природное происхождение. Академик М. И. Агошков (1982) первым выступил с предложением, нашедшим в дальнейшем поддержку в широком кругу ученых и специалистов, о разделении георесурсов на следующие шесть основных групп [24]:

- 1) комплексные месторождения твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых;
- 2) горные породы вскрыши, размещаемые при открытой разработке месторождений в отвалах, а также раздельно складированные в отвалах добытые забалансовые по качеству полезные ископаемые;
- 3) отходы горно-обогатительного и металлургического производства, в том числе техногенные месторождения, а также отработанные воды, содержащие полезные компоненты;
- 4) глубинные источники пресных, минеральных и термальных вод;
- 5) глубинное тепло недр Земли;
- 6) природные и созданные человеком (техногенные) полости в земных недрах.

К этому перечню следует добавить весьма специфичный информационный ресурс недр. Он постоянно востребован обществом в связи с необходимостью во все новых знаниях при проектировании предприятий, осваивающих недра, устранении последствий освоения недр, прогнозировании различного рода техногенных явлений, обусловленных извлечением из недр и переработкой георесурсов. К информационному ресурсу недр следует отнести характерные и редкие свидетельства проявлений геологических процессов, палеонтологические объекты, погребенные свидетельства материальной культуры человека. Информационный георесурс является всеобщим, его фрагменты обнаруживают себя во всех природных и техногенных объектах и процессах, составляющих предметы изучения, проектирования, управления, строительства, ликвидации и других действий в связи с освоением недр. Вместе с тем он безграничный (даже при теоретическом его представлении), поскольку безгранично разнообразие состояний недр, возможностей техногенных воздействий на них и последствий этого. Рассматриваемый ресурс недр обладает признаками качества, среди которых можно назвать полноту (минимальную достаточность) информации, ее упорядоченность (системность представления), достоверность [96].

Если принять во внимание потребности человека не только в ближайшем, но и отдаленном будущем в контексте усиливающегося влияния на развитие общества минерально-сырьевых, энергетических, территориально-экологических и других ограничений, то необходимо отметить весьма разнообразные потенциальные возможности удовлетворения потребностей в георесурсах, предоставляемые недрами. Они значительно превосходят те, с которыми связываются сейчас традиционные представления. Реальное свое значение любой георесурс приобретает при определенной экономической конъюнктуре и в случае, когда известна технология его извлечения из недр и применения. Научное познание недр в горном деле должно следовать необходимости увеличения георесурсного многообразия и создания для этого технологических возможностей. Для многообразия ресурсов недр характерна существующая между ними генетическая связь.

Освоению недр в настоящее время свойственно не устраняемое в дальнейшем нарушение их состояния, сопровождающее извлечение георесурсов одного вида и имеющее следствием разрушение сопряженных георесурсов других видов. Со временем по этой причине может складываться экологическая ситуация, неблагоприятная для жизни населения. Принято считать в таких случаях недра в большей или меньшей степени, а иногда и полностью исчерпанными. Подобная точка зрения не может считаться научно обоснованной. Недра имеют для человека значение столь же жизненно важное, как и другие природные среды, исчерпание недр будет иметь для него катастрофические последствия [96, 561].

Известное определение, согласно которому недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя (при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водото-

ков) и простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения, не имеет того содержания, которое раскрыло бы значение недр для общества. Человечество должно исходить из представления о недрах как средоточия различных взаимно сопряженных георесурсов и комплексного многофункционального ресурса жизнедеятельности, изменяемого по мере освоения (в конкретных для данного периода и района направлениях) и сохраняемого в этом качестве для ныне живущих и будущих поколений. В настоящее время становится очевидным, что человечеству в первую очередь угрожает не сырьевой голод, а последствия воздействия его на географическую оболочку. В связи с этим претерпевают существенное изменение научные приоритеты, которые смещаются в область комплексного изучения географической оболочки, а важнейшей задачей науки становится прогноз развития природы и общества. Решение этой задачи может быть получено на основе историко-эволюционного метода – путем разработки теории эволюции геосфер, ее проверки на данных эволюции прошлого и прогноза эволюции с учетом антропогенного фактора. Таким образом, на границе геологии и экологии усилиями специалистов разного профиля формируется новая синтетическая наука – геология среды обитания.

Геология среды обитания представляет собой научное направление, изучающее верхние горизонты литосферы как один из основных компонентов экосистем высокого уровня организации. Эта наука исследует экологические функции литосферы, закономерности формирования и пространственно-временного изменения их под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью исторически сложившихся совокупностей живых организмов, прежде всего человека. Термин «геология среды обитания» недопустимо отождествлять с такими терминами, как «гео-экология», «экологическая геология», «экологическая минералогия», используемыми только на постсоветском информационном пространстве и являющимися не совсем корректными, так как, по мнению авторов, они довольно часто не отражают сути приписываемого им содержания.

Впрочем, в естествознании экологическое учение изначально формировалось в довольно стройной понятийной системе, но с 1970-х годов в связи с широким общественным интересом к проблемам взаимоотношения человека и природы произошла популистская антропоцентризация экологических понятий и терминов. Экология в дополнение к естественному пониманию приобрела еще одно – бытовое, а ее терминология стала двусмысленной. Вернуться к строгой терминологии неоднократно призывали многие естествоиспытатели, предлагавшие выделять среды обитания разных специализаций и их рекомбинации. В англоязычной литературе, например, используется вполне корректный термин *environmental mineralogy* [4]. По аналогии с ним термин *энвайронментальная минералогия*, который, по мнению академика Н. П. Юшкина [620], следовало бы признать международным, авторам данной работы разумным представляется использовать термин *геология среды обитания*, тождественный термину *environmental geology* [46].

Содержание понятия «геология среды обитания» должно, на наш взгляд, определяться через понятие «экологические функции» литосферы, введенное В. Т. Трофимовым [581] и являющееся принципиально новым в геологии. Объектом исследования геологии среды обитания является литосфера со всеми ее компонентами, а в прикладном отношении – ее поверхностная часть в зоне возможного техногенного воздействия. Таким образом, геология среды обитания интегрирует все знания об экологических проблемах Земли, представляя собой «триумvirат» из геологических, географических и биологических наук, ставящих целью сохранение природной среды и жизни. Предмет ее – изучение георесурсов планеты Земля как единой системы, включающей в себя неотъемлемой составной частью человека. Здесь важно выделить два аспекта: прямой – воздействие человека на среду его обитания, приводящее к нарушению геологической, геофизической, геохимической и гидрогеологической обстановки, и обратный – воздействие естественных и искусственных физических полей и современных глубинных тектонофизических процессов на человека и продукты его хозяйственной деятельности [89].

Геология среды обитания предполагает ориентацию на такие цели, как охрана здоровья человека, естественных и сельскохозяйственных ландшафтов, недр и минерального вещества, извлеченного из недр, в условиях интенсивного развития горнодобывающей промышленности, которое отвечает требованиям современного уровня развития цивилизации. При таком подходе геолого-минералогические исследования будут играть важную роль при решении разнообразных задач сохранения экологических систем, т. е. нормальных и комфортных для жизни и деятельности человека условий окружающей среды. Участие геологии в успешном разрешении экологических проблем может дать максимальный эффект при использовании соответствующей методологии и специальных методов исследования. Применение минералогических и геохимических методов при решении задач, стоящих перед геологией среды обитания, является назревшей необходимостью, позволяющей выявить источники

загрязнения, связанные с добычей и переработкой полезных ископаемых, оценить степень экологической опасности, вызванной техногенной деградацией почв, попаданием в атмосферу пыли канцерогенных минералов, разработать мероприятия по снижению неблагоприятных экологических последствий влияния хозяйственной деятельности человека на геологическую среду.

Являясь важной частью биосферы, человек в своей деятельности овладевает ее веществом и энергией и выступает ведущим фактором ее организованности. Основная область его деятельности – верхняя часть литосферы, или «геологическая среда», рассматриваемая с точки зрения ее взаимодействия с разными формами инженерной и хозяйственной деятельности, т. е. как минерально-сырьевой фундамент биосферы на современном этапе ее развития.

Известны случаи сильного локального загрязнения и глубокого поражения токсичными металлами отдельных участков литосферы, что связано с геохимическими перегрузками и крайне нерациональным использованием богатств недр. Прикладные результаты исследований взаимодействия сообществ в живой природе и их связей с окружающей средой выражаются в природоохранной деятельности человека. Важную часть составляет изучение взаимодействия живого мира определенного региона с ее неорганическим, или несколько шире – с неживым субстратом. Эти исследования базируются в основном на изучении влияния вариаций элементного состава литосферы и атмосферы на живое существо. Получение данных об этих вариациях основано на традиционных и достаточно эффективных методах элементного или химического анализа. Их относительная доступность позволяет организовать режимные наблюдения и экогеохимический мониторинг, определять области аномальных концентраций отдельных элементов, быстро устанавливать истинные источники заражения.

Однако для получения полного представления о характере изменений в окружающей среде под влиянием техногенеза, для прогнозирования последствий загрязнения природы недостаточно фиксировать вариации в химическом составе воды, почвы или воздуха. Известно, что влияние того или иного элемента, радикала на живое вещество определяется формой, в которой этот элемент/радикал взаимодействует с организмом. В ряде случаев опасность для здоровья представляет не химическая токсичность элемента или его соединения, а физическое состояние вещества, которое в виде пыли может попасть в организм и механически травмировать живую ткань, вызывая различные патологические процессы. Природная форма соединения элемента определяет его подвижность в условиях поверхностного преобразования естественных или искусственных концентраций. Растворимые соединения легко образуют вторичные ореолы гидрохимического рассеяния. Устойчивые соединения – нерастворимые минералы – скорее перейдут в механические ореолы, образуя шлейфы делювиальных и аллювиальных россыпей, чем дадут геохимическую аномалию. Следовательно, различным будет и воздействие этих соединений на среду обитания [46].

Таким образом, очевидно, что проблема сохранения среды обитания и улучшения ее состояния требует большого участия геологов. Экологические задачи должны быть включены в сферу геологии, минералогии, прогноза, поисков и разведки полезных ископаемых. Современная подготовка минерально-сырьевой базы (определенных видов полезных ископаемых, типов месторождений) любого государства не может считаться полноценной без учета требований экологии. Для решения возникающих проблем необходимо разрабатывать критерии оценки экологических последствий освоения природного сырья и создания систематик разных уровней, учитывающих степень неблагоприятного или, наоборот, благоприятного воздействия на окружающую среду. Основной целью охраны государством геологической среды как источника невозобновимых полезных ископаемых должно являться обеспечение научно обоснованного, рационального использования природных минеральных и энергетических ресурсов, наибольшей технически возможной и экономически целесообразной полноты их извлечения из недр, комплексного использования месторождений и добытого минерального сырья на всех стадиях переработки, рациональное его использование и утилизация отходов производства, исключаящие неоправданные потери минерального сырья и топлива.

Факторы и особенности дестабилизации геологической среды

В результате совместного проявления антропогенных и природных (природно-антропогенных) факторов произошло существенное преобразование всех элементов геологической среды Белорусского Полесья, находящихся в сфере влияния хозяйственной деятельности человека. Эти изменения касаются земной поверхности, покровных отложений и почв, гидросферы как морфолито-гидрогенной основы ландшафтов, дестабилизация которой в значительной степени определяет общую экологическую ситуацию в регионе.

К числу важнейших причин, обуславливающих ухудшение экологической ситуации на юге Беларуси, относится отсутствие промышленности по переработке и утилизации твердых, жидких и газообразных отходов, количество которых достигает огромных величин – более 50 млн т. Выбросы в

атмосферу достигают 2,7 млн т. Все это способствует загрязнению покровных отложений, почв, подземных и поверхностных вод веществами, в составе которых широкий комплекс хлор- и металлоорганических соединений, тяжелых металлов и радиоактивных ассоциаций и пр. Свыше 75 % общего объема сильнодействующих токсических отходов (щелочи, кислоты, растворители, охлаждающие эмульсии, масла, не подвергшиеся демеркуризации люминесцентные лампы с их ртутными эманациями и пр.) сливаются или сбрасываются в реки, карьеры, овраги. Более 70 % отходов лакокрасочного производства остается в пригородных зонах. В местах неорганизованного складирования отходов разливаются тысячи тонн кислот, различного рода эмульсий и охлаждающих смесей, нефтесодержащих отходов. Серьезные разрушения природных комплексов происходят также за пределами урбанизированных территорий и промышленных объектов различного назначения, что при отсутствии эффективных очистных сооружений и технологических систем переработки вторичного сырья объясняется низкой культурой производства, затратными принципами использования земли, воды, воздуха и других природных ресурсов, примитивными технологиями коммунальных служб.

Мощные очаги дестабилизации геологической среды связаны с основными центрами развития машиностроения, промышленности нефтепродуктов и ядерных материалов, металлургического производства и готовых металлических изделий, удобрений и кислот (Брест, Гомель, Мозырь, Жлобин, Барановичи, Пинск и др.), предприятиями по производству искусственных волокон, пластмасс, бумаги (Барановичи, Пинск, Светлогорск, Добруш и др.), гальванотехническими производствами и предприятиями электронной промышленности (Брест, Гомель, Речица) с широким спектром содержащихся в составе промышленных стоков тяжелых металлов. Все эти предприятия являются источником загрязнения высокотоксичными веществами, чрезвычайно опасными для генотипа человека (ртуть, кадмий, свинец, хром и др.). Столь же неблагоприятными являются газопылевые выбросы и коммунальные стоки. Из более чем 200 сооружений биологической очистки многие работают неэффективно (выведены из строя или не вводились в строй), часть коммунальных и промышленных отходов разливается на поверхности земли, поступает в водоемы и в атмосферу без какой-либо очистки. Загрязненные илы из действующих очистных сооружений не подвергаются дальнейшей физико-химической обработке и из-за отсутствия соответствующих хранилищ поступают на свалки, заражают почвы, природные воды. Эпизодические загрязнения воздуха в крупных промышленных центрах двуокисью азота, фенолом, сероводородом и сероуглеродом достигают 15–25 предельно допустимых концентраций (ПДК). Максимальные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников характерны для Мозырского и Жлобинского промышленных узлов, основу которых составляют соответственно нефтеперерабатывающий и металлургический заводы.

Значительной трансформации подвергаются почвы урбанизированных территорий. Под влиянием техногенного воздействия они приобретают особый профиль, изменяются их свойства, плодородие и характер распределения химических элементов. Анализ материалов, собранных при эколого-геохимическом изучении покровных отложений в пределах крупных городов Беларуси, свидетельствует о том, что техногенно-преобразованные почвы распространены здесь на значительных площадях. Основными источниками загрязнения почв являются газообразные выбросы промышленных предприятий и энергетических установок, твердые производственные и коммунальные отходы, промышленные стоки и хозяйственно-бытовые сточные воды, выбросы автотранспорта [91, 363].

Кроме того, важно отметить, что Белорусское Полесье (Припятский прогиб) является единственным регионом Беларуси, где осуществляется добыча нефти, и для нее характерна специфическая проблема загрязнения окружающей среды в местах нефтедобычи. Всего разведано более 70 месторождений нефти, около 20 из которых разрабатываются [355, 461].

К специфической группе техногенных загрязнений в городах относятся твердые промышленные и коммунальные отходы, осадки сточных вод. На душу населения их количество достигает 0,2–0,3 т/год и продолжает расти. Их опасность для окружающей среды связана преимущественно с высоким содержанием тяжелых металлов.

В целом, по содержанию и характеру распределения в покровных отложениях и почвах городских территорий тяжелые металлы можно разделить на три группы, куда входят элементы:

- образующие высококонтрастные аномалии, приуроченные к отдельным промышленным зонам (хром, ртуть, висмут, вольфрам, кадмий, серебро);
- накапливающиеся на всей территории города, часто образующие высококонтрастные аномалии (свинец, цинк, медь, в меньшей степени марганец, никель, кобальт);
- не образующие на данном этапе развития городской среды выраженных аномалий и находящиеся в количествах, близких к фоновым (галлий, ниобий, стронций, скандий, бериллий, цирконий и др.).

Основным элементом-загрязнителем пригородных почв является свинец. Этим опасным для всех живых организмов металлом загрязнены почвы, прилегающие к автомобильным дорогам. Максимальное содержание свинца отмечается на расстоянии 5–10 м от автотрассы.

В целом, для почв юга Беларуси характерно повышенное содержание подвижных форм меди и цинка. В опасной степени (15 мг/кг и более) загрязнено медью примерно 3,4 тыс. га почв сельскохозяйственного использования (в республике – 5,5 тыс. га). На этих почвах недопустимо применение удобрений, содержащих медь. В опасной степени загрязнено цинком (более 16 мг/кг) 16,4 тыс. га. В республике же таких почв около 40 тыс. га. Загрязнение токсическими веществами может происходить в результате внесения минеральных удобрений и применения пестицидов, а также вследствие сброса недостаточно очищенных сточных вод в водоемы, фильтрации их в грунт и с поверхностным стоком. Подобный вид загрязнения отмечается в районе массива орошения животноводческими стоками полей совхоза-комбината «Сож» (Гомельский район) и свиноводческого комплекса «Криничное» (Мозырский район), где в подземных водах фиксируется повышенная концентрация нитрат-иона, хлор-иона и иона аммония.

Наибольшие объемы внесения минеральных удобрений (175–250 т/га) приходится на центральные и южные районы области (Хойникский, Брагинский, Мозырский, Лельчицкий, Ельский, Калининский, Лоевский, Речицкий).

Сточные воды производств загрязняют поверхностные воды. В составе стоков преобладают синтетические поверхностно активные вещества, сульфаты, хлориды, медь, хром и никель. Наибольшие объемы сточных вод приходятся на энергетику, топливную и химическую промышленность.

Главные компоненты сточных вод предприятий машиностроения – масла, нефтепродукты, соли тяжелых металлов, кислот и щелочей.

Для стоков пищевых предприятий характерно высокое содержание органических веществ и биогенных компонентов.

К факторам неблагоприятного воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду относятся:

- изменение режимов поверхностных и подземных вод в результате мелиорации земель;
- загрязнение почв, поверхностных и подземных вод токсическими веществами (нитратами, хлоридами, сульфатами, фосфатами, тяжелыми металлами), содержащимися в отходах животноводства.

Происходит и загрязнение подземной гидросферы. Пресные воды питьевого назначения, распространённые повсеместно до глубины от 100–150 до 400–450 м, легко подвержены процессам загрязнения с поверхности земли в связи с отсутствием в геологическом разрезе регионально выдержанных водоупоров. Этим объясняется высокий уровень уже сформировавшегося загрязнения подземных вод питьевого назначения на обширной территории сельскохозяйственных угодий и мелиоративного строительства, а также в пределах и окрестностях всех без исключения городов и населенных пунктов (коммунальное и промышленное загрязнение), птицеферм и крупных животноводческих комплексов с их высокотоксичными стоками [91, 363].

В результате всех видов техногенного воздействия на земную поверхность трансформируются или уничтожаются эталонные формы рельефа (озы, камы, камовые террасы, краевые гряды), а на месте уникальных природных образований появляются карьеры, которые довольно часто не рекультивируются, а превращаются в необустроенные свалки [107, 445].

Чрезвычайно остро стоит проблема городских свалок. Все они технологически не обустроены и являются сосредоточением источников загрязнения, особенно если учесть, что из ежегодно образующихся твердых отходов часть является высокотоксичными. Гомельская область является лидером среди других областей по количеству районов с максимальным показателем распределения накопленных промышленных отходов на предприятиях на единицу площади. В Гомельском районе это более 12 т на 1 км², в Жлобинском – более 1,5 т, а в Речицком – более 0,5 т. Как уже указывалось, на территории перечисленных районов располагаются крупнейшие промышленные предприятия страны. Добрушский (Бумажная фабрика «Герой труда», ЗАО «Добрушский фарфоровый завод», Филиал «Гомельского горно-обогатительного комбината» ОАО «Гомельстекло») и Мозырский (ОАО «Мозырский НПЗ») районы имеют значения от 100 до 500 кг на км².

Серьезное воздействие на среду обитания человека оказывают горнодобывающая промышленность и проведенные ранее осушительные мелиорации. При разработке месторождений полезных ископаемых из недр извлекаются значительные объемы горных пород различного состава. Это сопровождается появлением подземных пустот, просадок, отвалов, шламохранилищ, загрязнением окружающей среды, поверхностных и подземных вод продуктами добычи и переработки сырья, запылением и задымлением атмосферы, изменением уровня подземных вод, уничтожением раститель-

ности, активизацией некоторых современных геологических процессов (эрозия, просадки, обвалы, дефляция), которые отрицательно влияют на экологическую обстановку.

Негативными последствиями проведения геологоразведочных работ и добычи полезных ископаемых являются:

- нарушение естественных ландшафтов в результате формирования карьеров, отвалов горных пород, строительства подъездных путей;

- загрязнение атмосферного воздуха газопылевыми выбросами (рудничная пыль, метан, углекислый газ, сероводород и др.) из подземных горных выработок, отвалов пород, складов полезных ископаемых, при взрывных работах, погрузке, транспортировке и выгрузке горных пород;

- загрязнение подземных вод промышленными сточными водами, к которым относятся технологические растворы: а) воды, стекающие с отвалов горных пород; б) сточные воды строящихся шахт, рудников и карьеров;

- изменение режимов поверхностных и подземных вод в результате «открытого водоотлива», при котором поступающая в горные выработки вода по водоотводным канавам или траншеям стекает в водосборники и откачивается за пределы карьера. При этом происходит значительное снижение уровней и напоров подземных вод, что ведет к пересыханию малых рек [91, 363].

Ярким примером негативных последствий, возникающих в результате добычи полезных ископаемых, являются территории разработки нефтяных месторождений в Речицком и Светлогорском районах, загрязненных поверхностно-активными веществами, высокоминерализованными рассолами, фенолами и другими химическими реагентами. На земной поверхности отмечается практически полная деградация растительности, а глубина проникновения загрязняющих компонентов достигает нескольких десятков метров.

Осушительные мелиорации привели к изменению естественного водного режима территорий, химического состава вод, к уничтожению или значительному преобразованию естественного растительного покрова, сработке торфяных залежей и почв, активизации дефляционных процессов, исчезновению малых рек, росту количества катастрофических наводнений.

Хозяйственная деятельность не только непосредственно воздействует на земную поверхность, но и активизирует ряд геологических процессов, которые действуют в том же направлении и вносят определенный вклад в дестабилизацию природной обстановки. Очаги дестабилизации природных ландшафтов тяготеют к районам проявления линейной и плоскостной эрозии, суффозии, карста, обвалов и оползней, абразии, вторичного заболачивания, наводнений. Значительные площади Белорусского Полесья занимают речные долины (порядка 30 %) для которых характерен сложный гидрологический режим, а в качестве основного типа руслового процесса проявляются различные виды мандрирования (свободное, ограниченное, незавершенное и др.), пойменная и русловая многорукость.

Эти особенности приводят к формированию сложно прогнозируемых наводнений, частой смене позиции речного русла и изменению речного фарватера. В условиях интенсивного освоения речных долин, как в пределах урбанизированных территорий, так и на сельскохозяйственных угодьях, это способствует развитию неблагоприятных, часто непредсказуемых геологических и геоморфологических процессов [107, 445]. Несмотря на низкий водно-эрозионный потенциал рельефа Белорусского Полесья, в целом ряде районов интенсивность плоскостного смыва и овражной эрозии довольно значительна. Это характерно для территории Мозырской гряды, Загородья, прибортовых частей долин крупных рек (Днепр, Березина, Припять, Сож). Интенсивность плоскостного смыва на сельскохозяйственных землях составляет 0,3–4,5 мм/год, а плотность оврагов на этих территориях изменяется в пределах от 1–2 до 4–6 шт./км², при скоростях роста 0,3–2,5 м/год. Это приводит к разрушению инженерных сооружений, жилых и хозяйственных построек, дорог, сказывается на состоянии водоемов, урожайности почв, режиме увлажнения грунтов, геохимических особенностях покровных отложений, поверхностных и подземных вод. Значительно шире развиты эоловые процессы. Они обуславливают ветровую эрозию почв, особенно заметную во время пыльных бурь, когда за короткие промежутки времени могут сноситься с 1 га пашни (особенно на торфяниках) тонны и даже десятки тонн почвенного покрова. Пыльные бури особенно характерны для Полесья, где зафиксированы самые сильные ветры и пониженное количество осадков в весенне-летний период. В результате недоучета своеобразия проявления современных процессов 30 % сельскохозяйственных угодий размещено неэффективно, что способствует истощению почв. Из других факторов дестабилизации геологической среды следует отметить дорожное и жилищное строительство, сельскохозяйственное производство, экологически не нормируемое лесное хозяйство, строительство газо- и нефтепроводов, ЛЭП и т. д.

Негативное воздействие на геологическую среду испытывают территории, используемые в военных целях. На площади размещения военных объектов и тренировочных полигонов почвенный покров, как правило, загрязнен нефтепродуктами, тяжелыми металлами и высокотоксичными химическими веществами, ландшафты в значительной степени нарушены. Загрязнена подземная гидросфера. В районах размещения крупных авиационных соединений в результате утечек нефтепродуктов формируются значительные по размерам «линзы» жидких горючих топлив, плавающие на поверхности грунтовых вод. Значительная трансформация земной поверхности связана с военными сооружениями и полигонами. Изменение рельефа в их пределах осуществляется в результате строительства различных наземных и подземных объектов, проведения маневров, испытаний техники, учений, стрельб, взрывов и т. д. [91, 363].

Резюмируя, можно выделить следующие антропогенные и природные (природно-антропогенные) факторы дестабилизации геологической среды региона. К первым относятся:

- промышленное производство (разнофазные отходы);
- сельскохозяйственное производство (отходы, удобрения и ядохимикаты);
- мелиорация (изменение баланса и качества природных вод);
- добыча полезных ископаемых (шахты, карьеры, отвалы, нефтедобывающие скважины);
- военные объекты (отходы, загрязнения, деградация ландшафтов);
- урбанизация (загрязнение среды, отходы, деградация ландшафтов);
- захоронение экологически опасных веществ; чрезвычайные ситуации (аварии, катастрофы, пожары и взрывы, техногенные землетрясения и наводнения).

В число природных (природно-антропогенных) факторов включаются:

- комплекс современных геологических процессов (разрушение земной поверхности, перенос вещества, в том числе загрязняющих компонентов);
- экстремальная динамика физических полей Земли (сейсмичность, магнитные бури, магнитные и электрические поля).

В результате проявления перечисленных факторов имеет место загрязнение подземных и поверхностных вод, покровных отложений (химическое, радиационное, механическое, тепловое, электромагнитное); истощение и загрязнение питьевых вод, других полезных ископаемых; водная и ветровая эрозия, потеря плодородия почв, образование оврагов; развитие суффозионных и карстовых процессов, формирование котловин, западин, провалов, тоннелей; образование просадок, вторичное заболачивание; уничтожение растительности; разрушение отдельных форм рельефа, изменение расчлененности земной поверхности; нарушение естественного режима увлажнения покровных отложений, снижение водности и исчезновение малых рек.

Техногенная трансформация рельефа

В результате хозяйственной деятельности человека, использующего технические средства, возникают новые формы рельефа и перемещаются огромные объемы различных пород, ускоряется ход многих природных процессов. Техногенные формы рельефа на территории Белорусского Полесья по своим параметрам сопоставимы с естественными (природными), а в некоторых случаях намного превосходят их. Общая площадь техногенных форм составляет около 960 тыс. га. Коэффициент техногенной преобразованности рельефа (десятки тысяч м³/км²) изменяется от 7,0 до 21,1, достигая максимальных значений в местах разработки крупнейших месторождений полезных ископаемых (3000 – карьер Микашевичи).

Положительные формы сосредоточены на площади примерно в 650 тыс. га. Среди них доминируют формы, которые возникли при строительстве транспортных путей. Наибольшую протяженность имеют насыпи автодорог с различным покрытием (1990 км). Их наибольшая густота установлена на территории Брестского (0,95 км/км²), Жабинковского (0,83 км/км²) и Кобринского (0,80 км/км²) районов. Железнодорожные техноморфы простираются на 2528 км. При дорожном строительстве естественные формы рельефа испытывают существенную трансформацию, а некоторые из них полностью исчезают. Такая участь постигла высокий камовый холм в устьевой части р. Осиповки у д. Петровичи Жабинковского района, золотые песчаные холмы и гряды правобережной части р. Мухавец возле автодороги Брест – Минск – граница Российской Федерации (М-1/Е-30), частично нарушены перигляциальные дюны возле заправки у г. Речица на дороге Гомель – Брест. Необходимо отметить крупнейшую положительную техногенную форму рельефа – отвалы фосфогипса Гомельского химического завода, занимающие площадь порядка 100 га и высотой около 90 м [91, 107, 445].

Отрицательные техногенные формы занимают площадь 310 тыс. га. Среди них доминируют осушительно-обводнительные каналы и карьерные выработки по добыче песчано-гравийно-

валунного материала, мела, торфа и сапропеля. Мелиоративные работы также оказывают существенное влияние на трансформацию естественного рельефа. Суммарная протяженность мелиоративной сети составляет более 19,5 тыс. км, что более чем в 10 раз превышает суммарную длину современных рек и ручьев. Максимальные площади мелиоративных систем находятся в северной и южной частях территории. Густота сети искусственных водотоков составляет 1,32 км/км², варьируя от 1,9 км/км² в южной до 0,8–1,1 км/км² в центральной и северной частях. В ходе проведения мелиоративных работ на определенных участках земной поверхности уменьшились абсолютные отметки. В результате осушительной мелиорации возникли трапециевидные линейно ориентированные формы протяженностью в десятки километров, глубиной от 2 до 4 м. В процессе производства этих работ перемещен огромный объем отложений, понизился уровень грунтовых вод, что привело на некоторых площадях к иссушению торфяных залежей. В засушливые годы происходит самовозгорание торфа, что в конечном итоге способствует возникновению на поверхности пирогенных отрицательных форм рельефа. Пирогенные западины округлой формы диаметром до 120 м и глубиной от 2 до 3,5 м. Такие формы распространены на торфяных массивах Брестского, Малоритского и Каменецкого районов.

На территории Белорусского Полесья сооружены искусственные водоемы (водохранилища, пруды), которые занимают площадь 32,4 тыс. га. Крупнейшими из них являются Селец – 20,7 км² с объемом воды 56,3 млн м³, Луковское – 5,4 км² и 23,2 млн м³, Переволока – 3,32 км² и 2,12 млн м³, Великоборское, Меркуловичское, Светлогорское, Днепровско-Брагинское и др. Значительные комплексы прудов находятся на территории Житковичского, Петриковского и Лоевского районов. Общая площадь прудов рыбхоза «Белое» Житковичского района составляет 1620 га, рыбхоза «Тремля» (Петриковский район) – 1373 га, рыбхоза «Чырвоная зорка» (Житковичский район) – 1254 га [91, 107, 445].

О масштабе техногенного измерения рельефа в ходе создания искусственных водоемов можно судить по таким данным: естественная озерность в регионе составляет 0,2 %, а площадь всех водоемов с учетом новообразованных увеличилась до 0,9 %.

Крупные отрицательные формы рельефа связаны с горнопромышленным освоением территории. В настоящее время в регионе основное количество включенных в баланс месторождений составляют нерудные полезные ископаемые: граниты, песчано-гравийные смеси, легкоплавкие глины и суглинки, строительные пески, карбонатный материал, торф, сапропели. Большая часть месторождений строительных песков, песчано-гравийного материала и глины сосредоточена в пределах Высоковской и Пружанской моренно-водно-ледниковых равнин, месторождения торфа и сапропелей преобладают на юге региона и в пределах речных бассейнов рек Нарев, Ясельда. Техногенные формы, возникшие при добыче полезных ископаемых, занимают свыше 3,5 тыс. га. Крупнейшие месторождения строительного и облицовочного камня (гранит, диорит) расположены у г. Микашевичи, в окрестностях д. Глушковици Лельчицкого района, где действуют карьеры «Крестьянская Нива», «Надежда» (щебень, облицовочный камень). Высококачественные стекольные и формовочные пески залегают и разрабатываются в Речицком и Добрушском районах (месторождения «Ленино», «Лениндар», «Лоевское», «Терехи»). В настоящее время интенсивно разрабатываются силикатные пески месторождений «Борисковичи», «Лесничество» и «Осовцы» (Гомельский район).

Рельеф территории, где производилась добыча глиняного сырья, представляет собой бесстемное чередование небольших по площади и неглубоких (2–7 м) мультдообразных выработок с невысокими (2–5 м) конусными и гребневидными отвалами из вскрышных пород, размещенных как в пределах карьера, так и в его прибортовой части. Наиболее значительные и глубокие выемки заполняются грунтовыми водами. Такие образования есть в городской черте г. Бреста (Гершоны, Вычулки) и Брестском районе (Большие Звезды, Люта). Карьер по добыче глины площадью в 63 га глубиной до 10 м находится у д. Щебрин Брестского района. Карьеры по добыче каолинов расположены в Житковичском районе (карьеры Дедовка, Березина, Люденевици).

Техногенный рельеф выработанных месторождений строительных песков и песчано-гравийного материала представлен в виде округлых, одноступенных, реже двух- и трехступенных, часто мультдообразных форм глубиной 5–25 м. Днища выработок – плоские, реже пологонаклонные, стенки чаще всего имеют наклон 45–60 °. Площадь наиболее крупных карьеров составляют десятки гектаров (песчано-гравийные карьеры Миньковичи, Перковичи, Проходы Каменецкого района, Заря, Еленец Буда-Кошелевского района, Азделин, Коноплице Житковичского района, Адамовка, Май Речицкого района).

Техногенные формы, связанные с промышленной добычей торфа, максимальное распространение получили на территории Жабинковского и Кобринского районов. Их площадь соответственно составляет 123 га и 73 га. Крупнейшими месторождениями торфа являются Лукское, Булев Мох, Лодово, Погоняньское, Кобыляньское [91, 107, 445].

Трансформация естественного рельефа происходит также в ходе сельскохозяйственного освоения территории. Наибольшая распаханность характерна для центральной части территории. На пахотных землях, особенно в пределах склоновых поверхностей, повсеместно проявляются процессы плоскостного смыва материала, что в конечном итоге приводит к изменению земной поверхности.

Большие изменения естественного рельефа в настоящее время отмечаются на городских и пригородных территориях, которые, по сути, превратились в площади искусственного рельефа. В окрестностях городов сооружаются полигоны твердых бытовых отходов, полей фильтрации, обвалованных высокими (до 10 м) дамбами. За последнее десятилетие площадь городов увеличилась в 1,3–1,5 раза. Наиболее бурно расширялись гг. Брест, Гомель, Жлобин, Речица, Мозырь, Жабинка и Кобрин, что привело к существенному преобразованию земной поверхности.

На территории Белорусского Полесья начиная со второй половины прошлого столетия проводились работы по созданию искусственных водоемов – водохранилищ и прудов. В настоящее время площадь таких водоемов составляет около 5000 га. В береговой зоне этих водоемов происходит ряд изменений, в том числе активизация различных видов геоморфологических процессов, в частности абразия берегов, плоскостная и линейная эрозия, дефляция, термоэрозия и ледовая эрозия. Наряду с этим в процессе эксплуатации водоемов получают развитие аккумулятивные процессы, которые создают различные формы рельефа (косы, пересыпи, валы и др.).

В пределах береговой линии шести водохранилищ установлено, что абразионные берега составляют 65 %, аккумулятивные около 30 % и эрозионные 5 %. Берега искусственных водоемов сложены песком, супесями, суглинками, гравием, галькой, щебневыми обломками и разноразмерными валунами. Гранулометрический состав отложений и определяет тип берега.

Высота берегов, испытавших воздействие абразии, составляет от 0,6 до 4,5 м. Абразионные берега формируются в три стадии – начальную, интенсивную и стабилизации. Процесс абразионного берегообразования на водохранилищах протекает в течение 8–10 лет, а на прудах это происходит за 3–4 года.

Аккумулятивные берега формируются при явлении абразионных процессов в тех случаях, когда процесс берегообразования идет продолжительное время. При достижении абразионными берегами устойчивого состояния однонаправленные деформации склона приближаются к нулю, возникают вдольбереговые потоки наносов, которые и ведут в конечном итоге к развитию аккумулятивных форм. На территории впадины эти формы выглядят в виде кос, пересыпей и береговых валов, выполненных преимущественно разноразмерным песчаным материалом. Продолжительность абразионно-аккумулятивного выравнивания и образование равновесной береговой линии на искусственных водоемах исследуемой территории охватывает время от 10 до 16 лет [91, 107, 445].

Состояние и проблемы охраны геологического наследия

В настоящее время на юге Беларуси сложилась непростая геоэкологическая ситуация, связанная с воздействием человека на геологическую среду. Это требует принятия ряда неотложных мер, которые должны быть направлены на детализацию знаний об уровнях техногенных нагрузок, их опасности для человека, а также на разработку предложений по улучшению экологического состояния всех компонентов природной среды. В число таких мер необходимо включить:

- создание промышленности по обращению с отходами и внедрение малоотходных технологий в промышленное и сельскохозяйственное производство;
- усовершенствование системы мониторинга геологической среды как на территории региона в целом, так и в районах особо опасных объектов;
- проведение среднемасштабной геоэкологической съемки территории региона и крупномасштабной съемки вокруг крупных городов, промышленных центров, площадей расположения военных объектов, создание эколого-радиационных паспортов районов, предприятий, рекреационных зон;
- закрытие экологически опасных производств, приведение в экологически приемлемое состояние свалок, введение жестких мер штрафных санкций за сверхнормативные выбросы токсичных веществ, запрещение использования придорожных полос под сельскохозяйственные угодья и пр.;
- перевод питьевого водоснабжения в республике исключительно на подземные водоисточники, разработка и внедрение необходимых мероприятий по их защите, а также современных технологий водоподготовки в системах централизованного водоснабжения;
- запрещение использования подземных питьевых вод в промышленности, обеспечение водохозяйственной службы республики техническими средствами контроля за расходом и качеством вод;
- для улучшения здоровья населения следует обеспечить систему мер по предотвращению загрязнения и засоления грунтовых вод и подземных источников питьевого водоснабжения в районах развития горнодобывающей и горно-химической промышленности [91, 107].

Для сохранения геологической среды юго-запада Беларуси важнейшее место имеет проведение регионального литомониторинга. Региональный мониторинг является программой, в которой функциональные подсистемы ориентированы на обеспечение оптимального функционирования геологической среды на уровне административной области или экономического района. Локальный мониторинг решает сходные задачи в зоне влияния крупных объектов инженерно-хозяйственной деятельности (горнопромышленный комплекс, городская агломерация и т. д.). Контроль состояния геологической среды на отдельных репрезентативных участках, подверженных, например, экзогенным процессам (оврагообразование, заболачивание и т. п.) в условиях техногенеза, относится к детальному мониторингу.

Постановка задач и разработка программ литомониторинга в любом случае начинаются с определения объектов контроля и выявления экологически значимых природных факторов, с которыми связаны неблагоприятные или опасные явления. Это позволяет выделить приоритетные объекты, которые целесообразно включить в систему мониторинга.

Информация по источникам, ареалам и интенсивности техногенного воздействия на геологическую среду дает возможность классифицировать объекты мониторинга по их типам, категориям опасности и распространению. Это, в свою очередь, служит основой для проектирования сети пунктов мониторинга, их ранжирования по объектной принадлежности, целевому назначению, режиму наблюдения и техническому обеспечению. Целесообразным можно считать составление кадастров объектов и пунктов мониторинга, а также их паспортизацию.

Важное место в литомониторинге занимает моделирование геологической среды и протекающих в ней процессов на основе создания информационных систем в виде баз (банков) данных. Наличие ГИС позволяет оперативно решать различные задачи: справочно-информационные; картосоставительские и графопостроительские работы; проводить математическое, концептуальное и имитационное моделирование.

Как правило, информационная основа моделей геологической среды представляется в виде блоков информации:

- о геологической, инженерно-геологической, гидрогеологической изученности территории;
- характеризующей естественноисторические условия и факторы геологических процессов (геологические, геоморфологические, гидрогеологические);
- о региональных и локальных закономерностях геологических процессов, режимной сети, параметрах, характеризующих механизм и динамику процессов;
- о техногенной нагрузке на геологическую среду (техногенное воздействие в пределах природно-технических геосистем).

Научно-практическое значение в литомониторинге имеет эколого-геологическое прогнозирование. Подобный прогноз представляет собой научно обоснованное приведение изменений состояния геологической среды, вызванных геологическими, гидрогеологическими, геохимическими, биологическими и другими процессами. Прогнозы делятся на вероятностные и детерминированные (причинно-следственные), что зависит от количества и качества используемой информации.

Эта важнейшая процедура мониторинга базируется на концепции трансформации информации, которой оперирует исследователь, в концептуальное, логическое, картографическое или математическое изображение. Отсюда следует, что на всем протяжении контроля происходит разработка прогнозов, вначале качественных, а затем и количественных и все более усложняющихся. Эколого-геологические прогнозы рассматривают геологическую среду с точки зрения выявления экологических ситуаций (региональных, локальных и т. д.) в приповерхностной части литосферы.

При организации и ведении литомониторинга задачи и состав исследований будут различаться в зависимости от степени трансформации геологической среды. Структура мониторинга в целом предусматривает оценку как экологического состояния почв, подземного пространства и водоносных горизонтов, так и риска для здоровья населения и природных комплексов экологических дестабилизаций [88, 197].

Серьезное внимание необходимо обратить на формирование литотехнических систем, которые возникают в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека как геологического фактора. В результате возникла новая проблема – разработка вопросов рационального использования и охрана геологической среды, под которой, по выражению В. Т. Трофимова [581], понимают ту часть разреза литосферы, где осуществляется инженерно-хозяйственная деятельность. Именно под влиянием этой деятельности в пределах геологической среды возникают инженерно-геологические процессы, отсутствовавшие в исходной (природной) обстановке и оказывающие огромное, часто негативное влияние на состояние биосферы в целом.

Новая проблема выдвинула и целый ряд новых задач, среди которых:

- 1) создание теоретических основ рационального использования и охраны геологической среды;
- 2) построение теоретической модели взаимодействия геологической среды с человеком;
- 3) разработка научных основ регионального прогнозирования и составления карт прогноза изменения геологической среды и районирования территории по условиям ее рационального освоения;
- 4) создание научно обоснованной методики оценки локальных и региональных изменений геологической среды в результате инженерной деятельности человека;
- 5) разработка инженерно-геологических основ литомониторинга.

По существу, постановка проблемы разработки вопросов рационального использования и охраны геологической среды и выдвинутые для ее решения задачи послужили началом становления в инженерной геологии концепции природно-технических систем (ПТС), а впоследствии и литотехнических систем, как одного из проявлений системного подхода к изучению взаимоотношений природы и общества [88]. Теоретические и прикладные аспекты изучения ПТС и ЛТС в инженерной геологии широко представлены в работах российских ученых, но следует отметить, что исследования в данном направлении развиваются и в Беларуси [140]. В них прямо или косвенно рассматриваются особенности функционирования различного уровня ПТС (ЛТС) и их влияние на верхние горизонты литосферы как объекта инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Изучая процессы взаимодействия инженерных сооружений с верхней частью литосферы, необходимо помнить о том, что все их особенности определяются компонентами инженерно-геологических условий (геологическим, тектоническим, гидрогеологическим, геоморфологическим строением, составом, состоянием и свойствами грунтов, проявлением эндогенных и экзогенных геологических процессов), а также типами и конструкциями сооружений. Исследование таких многокомпонентных объектов обязательно должно быть всесторонним, а все многообразие взаимосвязей компонентов – сведено в единую теоретическую картину, отражающую совокупность внутренних связей и отношений между ними. Таким образом, изучаемый объект целесообразно рассматривать как систему – совокупность или множество элементов, между которыми существуют связи (отношения, взаимодействие).

В понимании В. А. Королева и В. Т. Трофимова (2007) литотехническая система – это любая комбинация из технического устройства и литосферного блока любой размерности, элементы которой взаимодействуют друг с другом и объединяются единством выполняемой социально-экономической функции [197].

Последнее определение ЛТС, по нашему мнению, является наиболее приемлемым, поскольку оно наряду с взаимосвязью составляющих систему естественных геологических и искусственных объектов подчеркивает и то, что их объединяет, – единство выполняемой функции.

Как и всякая другая система, ЛТС стремится к сохранению своей организации во времени. С этой точки зрения возникновение любого инженерно-геологического процесса связано с периодическим нарушением установившегося равновесия между различными элементами – подсистемами, результатом которого является изменение состояния системы в целом. Однако при возведении сооружения и изменении тем самым структуры и свойств литосферы человек опирается на данные исследований и расчетов, закладывает оптимальный режим функционирования потенциальной системы в определенных пределах изменения ее состояния, предусмотренных проектом. Это позволяет говорить о возможности управления ЛТС посредством изучения процессов взаимодействия между технической («сооружение») и геологической («сфера взаимодействия литосферы – СВЛ») подсистемами, а также прогноза ее эволюции. Основные черты пространственно-временной изменчивости СВЛ полностью зависят от процессов ее развития под воздействием сооружения. Поэтому для того, чтобы выявить какой-либо процесс или процессы, оказывающие существенное влияние на режим функционирования ЛТС, необходим мониторинг, организация которого является одним из компонентов функционирования литотехнической системы. Использование данных мониторинга сферы взаимодействия литосферы с техническими объектами в сочетании с информацией о видах техногенного воздействия позволит создавать прогнозные модели инженерно-геологической обстановки, с помощью которых можно будет рассматривать различные сценарии воздействий на эту сферу (т. е. возникновение и развитие разнообразных негативных процессов) и выявлять наиболее оптимальные решения инженерно-геологических задач [88, 140].

Кроме перечисленных мероприятий, большое значение для охраны геологической среды имеют природоохранные мероприятия. Выделение геологических памятников в Беларуси имеет сравнительно короткую историю. До 1963 г. их юридически вообще не значилось, хотя еще в 1935 г. в северо-западной части страны более 40 ледниковых валунов были отмечены в качестве охраняемых объек-