

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ УКРАИНЫ

Справочное
пособие

**АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК**

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ УКРАИНЫ

**Справочное
пособие**

**КИЕВ
НАУКОВА ДУМКА
1993**

В Справочном пособии впервые сведены материалы, характеризующие современное состояние геологической среды Украины в связи с проблемами ее экологии. Приведены количественные оценки изменений геологической среды под воздействием природных, техногенно-природных и техногенных факторов. Описаны методы изучения изменений геологической среды, прогнозирования условий ее развития, постановки литомониторинга и общего мониторинга. Рассмотрены способы охраны и рационального использования геологической среды, прогноза и предупреждения неблагоприятных воздействий процессов в этой среде на биосферу. Предложены способы оптимизации взаимоотношений между обществом и геологической средой.

Для специалистов, занимающихся проблемами экологии в связи с изменениями геологической среды.

У Довідковому посібнику вперше зведено матеріали, які характеризують сучасний стан геологічного середовища України в зв'язку з проблемами його екології. Наведено кількісні оцінки змін геологічного середовища під дією природних, техногенно-природних і техногенних факторів. Описано методи вивчення перетворень геологічного середовища, прогнозування умов його розвитку, постановки літомониторингу і загального моніторингу. Розглянуто способи охорони і раціонального використання геологічного середовища, прогнозу і попередження несприятливих для біосфери процесів у цьому середовищі. Запропоновано способи оптимізації взаємовідносин між суспільством і геологічним середовищем.

Для фахівців з проблем екології, пов'язаних із змінами геологічного середовища.

Редакционная коллегия

Е. Ф. Шнюков (отв. редактор), *М. Г. Демчишин, А. А. Дроздовская* (зам. отв. редактора), *В. И. Лялько, И. И. Молодых* (зам. отв. редактора)

Утверждено к печати ученым советом
Института геологических наук АН Украины

Редакция литературы о Земле

Редакторы *А. С. Ещенко, С. А. Шулевская*

© *Е. Ф. Шнюков, В. М. Шестопапов, Е. А. Яковлев, В. Н. Бабиченко, Р. А. Баер, Н. Е. Барщевский, Н. М. Бондарева, Б. В. Боровский, Л. Г. Борейко, В. К. Гавриш, С. А. Гинсарь, В. А. Грицаенко, В. В. Гудзенко, М. Г. Демчишин, А. А. Дроздовская, Ю. М. Епатко, В. Н. Жужома, М. М. Зильбербранд, А. Б. Климчук, Г. Б. Книжник, Б. И. Козловский, Э. И. Колот, Р. П. Купраш, В. В. Кутас, В. И. Лялько, В. Л. Максимчук, И. Н. Малахов, И. И. Молодых, Ив. И. Молодых, Н. С. Огняник, А. Н. Олиферов, Е. И. Ольшевская, А. И. Остапенко, М. Н. Паламарчук, В. П. Палиенко, Э. Т. Палиенко, В. И. Почтаренко, А. Я. Радзивилл, О. З. Ревера, М. Ф. Ротарь, М. Д. Руди, Г. И. Рудько, О. А. Русинов, В. А. Сляднев, Г. Г. Стрижельчик, О. М. Харитонов, Д. П. Хрущев, В. П. Цемко, С. Б. Шехунова, П. Ф. Шпак, Л. С. Язвин, 1993.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Проблема оптимизации отношений человека с природой, средой обитания — одна из сложнейших, стоящих перед человечеством в конце II тысячелетия н. э. В зависимости от ее решения ставятся вопросы о путях дальнейшего развития человеческого общества, о возможности глобальных катастроф, подготавливаемых нарастающими дисбалансами в эволюции основных оболочек Земли, обусловленных хозяйственной деятельностью человека (парниковый эффект, озоновые дыры в атмосфере, опустынивание и др.), о выживании человечества.

Пути выхода из создавшегося положения пролегают через развитие наук о Земле, прежде всего наук геологического цикла. Прагматическая цель геологии до последнего времени усматривалась в ее направленности на поиск и разведку минеральных ресурсов, формирование минерально-сырьевой базы отраслей народного хозяйства. Вопросы влияния деятельности человека на геологические тела, реальные и возможные его последствия долгое время оставались за пределами поля зрения геологической науки. Геологическая среда как часть литосферы, вовлеченная в хозяйственную деятельность и испытывающая прямые и опосредствованные ее влияния, только в 1980 г. на XXVI Международном геологическом конгрессе (г. Париж) признана предметом инженерной геологии, одного из направлений геологической науки, сосредоточенных на вопросах геологического обоснования инженерной деятельности. По нашему мнению, это направление не располагает сейчас теоретической и методологической базой, достаточной для решения вопросов оценки состояния, прогноза развития, охраны и рационального использования геологической среды. Если же говорить об экологии в целом как науке о взаимодействии организмов и среды их обитания, то здесь основное внимание уделяется биосфере, влиянию абиотических процессов на жизнедеятельность организмов и почти не разработаны вопросы обратного влияния организмов, в первую очередь влияния деятельности человека на геологическую среду, изменяющего ее часто до полной непригодности для жизни.

В связи с этим представляется необходимым создание нового направления в науке — экологической геологии, имеющей в основе фундаментальные положения геологической науки с учетом

достижений экологии, разработки технических и экономических наук, правовых положений. Предметом экологической геологии должны быть литосфера и подземная гидросфера, испытывающие прямые и косвенные воздействия хозяйственной деятельности, причем литосфера должна рассматриваться как один из основных компонентов окружающей среды.

В настоящей работе вопросы влияния хозяйственной деятельности на геологические тела, процессы, протекающие в геологической среде, рассмотрены на примере территории Украины, характеризующейся сложностью геологического строения, разнообразием протекающих здесь эндо- и экзогенных геологических процессов, чрезвычайно высокой степенью техногенных преобразований, техногенными нагрузками, местами превышающими допустимые значения.

Геологическое строение Украины определяется положением ее на стыке Восточно-Европейской платформы с областями альпийского орогенеза. С точки зрения новой глобальной тектоники территория Украины находится непосредственно в зоне влияния Альпийско-Гималайского пояса сжатия, характеризуется весьма сложной структурой и активным протеканием геодинамических процессов. Основные черты природных условий определены наличием на юге республики Черного и Азовского морей и горных областей Украинских Карпат и Крыма.

Современный народнохозяйственный комплекс Украины, определившийся во многом геологическими (рельеф, полезные ископаемые) и зонально-климатическими факторами, в силу иррациональности его развития в 1970—1990 гг., преобладания в его структуре горнодобывающих отраслей с ориентировкой на производство средств производства (группа А), некомплексности использования минеральных ресурсов, несбалансированности отраслей, устаревших технологий и других факторов оказывает всевозрастающее, во многих направлениях деструктивное воздействие на геологическую среду.

Сложившаяся ситуация в Украине, которая в отдельных областях может рассматриваться как кризисная, приведшая к образованию неблагоприятной и враждебной для жизни среды, настоятельно требует научного анализа на основе методологии наук геологического цикла и экологии. Все это и послужило основанием для подготовки настоящей работы, представляющей собой справочное пособие по главным направлениям экологической геологии, в котором освещены состояние среды, вопросы методики ее изучения, мониторинг, охрана и рациональное использование геологической среды территории Украины.

Геологические условия Украины рассматриваются в работе как один из главных факторов, определяющих расселение, распределение производительных сил, структуру и развитие народнохозяйственного комплекса. С учетом геологического строения и пространственной концентрации хозяйственной деятельности определены принципы районирования и типизации, компоненты и нижняя граница геологической среды Украины. Показаны изменения, происходящие в геологической среде

отдельных регионов под влиянием агропромышленного комплекса, промышленного, гражданского, дорожного, гидроэнергетического строительства, горнодобычных работ. Раскрываются нарушения сложившегося почвенно-растительного покрова, его загрязнение и разрушение, грозящие полной деградацией, что привело бы к потере трофического базиса общества.

Освещены климатические, гидрогеологические и геоморфологические факторы, условия протекания эндо- и экзогенных геологических процессов (неотектоника, сейсмическая активность, грязевой вулканизм, гравитационные процессы, абразия, эрозия, карст, просадка и др.). Эти процессы рассматриваются во взаимовлиянии и взаимообусловленности с учетом действия техногенных факторов. Предлагаются мероприятия для контроля и регулирования процессов. Дается геохимическая характеристика геологической среды Украины.

Значительное внимание уделяется водохозяйственной деятельности, в частности системам перераспределения водных ресурсов, гидротехническим сооружениям, водозабрам, водным мелиорациям. Как весьма негативные последствия водохозяйственной и строительной деятельности рассмотрены процессы подтопления и заболачивания площадей в некоторых населенных пунктах, особенно в районах развития просадочных лессовых грунтов (юг территории Украины, Приднестровье и др.).

Возрастающее количество отходов производства, включающих большей частью вредные, токсические и ядовитые вещества, требует поисков надежных мест и методов их захоронения. С этих позиций рассматриваются вопросы создания искусственных подземных пустот.

Весьма важен вопрос о заповедных и охранных территориях, национальных парках, заказниках, памятниках природы. В Украине работы по этим направлениям поставлены в недостаточных объемах, научно слабо обоснованы (в том числе и с эколого-геологических позиций).

Значительное внимание в работе уделяется методам исследования геологической среды. Среди них — традиционные методы геологических наук, а также новые — аэрокосмические, радиохимические, биолокационные.

Отдельный раздел посвящен вопросам мониторинга геологической среды, проведение которого должно включать контроль негативных отклонений в развитии процессов, прогноз и предупреждение разрушительных и катастрофических их проявлений.

Подготовка настоящей работы выполнялась в период, когда в Украине идет активный поиск новых правовых форм в законодательстве о Земле, водных ресурсах, недрах, охране природы. Естественно, эти вопросы отражены в Справочном пособии и рассматриваются с позиций рационального использования геологической среды.

Работа подготовлена в основном учеными Института геологических наук АН Украины с привлечением специалистов других организаций, непосредственно занимающихся рассматриваемыми проблемами.

Справочное пособие предназначено для геологов, экологов, эконо-

мистов и других специалистов, занятых проблемами охраны и рационального использования природных ресурсов, оптимизации отношений человека со средой его обитания.

Отдельные положения настоящего пособия, как и всей работы, в такой постановке в целом для территории столь большого и техногенно нагруженного региона представляются впервые и поэтому заведомо не лишены недостатков. Авторы будут весьма признательны читателям за замечания, предложения и пожелания, которые могут способствовать не только совершенствованию в дальнейшем этой работы, но и развитию отдельных направлений экологической геологии.

Просим направлять Ваши замечания по адресу: 252054 Киев 54, ул. Чкалова, 55-б, Институт геологических наук АН Украины.

I. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

I.1. СТРУКТУРА, КОМПОНЕНТЫ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

В комплексе природных условий, влияющих на жизнь и деятельность человеческого общества и формирующих его среду обитания, выделяются геологические условия, геологическая среда. Структура и соотношение внешних геосфер Земли (атмосферы, гидросферы и литосферы) совместно с космическими факторами определяют все природные условия, а геологические тела выступают материальным носителем природных процессов (в том числе сложнейших — жизни и ее высших форм — человеческого общества), образующих сферу организмов — биосферу, распространяющуюся на все три оболочки.

Развитие внешних геосфер во времени, выразившееся главным образом в их взаимодействии и взаимном проникновении, обусловленном космическими воздействиями, динамизмом литосферных плит, дрейфом материков, пространственным перераспределением океанических и континентальных условий, было одной из основных причин глобальных физико-географических изменений и эволюции жизни на Земле, т. е. эволюции биосферы [1.9].

Как свидетельствуют палеонтологические данные, гармоническое развитие биосферы неоднократно нарушалось в результате резкой смены сложившихся условий при глобальных катастрофах, смены физических полей, климата. Появление человека, а затем выделение его из животного мира в результате налаживания им производства материальных благ (начало неолита) заметно повлияло на биосферные процессы. Современный этап развития биосферы характеризуется выделением в ее составе социосферы — сферы деятельности человеческого общества.

В настоящее время, учитывая техническую оснащенность, энергетический потенциал, которым владеет человечество, можно говорить о выделении техносферы — сферы действия или влияния технических средств, созданных человеком для производства материальных благ, осуществления миграций и закрепления отдельных народов на определенных территориях, освоения новых пространств, защиты от стихийных бедствий (транспорт, вооружение, средства проникновения в космос и в глубь планеты, средства воздействия на условия протекания геологических и метеорологических процессов и др.).

Развитие техносферы по многим направлениям зачастую приводит к отрицательным результатам, часто деструктивно влияет на биосферу: приводит к подавлению и уничтожению многих видов животных и растений. Парадокс современного развития техносферы состоит в том, что оно привело к формированию среды, неблагоприятной для человека по многим параметрам, а в ряде случаев вредной и враждебной самой жизни. Можно констатировать, что в результате деятельности человека превращение биосферы в ноосферу (сферу разума, по В. И. Вернадскому) пока еще не состоялось.

Техносфера на современном этапе выходит за пределы биосферы как в атмосфере, так и особенно в литосфере. Часть литосферы, вовле-

Таблица 1.1. Характеристика основных компонентов геологической среды по геоструктурным областям Украины

Геоструктурная область	Площадь, тыс. км ²	Определяющий компонент	Возраст	Глубина использования недр, м	Цели использования
Украинский щит	237,91	Кристаллические породы	AR, PR	1000—1500	ОС, ПИ, СМ
Днепро-Донецкая впадина	121,45	Осадочные породы	С, Р	1000—6000	ПИ
Донбасс	19,93	То же	С	300—1200	ПИ
Волыно-Подольская плита	83,38	» »	С	320—900	ПИ
Склон Воронежского массива	22,94	» »	К—N	20—100	ОС, СМ, ПИ, ВЗ
Причерноморская впадина	47,67	» »	N	20—40	ОС, СМ, ПИ
Предкарпатский прогиб	9,33	Флиш, молассы	К, Р, N	500—5800	ПИ
Складчатые Украинские Карпаты	17,74	Флиш	К, Р	0—100	ОС, СМ
Закарпатская впадина	5,86	Молассы	N	0—500	ОС, СМ
Добруджа	12,50	Осадочные породы	N	0—100	ОС, СМ, ВЗ
Степной Крым и Индоло-Кубанская впадина	19,10	То же	Р, N	0—400	ОС, СМ, ВЗ
Горный Крым	7,86	» »	T, J, K	0—600	ОС, СМ

Примечание. ОС — основание сооружений, ПИ — полезное ископаемое, СМ — строительные материалы, ВЗ — водозабор.

ченная в хозяйственную деятельность (иначе говоря, литосферная составляющая техносферы), в дальнейшем рассматривается как геологическая среда.

В соответствии с установившимися представлениями верхняя граница геологической среды совмещается с поверхностью раздела литосферы с гидросферой и атмосферой, нижняя граница определяется глубиной проникновения влияния хозяйственной деятельности (глубиной влияния нагрузок сооружений, глубиной проходки скважин, шахт, колодцев и влиянием их эксплуатации).

Влияние геологических условий на формирование человеческого общества, процессы расселения, современную структуру народнохозяйственного комплекса, экономические связи регионов и областей и обратное влияние человека на геологическую среду весьма четко прослеживается на примере Украины.

Рассматриваемая территория расположена на стыке Восточно-Европейской платформы с областями альпийского орогенеза, с юга к ней примыкает Черноморская впадина с фрагментами земной коры океанического типа.

Важнейшими факторами, обусловленными геологической структурой и тектоническим режимом, являются рельеф и его динамика, поверхностный сток (гидрографическая сеть), распределение в земной коре минеральных веществ, формирующих залежи полезных ископаемых. Главным образом рельеф повлиял на расселение и размещение населенных пунктов и промышленных комплексов. Гидрографическая сеть определила связи и границы районов. С конкретными видами залежей полезных ископаемых связаны структура и уровень развития народнохозяйственного комплекса территории.

В настоящее время в Украине разрабатываются свыше четырех тысяч месторождений полезных ископаемых. Здесь добывается значительное количество железной руды, угля, минеральных удобрений, вырабатывается сталь, электроэнергия [1.10].

Хозяйственная деятельность человека, осуществляемая непосредственно на поверхности и в недрах литосферы, охватывает определенные площади, литолого-генетические комплексы, подземное пространство, которые и рассматриваются здесь как геологическая среда территории Украины.

Компоненты геологической среды Украины — геологические тела разного возраста и различных формаций (табл. 1.1): от почвенно-растительного покрова до кристаллических пород архея и протерозоя. Как компоненты геологической среды рассматриваются также физические поля: гравитационное, геотермическое, магнитное, электрическое, геохимическое, гидродинамическое, сейсмическое, радиационное.

Своеобразие геологической среды Украины определяется особенностями геологического строения ее территории, состава и свойств пород, интенсивностью хозяйственной деятельности. Районирование геологической среды рассматриваемой территории проведено в пределах геоструктурных областей путем выделения районов пространственной концентрации техногенных влияний, промышленных зон, отдельных крупных промышленных объектов, городских агломераций (рис. 1.1).

Центральной и крупнейшей геоструктурной областью территории Украины, ее ядром является Украинский щит (УЩ), площадь которого вместе с северо-восточным и юго-западным склонами составляет 237,91 тыс. км², или 39,6 % всей площади Украины.

На щите и его склонах расположены следующие административные области Украины: полностью — Житомирская, Винницкая, Кировоградская; почти полностью — Киевская (за исключением части Яготинского и Згуровского районов), Черкасская (кроме Драбовского и Золото-



Рис 11. Схема районирования геологической среды территории Украины:

1 — государственная граница Украины; 2 — граница Восточно-Европейской платформы; 3 — границы геоструктурных областей Украины; 4 — границы физико-географических зон; 5 — границы концентрации горнодобывающих работ и глубины проникновения горных выработок; 6 — городские агломерации, курортно-рекреационные зоны; 7 — добыча каменного (а) и бурого (б) угля; 8 — добыча нефти (а) и газа (б); 9 — добыча железной руды; 10 — атомные электростанции; 11 — районы концентрации экологических изменений объектов (химическая промышленность); 12 — незначительные, 13 — слабо измененные, 14 — измененные; 15 — сильно измененные; ВП — Волинско-Подольская плита и Галицко-Волынская синеклиза; УЩ — Украинский щит; ДДВ — Днепро-Донецкая впадина; Дб — Донбасс; В — склоны Воронежского массива; Пч — Причерноморская впадина; К — Украинские Карпаты; ПК — Предкарпатский прогиб; Ж — Закарпатский прогиб; СК — Степной Крым; ГК — Горный Крым (г. Ровно ныне г. Ривне)

ношского районов); частично — Днепропетровская, Запорожская, Херсонская, Николаевская, Одесская, Хмельницкая и Ривненская.

На территории от границы с Беларусью до берегов Азовского моря кристаллические породы выходят на поверхность или перекрыты кайнозойскими отложениями небольшой мощности. Положение УЩ, его сложное геологическое строение с широким развитием магматических, метаморфических и осадочных пород определило условия протекания экзогенных геологических процессов, направления стока и сноса материала. На всех этапах геологического развития территории Украины щит был преимущественно областью денудации, поставщиком осадочного материала в бассейны прилегающих к нему геологических структур.

Виды хозяйственной деятельности, развитые в пределах этой структуры, непосредственно связаны с наличием богатых минеральных ресурсов, с благоприятными зонально-климатическими условиями и расположением в центральной части территории Украины.

Масштабы и интенсивность техногенных воздействий на геологические тела зависят прежде всего от уровня развития отраслей черной и цветной металлургии, разработки сырья для строительных материалов, теплоэнергетического комплекса. Важнейшим центром пространственной концентрации хозяйственной деятельности в настоящее время является Криворожский промышленный узел, который вместе с Днепропетровским, Днепродзержинским и Запорожским промышленными узлами формирует крупнейший по размерам и экономическому потенциалу Приднепровский промышленный район [1.1].

На щите и его склонах расположены крупные городские агломерации и промышленные центры: Киев, Днепропетровск, Запорожье, Кривой Рог, Винница, Житомир, Кировоград, Мариуполь, Николаполь и др.

На территории УЩ непосредственно в сферу хозяйственной деятельности вовлечены кристаллические породы архея и протерозоя, используемые как основания сооружений, строительный материал, рудное сырье. Положение нижней границы геологической среды здесь определяется глубинами шахтной разработки железных руд (Кривой Рог, 1000—1500 м).

Следует отметить, что хозяйственная деятельность, связанная здесь с широким развитием работ по добыче железных, марганцевых, циркониевых, титановых, никелевых, кобальтовых и других руд, разработкой магматических (гранитов, базальтов, диоритов) и метаморфических (гнейсов, графитов, мрамора) пород, приводит к существенным изменениям физических полей (термического, электрического и особенно радиационного), что весьма неблагоприятно влияет на биосферу. Горные работы часто обуславливают разрушение сложившихся природных

экранов (фильтров), что, в частности, способствует повышению интенсивности радиации в верхних слоях литосферы и на поверхности при разработке кристаллических пород, содержащих радиоактивные элементы (уран, торий, цезий, стронций и др.).

Следующей по площади является структура Днепро-Донецкой впадины (ДДВ), простирающаяся полосой с северо-запада на юго-восток, где замыкается складчатым сооружением Донбасса. Она охватывает области: почти полностью — Черниговскую, Полтавскую; частично — Киевскую, Сумскую и Харьковскую.

Эта структура, как древний рифт (глубокий авлакоген), на протяжении фанерозоя была местом распространения эпиконтинентальных морских бассейнов, выполнена осадками палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Глубина залегания пород кристаллического фундамента достигает 16—18 тыс. м в юго-восточной части структуры, в пределах ее бортов составляет 500—3500 м.

ДДВ расчленена рядом разломных нарушений, простирающихся согласно с общим направлением ее бортов. Залегание осадочных пород усложнено проявлениями вулканизма, неотектоническими дифференцированными движениями отдельных блоков фундамента, соляной тектоникой.

Хозяйственное освоение территории ДДВ связано преимущественно с развитием многоотраслевого агропромышленного комплекса. С середины 1930-х гг. здесь были открыты месторождения нефти и газа, началось их интенсивное освоение. Разрабатываемые месторождения приурочены к отложениям девона. Глубина отдельных эксплуатируемых горизонтов составляет 6000—6500 м (скв. ДДВ-6, скв. 500 Шебелинка, скв. Леляки на Солоховской площади).

В составе девонских отложений выделяется соленосная свита. Мощность пластов соли — 2000 м и более. В связи с развитием соляной тектоники глубины залегания соленосной свиты изменяются от нескольких метров до нескольких сотен метров. При восходящих движениях соляных масс происходит деформирование перекрывающих слоев. В некоторых купольных структурах соль выходит на поверхность.

В ДДВ ведутся интенсивные поиски новых месторождений нефти и газа, увеличиваются глубины бурения.

Эколого-геологические проблемы территории связаны преимущественно с загрязнением компонентов геологической среды, подземной гидросферы и поверхностных водоемов, что обусловлено главным образом выбросами нефти и газа, утечками их при хранении и транспортировке. Кроме того, существенные изменения физических полей вызываются откачками флюидов и газа из глубоких горизонтов, инициирующими процессами, охватывающими большие массивы пород.

Из геологических структур, геологическая среда которых претерпела весьма существенные техногенные преобразования (главным образом вследствие шахтной разработки каменных углей), выделяется Донецкое складчатое сооружение (Донбасс). Территориально Донбасс частично охватывает Донецкую, Луганскую и Харьковскую области. Характеризуется самой высокой в Украине плотностью населения (Донецкая обл. — более 200 чел/км²) [18].

В геолого-тектоническом плане Донбасс является как бы продолжением Днепро-Донецкой впадины к юго-западу. Кристаллические породы докембрия залегают на глубине до 15 тыс. м. Они перекрываются дислоцированными отложениями девона (песчаниками, известняками, эффузивами) и мощной толщей (10—12 тыс. м) отложений карбона (известняками и песчано-глинистыми образованиями, включающими слои угля). В северной и западной частях Донбасса распространены отложения перми, триаса, юры, перекрываемые меловыми и палеоген-неогеновыми образованиями. Структура Донбасса хорошо выражена

в рельефе как возвышенность (Донецкий кряж). Отложения карбона местами выходят на поверхность, а к северу, уже в пределах ДДВ, залегают на глубине от 300 м (над соляными куполами) до 1000—2500 м.

В Донбассе шахтная разработка угля ведется на глубине до 1000 м. Количество шахт в Донбассе (в пределах Украины) достигает 400. Одной шахтой разрабатываются, как правило, два-три угольных пласта. В отдельных случаях при наклонном залегании пластов (под углом более 45°) одной шахтой разрабатываются до 20 пластов. Подземная разработка углей привела к образованию подземных полостей, объемы которых составляют сотни миллионов кубических метров, а протяженность достигает тысяч километров. Это полностью изменило состояние подземной гидросферы. Свыше 90 % всех сбросов в открытые водоемы (водотоки) г. Донецка составляют шахтные воды. Например, в водах шахты им. Калинина обнаружены (по данным ПО Донбассгеология) токсические элементы — медь, никель, титан, бром — в концентрациях, превышающих допустимые.

Большие экологические проблемы Донбасса связаны с размещением на поверхности терриконов. Они занимают огромные площади, загрязняют почвы, водоемы и атмосферу, часто наблюдаются механические перемещения масс, возгорания и взрывы.

В Донбассе ведутся также разработки каменной соли, огнеупорных глин, строительных материалов и др. На базе местного сырья созданы предприятия металлургической, химической промышленности, мощная электроэнергетика. По пространственной концентрации промышленности выделяются узлы — Донецко-Макеевский, Горловско-Енакиевский, Краматорско-Славянский, Луганский, Лисичанско-Рубежанский и др.

На состояние и процессы геологической среды влияют также обогатительные комбинаты, химические заводы, деятельность которых связана с созданием шлако- и шламохранилищ, занимающих значительные площади ценных угодий, где концентрируются зачастую вредные и ядовитые соединения, проникающие на значительные глубины. Известны случаи проникновения отравляющих веществ с поверхности по трещинам и разломам к действующим подземным выработкам, что приводило к отравлению и гибели людей. В подземных выработках Донбасса нередко происходят взрывы газов (метана), выбросы и горные удары, иногда катастрофического характера.

Концентрация различных видов промышленности совместно с широкомасштабными горными работами, большая плотность населения, сосредоточение его преимущественно в городах позволяют считать Донбасс районом, где техногенные нагрузки в настоящее время превышают допустимые и требуют принятия срочных мер для снижения уровня разрушения геологической среды.

По концентрации хозяйственной деятельности на значительной площади выделяется также западная часть равнинной территории Украины, приуроченная к структурам Волыно-Подольской плиты и Галицко-Волинской синеклизы. Здесь расположены области: полностью — Волинская и Тернопольская; частично — Ивано-Франковская, Ривненская, Хмельницкая и Черновицкая.

Кристаллические породы фундамента к западу от УЩ залегают на глубине 2000 м, а в Галицко-Волинской синеклизе — погружаются на глубину до 7000 м. Осадочные породы, перекрывающие фундамент, представлены отложениями рифея, венда, палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Все эти породы на разных участках вскрываются долинами рек, местами выведены на уровень эрозии, а следовательно, вовлекаются также в сферу техногенных влияний. Хозяйственная деятельность концентрируется в районах разведанных залежей полезных ископаемых. Это, прежде всего, Львовско-Волинский угольный бассейн. Угленосная

толща приурочена к ниже- и среднекарбонovým отложениям. Насчитывается около 70 угольных слоев мощностью от нескольких сантиметров до 2 м. Разрабатываются 12 слоев на глубинах от 600 до 1200 м.

С разработкой этих углей связаны эколого-геологические проблемы, которые отмечались выше для Донбасса, однако здесь они имеют свои характерные особенности. Подработка застроенных территорий и процессы сдвижения земной поверхности проявились, например, в г. Червонограде, где в 1974 г. была выведена из строя городская канализация в результате нарушения целостности стыков асбесто-цементных труб канализационных коллекторов и образования крупных провалов на поверхности.

Повсеместно имеются проблемы, связанные с разработкой месторождений строительных материалов, известкового сырья для сахарной промышленности. Все это приводит к нарушению ценных ландшафтов. Примером могут быть живописные Толтры на юге Хмельницкой обл.

Крупной платформенной геологической структурой Украины является Причерноморская впадина, охватывающая южные части Одесской, Николаевской, Херсонской и Запорожской областей.

Геологическое строение этой впадины определено главным погружением (от 500 до 2500 м) кристаллического фундамента от юго-западного склона УЩ в сторону южной границы Восточно-Европейской платформы. Осадочная толща представлена мезозойскими (меловыми) и кайнозойскими (палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями).

Структура и направление развития отраслей народного хозяйства обусловлены в основном положением Черноморского побережья, развитием морского транспорта, созданием рекреационных зон. Освоение подземного пространства зависело преимущественно от уровня залегания горизонтов неогеновых глин и известняков, широко используемых как строительные материалы. Здесь развиты главным образом перерабатывающие отрасли промышленности. Основные экологические проблемы региона определяются освоением побережий Черного моря, увеличением объемов промышленных и бытовых отходов, загрязнением моря, нарушением природного равновесия в зоне взаимодействия суши и моря.

Представляется, что развитие в этом регионе отраслей химической промышленности, в частности Одесского припортового завода по производству аммиака, нефтеперерабатывающих заводов, усугубляет неблагоприятное экологическое состояние геологической среды.

К Причерноморской впадине с юга примыкает область герцинской складчатости — Скифская плита, являющаяся основанием Добруджи (часть Одесской обл., прилегающая к р. Дунаю), шельфа северо-западной части Черного моря, Степного Крыма, части акватории Азовского моря. Фундамент Скифской плиты представлен дислоцированными породами палеозоя и мезозоя, местами расчлененными вулканогенными отложениями с участками метаморфизма. Глубина залегания эпигерцинского фундамента составляет от 500—1500 м в области Добруджи [1,5] до 6000 м в Степном Крыму. На размытой поверхности фундамента в районе Добруджи, в Степном Крыму распространены среднеюрские, меловые, палеоген-неогеновые и четвертичные отложения.

Глубины промышленного освоения геологической среды определяются глубинами освоения вновь открытых месторождений газа в Степном Крыму (Глебовское, Джанкойское, Стрелковское) и Октябрьского нефтегазового месторождения. Залежи нефти и газа в Степном Крыму приурочены к отложениям мела и палеогена на глубинах 100—4500 м. Разведаны также нефтегазовые месторождения на шельфе Черного моря.

ря и Тарханкутского п-ова. В настоящее время масштабы добычи нефти и газа в Крыму не внесли заметных изменений в сложившуюся геолого-гидрогеологическую обстановку.

Геологические условия Степного Крыма определили специализацию его хозяйства — развитие химической промышленности на базе местного сырья, извлекаемого из соляных озер (производство брома и бромистых соединений, диоксида титана, соды и др.). Добыча солей из озер Крыма заметно снижает минерализацию рапы этих озер, влияя на условия водообмена. Добыча солей ведется на Сакском, Старом, Красном, Сасык-Сивашском и Майнакском озерах. Рапа и грязь Сакского и Майнакского озер используются в бальнеологических целях.

Экологические проблемы данного региона необходимо рассматривать в основном с позиции использования морских побережий как места развития курортно-санаторных комплексов, в чем состоит их главная ценность. В связи с этим необходимо пересмотреть направления освоения районов, прилегающих к побережьям, и структуру развиваемых здесь отраслей народного хозяйства.

Влияние геологического фактора на развитие отраслей народного хозяйства отчетливо прослеживается в предгорных и горных областях. Из предгорных областей в Украине выделяется Предкарпатский прогиб, охватывающий частично территории Львовской, Ивано-Франковской и Черновицкой областей, Закарпатская впадина (Закарпатская обл.), Индоло-Кубанский прогиб (Крымская обл., Керченский п-ов).

Передовой Предкарпатский прогиб представляет собой предгорную впадину, выполненную неогеновыми молассами — продуктами разрушения и сноса горноскладчатой области Украинских Карпат мощностью 4000—5000 м.

Нижняя граница геологической среды определяется здесь положением нефтегазоносных пород. Залежи нефти сосредоточены в палеогеновых отложениях на глубинах 500—4800 м, газа — в отложениях верхней юры, мела и неогена на глубинах 100—4800 м. Добыча нефти в Предкарпатье с помощью колодцев известна с XVII в., промышленная разработка начата в 1881 г., газ добывают с 1920 г.

В Предкарпатье с 1958 г. добывают самородную серу, приуроченную к известнякам и гипсам миоцена (Новороздольское и Яворовское месторождения), калийные соли — из отложений миоцена (Стебниковское и Калушско-Голинское месторождения).

В последние годы серьезные эколого-геологические проблемы Предкарпатья связаны с разработкой калийных солей и серы. Известная авария на Стебниковском калийном комбинате в 1983 г., вызванная прорывом дамбы хвостохранилища и выбросом в р. Днестр токсических и ядовитых отходов обогащения солей, обусловившая гибель биоты и нарушение водоснабжения городов Приднестровья, принесла ущерб около 150 млн руб. Подработки территории г. Калуша вызвали разрушения и повреждения жилых домов. Здесь были нарушены условия подземного и поверхностного стока, растительный покров. Общий экологический ущерб, вызванный карьерной разработкой месторождений самородной серы (потеря ценных угодий, перехват источников водоснабжения в прилегающих населенных пунктах), оценивается в 1 млрд руб.

Переходной от платформы к орогенным областям является Индоло-Кубанская впадина, охватывающая небольшую часть Восточного Крыма и Керченский п-ов. К Индоло-Кубанской впадине приурочены на Керченском п-ове месторождения железных руд, связанные с брахисинклинальными (Акмонайское, Чегене-Салыньское, Катерлезское, Камыш-Бурунское, Эльтиген-Ортельское) и сложными тектоническими структурами компенсационных прогибов, сформированных в зонах грязевого вул-

канизма (Баксинское, Кезенское, Осовинское, Новоселовское, Рельевское и Узунларское). Общие запасы руды Керченского железорудного бассейна составляют около 8 млрд т.

Залежи приурочены к киммерийским песчано-глинистым отложениям, мощность рудных слоев — 1—92 м, глубина залегания — 0—97 м. Содержание железа — до 40 %. В настоящее время разрабатываются Камыш-Бурунское и Эльтиген-Ортельское месторождения. Разработку осуществляется открытым способом с применением транспортно-отвальных мостов. Проблемы разработки, характерные для районов горных работ, — потеря ценных угодий, накопление отвалов, нарушение гидрогеологических и гидрологических условий.

Особенности геологической среды Керченского п-ова связаны с проявлением грязевого вулканизма. Извержения грязевых вулканов (в отдельных случаях значительные, иногда бурные с проявлением взрывов) представляют прямую опасность для человека. Положение и активность вулканов и вулканических проявлений должны учитываться во всех видах хозяйственной деятельности.

Взаимное влияние геологических, геоморфологических факторов и хозяйственной деятельности человека весьма четко проявляется в горных районах — Украинских Карпатах и Горном Крыму.

Горная система Украинских Карпат охватывает частично Закарпатскую, Львовскую, Ивано-Франковскую и Черновицкую области. Это центральное звено Карпатской горной страны альпийского орогенеза.

Геологические структуры Украинских Карпат простираются с северо-запада на юго-восток, включают складчатые системы тектонических покровов, вулканические массивы, предгорные прогибы. В геологическом разрезе выделяются докембрийский кристаллический фундамент (гранитный слой), палеозойские метаморфизованные породы и мезокайнозойские отложения, вовлеченные в альпийский орогенез, представляющие собой в основном флишевую формацию.

Ширина складчатой зоны 100—120 км, высота гор увеличивается с северо-запада на юго-восток от 900 до 2000 м. Горная система Украинских Карпат является важным регулятором гидрометеорологических процессов. Для территории Украины она во многом определяет уровень выпадения осадков, регулирует движение воздушных масс и температурный режим. При годовой норме осадков около 2000 мм, высокой лесистости (56 %) Украинские Карпаты выступают как аккумуляторы водных ресурсов (30 % запасов воды при площади 8 % территории Украины).

Горные хребты Карпатской дуги с древних времен были естественными рубежами при расселении народов. В настоящее время расширяющиеся экономические и политические связи Украины со странами Европы, прежде всего с Румынией, Венгрией, Словакией, Польшей, территории которых выходят к Восточным Карпатам, обуславливают увеличение роли пролегающих здесь коммуникаций.

Особенности горного рельефа, гидрография, условия протекания геологических процессов определяют положение населенных пунктов и связи между ними. Большинство народнохозяйственных комплексов, объектов, линий коммуникаций расположены в долинах рек, а важнейшие линии коммуникаций, связывающие крупные населенные пункты по обе стороны горной системы, сориентированы на понижения водораздельного хребта, что обуславливает неравномерность техногенной нагрузки в горах.

Важное значение в Украинских Карпатах имеет строительство объектов туризма и рекреационных сооружений. В этом отношении здесь ландшафты и климатические условия весьма благоприятные, однако из-за соображений экологической безопасности их развитие ограничивается.

Требуется максимальное приспособление любых искусственных объектов к среде их заложения и учет всех природных связей.

В регионе планируется расширение, усовершенствование и модернизация сети объектов водного хозяйства на горных реках бассейнов Дуная (юго-западный склон Карпат) и Днестра (северо-восточный склон), что приведет к нарушению установившегося природного равновесия, активизации экзогенных процессов.

В настоящее время пересмотрен подход к использованию ресурсов древесины, прежде всего в направлении научно обоснованного проведения лесоразработок, сохранения и увеличения лесистости как важнейшего экологического и климатического фактора.

Существует настоятельная необходимость и в обновлении систем разработки полезных ископаемых — залежей нефти и газа, калийных солей в Прикарпатье, угля в Закарпатье и повсеместно месторождений строительных материалов. Основные направления совершенствования — максимальное сохранение природы Украинских Карпат, комплексное использование ресурсов, внедрение безотходных технологий, полная рекультивация обработанных площадей.

Горный Крым — сложное складчатое сооружение, в основании которого залегают сильно дислоцированные отложения триаса и юры (таврическая серия), верхние этажи сложены образованиями юры, мелла и палеогена. В рельефе Горный Крым представлен тремя грядами — Главной, Внутренней и Внешней с полосой низкогорья, примыкающей к Черному морю. Состояние геологической среды региона определяет прежде всего жилое и курортно-санаторное строительство.

Как ресурсообразующий фактор Крымские горы следует рассматривать с позиций их влияния на формирование уникальных рекреационных условий, особенно на Южном берегу Крыма. Использованию этих условий должны быть подчинены все виды хозяйственной деятельности Крымского п-ова. Естественно, что в дальнейшем недопустима разработка месторождений строительных материалов, флюсовых известняков для использования их за пределами Крымской обл. Необходимо пересмотреть и усовершенствовать планы размещения рекреационных и туристических комплексов для оптимизации использования природных ресурсов.

Таким образом, изложенные материалы убедительно свидетельствуют о том, что геологическое строение территории Украины во многом определило характер хозяйственной деятельности, современную структуру отраслей народного хозяйства, а в конечном счете и состояние геологической среды как части литосферы, испытывающей влияние деятельности человека. Это влияние идет по разным направлениям и в конкретных случаях вызывает:

- нарушение (разрушение) естественно сложившегося покрова органического (растительный, почвенный) и неорганического (кора выветривания, усыхания) происхождения;

- нарушение условий взаимодействия геологических тел с атмосферой и гидросферой в результате устройства (создания) искусственного покрова (застройка, искусственные покрытия разных типов);

- изменения свойств пород и минералов в результате уплотнения (разуплотнения), температурных воздействий;

- полное изъятие из геологических разрезов отдельных компонентов в виде полезных ископаемых (жидких, твердых, газообразных), преопределяющее образование пустот в массивах;

- изменение состава и свойств пород в результате отложения и оседания на поверхности твердых и газообразных выбросов различных производств, внесения в массивы твердых, жидких и газообразных добавок;

- изменения условий протекания химических реакций в массивах

пород, разрушение естественных противорадиационных экранов и фильтров;

— загрязнение отдельных компонентов литосферы и подземной гидросферы отходами производства, выбросами радионуклидов.

В настоящее время все эти виды нарушений повсеместно наблюдаются на территории Украины в связи с разными видами хозяйственной деятельности. Так, сельскохозяйственная освоенность территории составляет 70,4 %, распаханность — 56,9 %. Несмотря на поверхностный характер этой деятельности, она оказывает большое влияние на геологическую среду ввиду значительного охвата площадей, а в последнее время — ввиду широкого применения различных удобрений (пестицидов, гербицидов и др.), проведения водных мелиораций.

Уровень урбанизированных и индустриальных территорий составляет 4—5 %, а в отдельных областях 8 (Крым) — 10 % (Донецкая обл.) [1.3]. Наблюдается устойчивая тенденция увеличения урбанизации и индустриализации территорий за счет площадей под лесом и пахотой. С сельскохозяйственными работами связано проведение мелиоративных мероприятий — осушение в Полесье и орошение на юге Украины, со строительством — повсеместная карьерная разработка строительных материалов.

По мере природы населения Украины, развития народного хозяйства постоянно увеличиваются объемы геологической среды, повышаются показатели ее изменений по сравнению с природным состоянием, снижается способность природных процессов к саморегулированию и самовосстановлению, уменьшаются запасы невозполнимых природных ресурсов, что отчетливо видно по запасам каменного угля, железных и марганцевых руд и других полезных ископаемых.

Зарегулированность поверхностного стока в связи с созданием малых и крупных водохранилищ резко изменила условия дренирования территории, способность природных систем к самоочищению, а крупные водохранилища Днепровского каскада стали накопителями вредных, токсических и ядовитых веществ.

На состояние геологической среды весьма неблагоприятно влияют предприятия химической, металлургической, металлообрабатывающей промышленности, энергетические объекты, особенно атомные и тепловые электростанции, потребляющие большое количество воды, загрязняющие воздух, воду и почвенный покров.

В Украине недостаточно развита сеть заповедных территорий, составляющих 1,6 % площади при норме 3 %.

Неудовлетворительно поставлена охрана почв, вод и воздушного бассейна от загрязнения. Некомплексно разрабатываются месторождения полезных ископаемых, слабо внедряются новые безотходные технологии, водоснабжение предприятий осуществляется по замкнутому циклу. Все это привело на некоторых участках к полному преобразованию природных условий, потере природными процессами способности к саморегулированию и самовосстановлению.

Для уменьшения неблагоприятного воздействия хозяйственной деятельности на литосферу, подземную гидросферу, для приостановки деструктивных процессов в почвенном покрове необходимо в ближайшее время изменить структуру и сложившиеся схемы использования земельных ресурсов, недр, технологических схем, сельскохозяйственного и промышленного производства на основе новых современных технологий, расширить сеть заповедных территорий, пересмотреть программу мелноративных работ.

Геологическая наука в связи с этим должна выступать как одна из основных дисциплин, призванная дать теоретическое обоснование рационального взаимоотношения человека и природы.

1.2. ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Геохимические процессы обусловили образование на территории Украинны провинций, характеризующихся различной геохимической специализацией. Специализация провинций определяется их геолого-структурным положением, вещественным составом, историей геологического развития, процессами миграции. Последние играют важную роль в специализации, так как обуславливают рассеяние или концентрацию химических элементов.

Исследования, проведенные в Институте геохимии и физики минералов АН Украинны, позволяют выделить в развитии данной территории 16 геохимических эпох (табл. 1.2). В основу выделения геохими-

Таблица 1.2. Геохимические эпохи рудообразования, по [1.4]

Мегацикл	Геохимическая эпоха	Возраст, млн лет	Геохимическая специализация эпохи
Докембрийский			
Первый	Ранняя	3500—3000	Fe, Co, Ni, Au, Cr
	Поздняя	3000—2700	Fe, Ni, Co, Cr, Th, Pb
Второй	Ранняя	2700—2300	Ni, Co, Cr, Fe, Th, Pt, Au, As, TR, W, Mo
	Поздняя	2300—2000	Th, W, Mo, Au, Ni, Co, Fe, Cs, Sb, As
Третий	Одна эпоха	2000—1700	TR, Pb, Cu, Au, Sn, W, Fe, La
Четвертый	Ранняя	1700—1500	Ti, Cu, Ni, TR, Nb, Ta, Be
	Поздняя	1500—1200	Be, Nb, Ta, W, Sn, Zn, Pb, F
Пятый	Ранняя	1200—700	
	Поздняя	700—550	Cu, Pb, Zn, Au, U, F, Ni, Hg
Фанерозойский			
Шестой	Раннекаледонская	550—450	Cu, Pb, Zn
	Позднекаледонская	450—380	Pb, Zn, Cu
	Раннегерцинская	380—310	Pb, Zn, F, Be, Au, Nb, Ta, Mo, Ce
	Позднегерцинская	310—230	Fe, Be, Au, Pb, Zn, Rb, Li, Hg, Cu, Fe
	Мезозойская	170—100	Pb, Zn, Ni, Fe
	Альпийская	30—3	Pb, Zn, Au, Hg, Te, Bi, Rb, S, F, Al
	Антропогеновая	Менее 3	

ческих эпох положены принципы, базирующиеся на изучении процессов накопления вещества и концентрации химических элементов при осадконакоплении, а также в результате магматической и метаморфической деятельности. В составленной схеме геохимических эпох Украинны не учтены процессы миграции и рассеяния вещества. Поэтому перечень геохимических эпох может быть дополнен. Особо следует выделить новейшую геохимическую эпоху — техногенную, когда естественные геохимические поля начали претерпевать изменения в результате

деятельности человека. Степень этого изменения из года в год увеличивается. Человек стал мощным фактором преобразования Земли и околоземного пространства. Интенсифицировались геохимические процессы и явления в геологической среде, возникло бесконечное множество искусственных химических элементов, которые включаются в круговорот веществ и оказывают отрицательное воздействие, связанное в первую очередь с загрязнением среды обитания человека, а затем и с изменениями геохимических полей Земли. Территория Украины не является исключением в плане этих процессов. Естественные геохимические поля Украины, которые формировались на протяжении 3,5 млрд лет, можно объединить в следующие геохимические провинции: 1) группу геохимических провинций Украинского щита; 2) Карпатскую; 3) Причерноморскую; 4) Днепровско-Донецкую; 5) Донецкую; 6) Припятскую.

На Украинском щите многими исследователями [1.4] выделяются следующие геохимические провинции: 1) Конкско-Белозерско-Славгородская; 2) Приднепровская; 3) Корсак-Стульневская; 4) Базавлукская; 5) Росинская; 6) Бугская; 7) Подольская; 8) Ташлыкская; 9) Восточно-Саксаганская; 10) Орехово-Павлоградская; 11) Ингуло-Ингулец-Криворожская; 12) Тетеревская; 13) Тикичско-Трактемировская; 14) Восточно-Приазовская; 15) Новоград-Волынская; 16) Осницкая; 17) Коростенская; 18) Новомиргородская; 19) Пержанско-Овручская; 20) Приднестровская.

Исходя из концепций формирования УЩ в результате деятельности региональных очаговых структур, определение некоторых провинций недостаточно обосновано и достоверность их выделения вызывает сомнение. Другие по истории развития, сходству геохимических полей и ассоциаций могут быть объединены в одну провинцию. Например, Новоград-Волынская, Осницкая, Коростенская, Пержанско-Овручская могут быть объединены в Северо-Западную провинцию, так как они сформировались в единую геохимическую эпоху в результате метаморфизма и гранитизации древних осадочно-вулканогенных толщ под воздействием Осницкой и Новоград-Волынской региональных очаговых структур.

Упрощенную модель геохимического развития геологической среды Украины можно представить в следующем виде:

1. Накопление химических элементов в осадочно-вулканогенных формациях ранних геохимических эпох;
2. Перераспределение вещества и формирование геохимических ассоциаций и аномальных концентраций в процессе взаимодействия коры и верхней мантии — метаморфизма и магматической деятельности в докембрийские геохимические эпохи (формирование геохимических провинций и их специализации);
3. Размыв докембрийских образований фундамента, миграция и рассеяние химических элементов в фанерозойские эпохи;
4. Перераспределение химических элементов в складчатых областях и рассеяние их в платформенных областях;
5. Изменения геохимических полей под воздействием человека.

Главный фактор изменений геологической среды в результате деятельности человека — ее загрязнение химическими элементами. Большинство естественных химических элементов представлено металлами. Кроме них к настоящему времени известно около двух тысяч искусственных радиоактивных и более трех миллионов органических элементов и соединений. Сведений об их воздействии и поведении в геологической среде немного. Хорошо известно поведение тех элементов и соединений, по которым имеются гигиенические нормативы и критерии оценки их токсичности. Подавляющее большинство их еще подлежит изучению.

Мы рассмотрим только те элементы, которые наблюдаются в геологической среде Украины и по которым известны кларковые содержания или установлены аномальные концентрации. Для всех остальных элементов не может быть ни кларковых содержаний, ни каких-либо безопасных концентраций. Их наличие свидетельствует о загрязнении среды.

В настоящее время для определения степени воздействия на геологическую среду используются гигиенические критерии оценки. Для загрязнения — это принципы предельно допустимых концентраций (ПДК). Представляется целесообразным использовать для этих целей более жесткие экологические принципы и критерии. Верхним пределом экологических критериев оценки изменений геохимических полей должен приниматься такой условно безопасный фактор, который не превышает так называемую *недействующую дозу*, или половину ПДК, а в тех случаях, если ПДК отсутствуют, — не более двух геохимических фонов. Такой принцип исключает возможность применения (некоторыми исследователями) понятия *экологическая емкость среды* и определение степени изменений по гигиеническим критериям. При любых концентрациях элементов, превышающих условно безопасный фактор, их следует понимать как загрязнение среды. Естественные аномальные концентрации элементов следует также относить к загрязнению (естественному) геологической среды.

Металлы — это главные элементы изменения геохимических полей. Такие изменения наиболее значительно проявляются в верхней зоне геологической среды. Особенно в почвенном покрове, грунтовых водах, биосфере и атмосфере. По степени воздействия на человека, который является конечным звеном геологической среды, поведение их изучено недостаточно. Имеются сведения не более чем по двум десяткам металлов. По гигиеническому нормированию в продуктах питания и воздействию на человека и того менее. За рубежом нормируется восемь элементов — ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, медь, олово, цинк, железо; в нашей стране — 15: кроме названных еще сурьма, никель, селен, хром, алюминий, фтор и иод.

Для территории Украины геохимически значимы следующие элементы: железо, марганец, титан, никель, кобальт, ванадий, хром, цирконий, гафний, ниобий, тантал, редкие земли, фтор, барий, вольфрам, молибден, олово, рубидий, цезий, ртуть, свинец, цинк, сера, медь, золото, серебро, мышьяк, сурьма, висмут. В табл. 1.3 приведены средние содержания элементов в земной коре, почвах и поверхностных водах.

Железо на Украине — самый распространенный (из металлов) элемент. Широко развито в Конкско-Белозерско-Славгородской, Корсак-Стульневской, Базавлукской, Росинской, Орехово-Павлоградской, Ингуло-Ингулец-Криворожской, Восточно-Приазовской и других провинциях. Среди железисто-кремнистых метаморфических образований выделяются ассоциации, связанные с низкотемпературными фациями метаморфизма аспидных и филлитовых сланцев (Чертомлыкский и Верховцевский районы УЩ); низкотемпературными фациями роговиков (Конкский, Правобережный и другие районы); двуслюдяной гнейсовой фацией (Криворожско-Кременчугская зона); амфибол-гнейсовой и пироксен-гнейсовой фациями (Орехово-Павлоградский, Верховцевский, Конкский, Володарский районы, Кременчугская зона). Среди железорудных метасоматитов выделяются ассоциации, характерные для богатых залежей Криворожско-Кременчугской зоны, Белозерского, Корсакского и Володарского районов.

На Побужье и в Среднем Приднепровье с корой выветривания связаны охристо-бурожелезняковые ассоциации с никелем и кобальтом. В Причерноморской и Днепровско-Донецкой провинциях с осадко-

накоплением связаны ассоциации железа с ванадием и фосфором (Керченский п-ов, Черное море).

Извлечение железных руд и пород, их переработка, транспортировка, использование железа способствуют изменению геохимических полей в верхней зоне геологической среды. Железо — довольно актив-

Таблица 1.3. Средние содержания элементов в земной коре, почвах, поверхностных водах, по [1.7]

Элемент	Земная кора, мг/кг	Почвы, мг/кг	Поверхностные воды, мкг/л
Серебро	0,07	0,1	0,3
Мышьяк	1,8	50	2
Золото	0,04	—	0,002
Барий	425	100—3000	10
Бериллий	2,8	6	—
Висмут	0,17	—	—
Кадмий	0,2	1	—
Кобальт	25	1—40	—
Хром	100	5—1000	1
Цезий	3	6	—
Медь	55	2—100	7
Фтор	625	—	100
Ртуть	0,08	0,03	0,007
Лантан	30	—	0,2
Марганец	950	850	7
Молибден	1,5	2	1
Свинец	12,5	2	3
Никель	75	5	0,3
Сурьма	0,2	5	1
Селен	0,05	0,2	0,2
Стронций	375	50	50
Олово	2	10	—
Теллур	0,001	—	—
Торий	10	13	0,1
Титан	5700	5000	3
Таллий	0,45	0,1	—
Уран	2,7	1,0	0,4
Цинк	70	10	20
Цирконий	165	—	—
Вольфрам	1,5	—	0,03
Ванадий	135	200	0,9

ный элемент и легко окисляется. В биосфере многие соли железа плохо растворимы. В то же время существует большое количество растворимых комплексных соединений (гемоглобин, ферродоксин, ферритин и др.), чем и объясняется его биологическая активность. Железо — биологически важный элемент. Избыточное железо в воде и пище полезно для здоровья человека. Однако чрезвычайный избыток в организме может приводить к сидерозу — особому виду цирроза печени. Дефицит железа в организме вызывает анемию.

Никель характерен для некоторых геохимических провинций УЩ, отмечен также в Карпатской геохимической провинции. С осадочно-вулканогенными формациями связана специализация никеля в Конкско-

Белозерско-Славгородской и Базавлукской геохимических провинциях (Конкский, Верховцевский и Сурский районы Среднего Приднестровья), с ультрабазитами Росинской и Ташлыкской геохимических провинций, с габбровыми массивами Северо-Западной провинции (Дубровицкий, Каменский, Юровский массивы, Коростенский плутон). Для серпентинитов и серпентинизированных лерцолитов характерны кобальт-никелевые ассоциации Закарпатской субпровинции (Утесовая зона).

Изменение геохимических закономерностей распределения никеля обусловлено использованием его в промышленности. Никель образует ряд соединений с органическими кислотами и неметаллами. Он легко реагирует с оксидом углерода и образует летучее соединение $Ni(CO)_4$. Распределение никеля в организме неоднородно. Для человека он, по видимому, не токсичен. У животных дефицит металла вызывает замедление роста, дерматиты, деформацию конечностей.

Основные источники загрязнения никелем — промышленные предприятия, жилищные агломерации.

Кобальт имеет геохимические свойства, близкие к таковым никеля. Встречается в тех же провинциях, что и никель.

В ультрабазитах Среднего Приднестровья кобальт наблюдается преимущественно в виде изоморфной примеси в пирите, арсенопирите, халькопирите, сфалерите, серпентине, хризотил-асбест-хлорите, роговой обманке. В измененных вторичными процессами серпентинитах Верховцевского района происходит перераспределение кобальта с образованием самостоятельных минералов — линнеита и виллиамита. В ультраосновных породах Среднего Побужья отмечаются самостоятельные минералы — кобальтин и глаукоdot. В ультрабазитах дифференцированных массивов в бассейнах рек Роси и Тетерева кобальт всегда ассоциирует с никелем и медью.

Экологическая значимость элемента невелика. Изменение геохимических полей и загрязнение среды кобальтом наблюдается вблизи металлургических предприятий, производящих высокопрочные сплавы. Кобальт как составная часть витамина B_{12} имеет важное значение для организма человека.

Хром широко распространен в земной коре в количестве, достаточном для растений, животных и человека. Это — жизненно важный элемент. Концентрации его известны в ультрабазитах Конкско-Белозерско-Славгородской, Базавлукской и Ташлыкской геохимических провинций. В первой — хром в ассоциации с ванадием находится в тальк-серпентин-магнезитовых породах, хлорит-тальковых и тальк-магнезитовых сланцах. Во второй — хром отмечается в серпентинизированных дунитах, серпентинитах и тальк-карбонатных породах. В третьей геохимической провинции концентрации хрома приурочены к ультрабазитам и являются единственными на Украине, где их можно отнести к рудопроявлениям и месторождениям хромита. Кроме того, фоновые концентрации известны в дунитах и перидотитах Чепиженского, Каленовского и Юровского массивов УЩ. Естественные соединения хрома в отмеченных провинциях не оказывают какого-либо воздействия на экологическую обстановку, так как хром находится в трехвалентном состоянии. Известно девять степеней окисления хрома. Биологически отрицательное значение имеет шестивалентный хром. Его ПДК в почвах составляет 0,05 мг/кг. Трехвалентный хром — необходимый элемент в организме человека, который регулирует содержание глюкозы.

Марганец широко развит в горных породах Украины. Концентрации марганца формировались в разные геохимические эпохи фанерозоя. В Карпатской геохимической провинции известны более ранние (рифейские) концентрации марганца (родонит-родохрозитовые месторождения Мармарошского массива). Грандиозное по масштабам накопление марганца — Южно-Украинский марганцевый бассейн — харак-

терно для олигоценовой эпохи. Источником образования месторождений этого бассейна была кора выветривания УЩ. Кроме того, высокие концентрации марганца отмечаются в Азово-Черноморском рудном районе, железо-марганцевых конкрециях Черного моря, юрских и меловых отложениях Крыма, майкопских глинах Крыма и Керченского п-ова.

Для марганца характерно несколько степеней окисления, но наиболее важными являются соединения двухвалентного марганца, который образует соли со всеми известными оксидами. Из соединений четырехвалентного марганца в природе встречается только пиролюзит, который представляет собой основную марганцевую руду. Известны соединения марганца с бором, углеродом, кремнием, фосфором и др.

Марганец крайне необходим для поддержания здоровья человека. В организме взрослого человека постоянно присутствует марганец, который играет важную роль в клеточном метаболизме. При его дефиците наблюдаются нарушения в скелете. Известно вредное воздействие избытка марганца на здоровье горняков и рабочих марганцевых производств. Острое отравление парами марганца приводит к помешательству. Экологическое воздействие марганца изучено недостаточно.

Изменение геохимических полей марганца может происходить при добыче, транспортировке и переработке марганцевых руд, а также при загрязнении атмосферы металлической пылью.

Медь широко распространена в геологической среде Украины в рассеянном состоянии и в аномальных концентрациях. Известны рудопроявления меди в осадочно-вулканогенных докембрийских образованиях УЩ, метаморфических комплексах Приазовья и Украинских Карпат, основных породах западного склона УЩ и Припятского вала, песчаниках Приднепровья, Предкарпатского прогиба, песчаниках, алевролитах и известняках Донбасса, вулканогенных и осадочных образованиях ДДВ. Проявления меди в разных минеральных ассоциациях отмечаются во всех геохимических провинциях Украины.

Как правило, медь имеет две степени окисления (одно- и двухвалентная), однако в комплексных соединениях отмечается трехвалентная. Существует множество солей одно- и двухвалентной меди. Соединения одновалентной меди легко окисляются и дают соответствующие соединения двухвалентной меди, которые хорошо растворяются в воде. Медь обладает высокой способностью к образованию комплексных соединений с различными лигандами, которые имеют высокую биологическую активность. Экологическая значимость медных ассоциаций на территории Украины невысокая. Их влияние может проявляться только в питьевой воде. Изменение геохимических полей меди и загрязнение геологической среды происходит при использовании меди в промышленности и сельском хозяйстве (медные пестициды, бордоская смесь, медно-мышьяковые смеси).

Медь — важный элемент для организма человека как регулятор обмена веществ. Накапливается она преимущественно в печени, сердце, мозге. При дефиците меди возникают наследственные болезни Вильсона, синдром Менкеса, нарушение синтеза гемоглобина и др.

Свинец, как и медь, широко распространен в геохимических провинциях Украины в ассоциации с цинком. Аномальные концентрации свинца (орезолы, рудопроявления и месторождения) известны в докембрийских образованиях УЩ, структурах его обрамления, в метаморфических образованиях Украинских Карпат, в Нагольном кряже и Бахмутской котловине Донбасса, в липаритовых туфах Береговского и Беганьского районов Закарпатья. Мелкие проявления свинцово-цинковой минерализации известны в Крыму, Приднестровье, Закарпатье и Предкарпатье, ДДВ.

На территории Украины свинец оказывает незначительное влияние

на экологическую обстановку и на изменение геохимических полей. Это воздействие может отмечаться только в питьевой воде вблизи проявлений и месторождений свинца. Исключения могут наблюдаться при разведке и эксплуатации месторождений в Закарпатье и Донбассе. Например, на Береговском, Кобылецко-Полянском и Раховском месторождениях свинцово-цинковых руд (Закарпатье) при разведке были извлечены вмещающие породы и руды, которые служат источником загрязнения. Последнее происходит не только за счет вымывания свинца атмосферными осадками и плоскостным сносом, но и за счет ветроподъема и аэропереноса, а также за счет использования населением вмещающих пород. Свинец образует ряд соединений в двух- и четырехвалентной формах. Для естественных соединений характерен двухвалентный свинец. Из органических соединений ценными являются соединения тетраэтилсвинца $Pb(C_2H_5)_4$ и тетраметилсвинца $Pb(CH_3)_4$. Это жидкости, обладающие высокими антидетонационными свойствами, которые используются в производстве бензина. Основные изменения геохимических полей свинца в геологической среде Украины происходят не за счет свинца аномальных концентраций, а за счет свинца, используемого в промышленности, и алкильных соединений, применяемых в автомобильном топливе. Алкильные соединения свинца гораздо более токсичны, чем металлический свинец или его неорганические соединения. Тетраэтилсвинец попадает в организм при дыхании, всасывается через кожу или желудочно-кишечный тракт. Биологическая активность свинца проявляется в его воздействии на кровотворную, нервную, желудочно-кишечную и почечную системы человека.

Цинк отмечается в парагенетической ассоциации со свинцом, иногда с медью, в тех же геохимических провинциях, что и свинец. Только в двух провинциях УЩ — Базавлукской и Северо-Западной — известны проявления цинка вне генетической связи со свинцом — скопления цинковой шпинели — генита. Цинк наравне со ртутью и кадмием, своими соседями по периодической системе химических элементов, является сильно летучим для тяжелых металлов. Он легко взаимодействует с кислотами, растворяется в сильных щелочах, вступает в реакции с галогенами, серой и другими неметаллами, легко реагирует с кислородом. Обладает высокой способностью к образованию комплексных соединений с органическими лигандами, что обуславливает его важное биологическое значение. Для организма человека цинка необходимо столько же, сколько и железа, и в десять раз больше, чем меди. Цинк часто отмечается в ассоциации с кадмием.

Цинк аномальных концентраций, имеющих на территории Украины, не оказывает какого-либо влияния на экологическую обстановку и на изменения геохимических полей. Эти изменения происходят за счет использования цинка при производстве резины, выплавке цинка, использовании цинкорганических соединений вместо алкилсвинца в бензине, а также в сельском хозяйстве при применении пестицидов на основе карбоната цинка.

Токсическое воздействие цинка проявляется на желудочно-кишечном тракте организма.

Кадмий отмечается в Карпатской, Донецкой, Базавлукской геохимических провинциях в виде изоморфной примеси в сфалерите, реже галените (Верховцевский район) в ассоциации с цинком и свинцом. Экологическое значение кадмия этих провинций невелико. Основные изменения геохимических полей и загрязнение геологической среды связано с использованием привозного кадмия. Применение кадмия в некоторых отраслях промышленности связано с его высокими антикоррозионными свойствами. Он используется в автомобильной промышленности, при производстве красителей, в качестве стабилизатора пластмасс.

О степени воздействия кадмия на организм человека можно судить

по печально известной истории загрязнения вод Минаматского залива в Японии и связанного с ним заболевания *itai-itai*. При воздействии паров кадмия на организм развивается рак предстательной железы. Продолжительное поступление кадмия в организм вызывает заболевание почек и костей. Кадмий — один из наиболее опасных элементов. Формирование ореолов аккумуляции кадмия в верхней зоне геологической среды отмечается в жилищно-промышленных агломерациях, вдоль транспортных магистралей и предприятий, использующих кадмий в технологическом процессе.

Ртуть известна в Карпатской, Донецкой, Припятской и Приднестровской геохимических провинциях Украины. Выделяются два типа ртутных ассоциаций. Первый — без каких-либо признаков связи с магматическими комплексами в Донецкой (Никитовское месторождение, Дружковское, Константиновское и Веровское проявления) и Приднестровской геохимических провинциях. Второй — генетически связан с проявлением неогенового вулканизма Карпатской геохимической провинции (Закарпатье). Для Донецкой провинции характерны ртутная, сурьмяно-ртутная и сурьмяная ассоциации. В Карпатской провинции выделены ртутно-свинцово-цинковая, собственно ртутная и мышьяково-сурьмяно-ртутная ассоциации. В Приднестровской и Припятской провинциях проявления ртути отмечаются в виде киновари в осадочных образованиях. Ртуть из первых двух провинций может вносить существенные изменения в экологическую обстановку и геохимические поля при добыче и переработке ртутных руд. Известные случаи, когда извлечение ртутных руд при геолого-разведочных работах (Оленевский, Дубриничский, Перечинский рудные районы Закарпатья) привело к обогащению донных отложений ручьев и рек в бассейнах Ужа и Латорицы киноварью за счет выноса из отвалов горных выработок и транспортировки руд. По результатам газортутных наблюдений в этих местах происходит загрязнение атмосферы ртутью за счет ее паров.

Естественные ртутные испарения — одна из экологических проблем ртутных провинций. Кроме ртути, попадающей в атмосферу из руд при их добыче и переработке, большие количества металла выделяются при землетрясениях по зонам разломов. Это явление может быть использовано для прогнозирования землетрясений при газортутном мониторинге в активных областях.

Ртуть — один из наиболее опасных металлов-загрязнителей. Значительные количества ртути выделяются в районах действия тепловых энергопредприятий при сжигании угля, нефти и газа. (В мировой практике известны случаи ртутного терроризма. Например, в 1978 г. в Израиле палестинцами были обработаны металлической ртутью апельсиновые сады).

Нормирование и регулярный контроль за содержанием ртути в среде обязательны во всех развитых странах.

Мышьяк, сурьма, селен — это токсические металлоиды. На территории Украины их аномальные концентрации отмечены в Базавлукской, Карпатской и Донецкой геохимических провинциях. Изменение геохимических полей мышьяка связано преимущественно с использованием в сельском хозяйстве мышьяксодержащих гербицидов, фунгицидов, инсектицидов, различных косервантов и стимуляторов роста — арсаниловой кислоты.

Поступление сурьмы в геологическую среду связано с использованием ее при изготовлении подшипников, аккумуляторов, взрывчатых веществ и боеприпасов, огнеупорных материалов, лаков и красок, резины, стекла, пигментов для стекольного производства.

Загрязнение геологической среды мышьяком происходит преимущественно на обрабатываемых землях, сурьмой — в жилищно-промышленных агломерациях.

Селен повсеместно распространен в земной коре. Накопление его происходит в осадочных породах. Используется он в электронной промышленности, при производстве нержавеющей стали и специальных медных сплавов.

Механизм токсикологического действия селена неясен. Его геохимия изучена слабо.

Молибден в рассеянном состоянии широко распространен в породах УЩ в генетической связи с процессами гранитизации. Его аномальные концентрации и отдельные рудопроявления отмечаются в ассоциациях, связанных с кварцевыми, кварц-полевошпатовыми, кварц-турмалиновыми прожилками и жилами в гранитах и мигматитах; с медью — в розовых гранитах; молибден-вольфрамовых — в кварцевых амфиболитах и окварцованных метабазитах; молибден-цезиевых с вольфрамом — в серых альбитовых гранитах. Среди пестроцветных образований Донецкой геохимической провинции установлены ассоциации молибдена с рением.

В Ташлыкской геохимической провинции известны проявления молибдена в ассоциации с вольфрамом (р. Мертвовод). Здесь же проявления молибдена установлены в серпентинитах (Липовеньковский участок). По р. Горному Тикичу отмечаются концентрации молибдена, связанные с пегматитовыми жилами.

В западной части УЩ известны проявления молибдена в ассоциации с медью, никелем, кобальтом, цинком, цирконием, оловом, лантаном и церием (Любарское и Остропольское проявления).

В Северо-Западной геохимической провинции молибден обнаружен в амфиболовых габбро, аплит-пегматоидных жилах, лептитах, гранитах с. Виры, установских гранитах, в Суцано-Пержанской зоне.

Молибден из геохимических провинций Украины экологических последствий вызывать не может. Его влияние вызвано использованием привозного металла и его соединений. Низковалентные формы молибдена характерны для металлургических соединений. Практическое значение имеет шестивалентный молибден. Химия молибдена весьма обширна. Он образует множество соединений с цианидами, радонидами и разными органическими хелатами. Используется в основном при производстве сталей, в химической промышленности в качестве катализаторов, для приготовления красок и пигментов, в сельском хозяйстве (удобрения).

Молибден имеет большое биологическое значение для жизнедеятельности растений и животных, важную роль играет в организме человека.

Загрязнение геологической среды и изменение геохимических полей молибденом происходит в жилищно-промышленных агломерациях, в районах развития металлургической промышленности, сельском хозяйстве, при производстве энергии.

Титан, ванадий, серебро широко развиты в рассеянном состоянии. Отмечаются аномальные концентрации, проявления и месторождения. Загрязнение геологической среды и изменения геохимических полей наблюдаются в районах добычи и переработки руд, использования металлов в производстве, строительстве, пищевой промышленности, при производстве энергии.

Влияние этих элементов на экологическую обстановку и организм человека весьма незначительно.

Бериллий установлен в Приазовской геохимической провинции в связи с пегматитами, в Северо-Западной — с пегматитами и метасоматитами, в Карпатской — с неогеновым вулканизмом. Известно семь минеральных форм: берилл, хризоберилл, фенакит, эвклаз, гентгельвин, бавенит и берtrandит. Наиболее богатые геохимические ассоциации

распространены в Северо-Западной геохимической провинции. Здесь известны аномальные концентрации, проявления и месторождения.

Для иллюстрации изменений геохимических полей геологической среды Украины под влиянием человека наиболее показателен бериллий. Извлеченные на поверхность при геолого-разведочных работах бериллиеносные породы и руды в Северо-Западной провинции использовались колхозами и совхозами как дешевый строительный материал для строительства дорог, мостов, зданий. В результате за последние 15—20 лет произошло загрязнение мелких рек северо-западной части УЩ, притоков р. Припяти. В настоящее время наблюдается накопление бериллия в илах и донных осадках рек Припяти, Днепра и каскада его водохранилищ. Эти обстоятельства полностью исключили возможность применения некоторых методов и критериев для поисков в упомянутых районах месторождений бериллия, свинца, олова и др. Аналогичная картина наблюдается и в других рудных районах, где были извлечены на поверхность породы и руды других металлов (Кривой Рог, Кировоград, Кременчуг, Предкарпатский прогиб, Закарпатье и т. д.).

Бериллий — легкоподвижный токсический элемент. В организме человека он разносится по всем органам и тканям в виде связанного белком коллоидного фосфата. Металл влияет на метаболизм белков и нуклеиновых кислот, что приводит к развитию онкологических заболеваний.

Широко известно заболевание бериллиоз, вызываемое вдыханием пыли и контактом с металлом.

Скандий встречен в пироксенитах и габбро-лабрадоритах Приазовской и Северо-Западной геохимических провинций. Минералы-концентраты — пироксены и роговые обманки.

Скандий Украины не оказывает какого-либо воздействия на геохимическую обстановку геологической среды. Загрязнение ее может происходить только за счет привозного скандия. Его биологическое воздействие может проявиться в сочетании с иттрием и вызывать заболевания, схожие с «черповицким синдромом».

Теллур установлен во вторичных кварцитах Закарпатской субпровинции [1,2], в виде единичных пластинок на стенках трещин и кристалликов среди кварц-турмалиновых пород. Геохимические ассоциации и характер распределения изучены слабо.

Теллур используется в металлургической промышленности для улучшения технологических свойств сталей, в химической промышленности как катализатор при производстве взрывчатых веществ.

При попадании теллура в организм человека или животного повреждаются печень и почки. Экологическое воздействие может давать привозной теллур.

Таллий в Украине известен по результатам анализов вулканических пород, его распределение на территории страны не изучено. Данный элемент можно было бы не рассматривать, если бы на полях Украины не использовались таллийсодержащие пестициды.

Таллий полностью адсорбируется из пищи в организм человека и распределяется по всему телу. Он имеет кумулятивное действие и вызывает психические нарушения, что проявляется прежде всего у детей. Необходимо повсеместно запретить использование пестицидов на основе таллия.

В естественных геохимических полях кроме стабильных элементов отмечается повсеместное наличие как в рассеянном состоянии, так и в виде аномальных концентраций радиоактивных элементов — урана, тория, радия-226, радия-228 и продуктов их распада. Экологическое значение этих элементов до настоящего времени не изучено. В верхней зоне геологической среды их влияние оценивается радиационно-гигиени-

ческими критериями, определяемыми «Нормами радиационной безопасности, 1976—1987 гг». Однако в некоторых случаях (добыча и переработка руд, использование калийных удобрений, строительные материалы, водоснабжение, производство энергии) отмечается их существенное воздействие на геохимические поля, загрязнение среды обитания и формирование дозовых нагрузок на организм человека.

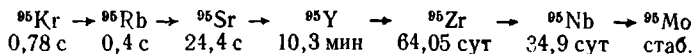
Кроме того, в техногенную эпоху широко проявились процессы формирования новых геохимических полей за счет искусственных химических элементов, в первую очередь радиоактивных. Со взрывом первой атомной бомбы в верхней зоне геологической среды начали формироваться поля цезия-137, цезия-135, цезия-134, стронция-89, стронция-90, плутония-238, плутония-239, плутония — 241, америция-239, америция-241, йода-129 и др. Процессы эти имеют глобальный характер и продолжаются в настоящее время. Кроме глобальных выпадений эти же элементы поступают в геологическую среду в связи с нормальной деятельностью предприятий ядерной энергии при плановых выбросах и сбросах.

Радиационное поле Земли на территории Украины до аварии на Чернобыльской АЭС (далее ЧАЭС) формировалось за счет вклада естественных элементов (урана, тория, радия-226, радия-228, калия-40 и продуктов их распада) и незначительного вклада искусственных радиоактивных элементов (цезия-137, стронция-90, плутония-239), связанных с глобальными выпадениями из атмосферы. В местах размещения предприятий ядерной энергетики создавался дополнительный вклад в местный фон за счет кобальта-60, марганца-54, железа-59, хрома-51, цезия-134, рутения-103, рутения-106, церия-141, церия-144, цинка-65 и др.

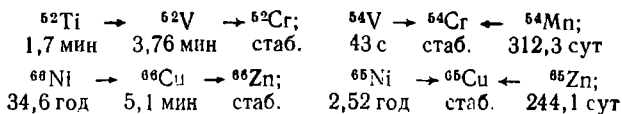
Уровень глобальных выпадений цезия-137 на территории Украины не превышал $2,1 \cdot 10^{-5}$ Ки/км². Концентрации цезия-137 в почвах достигали 0,3—1 нКи/кг. И только в Полесье и Украинских Карпатах отмечалось повышение регионального фона по цезию-137 до $n \cdot 10^{-12}$ Ки/кг. Уровень содержания радионуклидов в атмосферном воздухе составлял $0,9 \cdot 10^{-16}$ Ки/л. При проведении Китаем и Францией испытаний ядерного оружия в атмосфере этот уровень повышался до $n \cdot 10^{-15}$ — $n \cdot 10^{-14}$ Ки/л с последующим разбавлением до $n \cdot 10^{-16}$ Ки/л в течение одного-полутора лет.

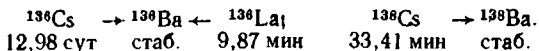
В районах АЭС наблюдалось повышение уровня радиационных полей до $4 \cdot 10^{-10}$ Ки/кг в почвах и $1 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг в хвойной растительности. Шло постепенное накопление радионуклидов в радиусе 15—50 км.

Изменение геохимических полей стабильных элементов при нормальной работе АЭС происходило за счет плановых выбросов радионуклидов и их превращений в процессе распада. Например, выброс в атмосферу радиоактивных благородных газов или короткоживущих радионуклидов, контроль за которыми не осуществляется или же они не улавливаются фильтрами технологической очистки, может приводить к накоплению стабильных изотопов молибдена, цинка, циркония, меди и других элементов. Для примера можно привести следующий распад:



или распад продуктов активации:





Аварии на атомных электростанциях (Челябинская, 1957 г.; Белоярская, 1964, 1979 гг.; Ленинградская, 1974, 1975 гг.; Чернобыльская, 1982 г.) приводят к резкому изменению геохимических полей и загрязнению геологической среды в радиусе нескольких сотен километров. При расплавлении конструкций реактора кроме радионуклидов в геологическую среду выбрасываются и элементы, из которых состоят эти конструкции.

Чернобыльская авария 1986 г. по своему масштабу является уникальной ядерной катастрофой, радиус воздействия которой трудно оценить.

Изменение радиационных полей Украины произошло в результате аварийных выбросов в западном, юго-западном и южном направлениях. Они привели к формированию ореолов аккумуляции радионуклидов западного и южного следов радиоактивного облака. Изменения полей в южном направлении начались 30 апреля 1986 г., когда в атмосферу в этом направлении было выброшено 700—900 МВт теплового запаса четвертого реактора ЧАЭС. Высота выброса достигала 2—3 км. Прохождение максимума радиоактивного облака 30 апреля зарегистрировано в 7 ч 20 мин в с. Сухолучье, в 13 ч 30 мин в г. Киеве. Через 35 ч облако проходило над побережьем Черного моря (Румыния), достигло берегов Турции. Затем повышение активности отмечалось на территории Кувейта и других стран. На первых порах по мере движения произошло фракционирование элементов в облаке. Его нижняя кромка была обогащена цирконием-95, нептунием-239, церием-141, церием-144, стронцием-90. Поэтому высокие концентрации стронция-90 и цезия-137 в почвах характерны только для Киевской и частично для Черкасской областей.

В связи с высокими температурами в аварийном реакторе (по нашим оценкам, 2800 °С) радиоактивное облако южного выброса было обогащено тяжелыми металлами испаряющихся металлоконструкций реактора (цирконий, марганец, ванадий, хром) и материалов, забрасываемых в реактор для прекращения реакции (магний, алюминий, бор, свинец, литий, кадмий и др.). Последующее выпадение этих элементов на земную поверхность привело к изменениям геохимических полей и загрязнению территорий на значительном удалении от ЧАЭС.

На период стабилизации фона (Д+15; 10 мая 1986 г.) площадь загрязнения Украины радиоактивными элементами и тяжелыми металлами превысила 180 тыс. км². Последующее рассеяние элементов в атмосфере и их выпадение на поверхность привело к загрязнению почвенного покрова и открытых водоемов значительной части Украины, кроме Тернопольской, Хмельницкой, Полтавской, Харьковской, частично Львовской и Ивано-Франковской областей. Концентрации радиоактивных элементов в почвах увеличились на три-пять порядков и закономерно уменьшались по мере удаления от ЧАЭС.

В Черкасской обл. концентрации цезия-137 в почвах изменяются от 13—15 Ки/кг до 646 нКи/кг; стронция-90 — достигают 2,4—38 нКи/кг. Отмечены отдельные площади (с. Лысянка), где концентрации стронция-90 в почвах достигают 2,6—3,0 Ки/км². Повышенные концентрации стронция-90 характерны для Корсунь-Шевченковского (0,1 Ки/км²), Шполянского (0,16 Ки/км²), Городищенского (0,18 Ки/км²), Каневского (0,45 Ки/км²) районов.

В Одесской обл. концентрации цезия-137 в почвах составляют 1,8 нКи/кг. Распределение его по области равномерное. Содержание стронция-90 достигает 2,8 нКи/кг.

В почвах Винницкой обл. концентрации цезия-137 составляют

24—65 нКи/кг, здесь выделены ореолы с плотностью загрязнения до 5 Ки/км².

В Николаевской, Днепропетровской, Кировоградской областях концентрации цезия-137 и цезия-134 на три-четыре порядка превышают региональный фон.

В Харьковской, Полтавской, Тернопольской и Хмельницкой областях отмечается незначительное (на один-полтора порядка) превышение концентраций радионуклидов в почвах над глобальным фоном ($n \cdot 10^{-12}$ — $n \cdot 10^{-11}$ Ки/кг).

Существенное превышение над фоновыми значениями отмечено в Донецкой и частично Луганской областях, где установлены ореолы аккумуляции с содержанием цезия-137 в почвах 1—3 Ки/км². Распределение элементов равномерное.

Для почв Крыма характерно почти полное отсутствие цезия-144 и стронция-90, что позволяет связывать загрязнение почв с разрывом радиоактивного облака, рассеянием радионуклидов в атмосфере и последующим выпадением. Концентрации цезия-137 увеличивались здесь по сравнению с глобальными выпадениями на три порядка.

Не менее важна миграция радионуклидов с поверхностными водами. Авария и взрыв на ЧАЭС привели к тому, что часть воды первого контура попала в ливневую канализацию. При ликвидации пожара и дезактивационных работах 26—29 апреля 1986 г. значительное количество радионуклидов было смыто водой в ливневую канализацию и сброшено в р. Припять. 30 апреля в 8 ч в водохранилище в районе с. Сухолучья активность воды по цезию-137 составляла $n \cdot 10^{-5}$ Ки/л. В 12 ч радиоактивная вода была зафиксирована у плотин Киевской ГЭС, в 70 км от устья р. Припяти, и прошла далее вниз по р. Днепру до Днепровского лимана. В этом лимане (на мелководье) в донных осадках установлены цезий-137, цезий-134, цирконий-95, церий-144 и другие в концентрациях $n \cdot 10^{-9}$ — $n \cdot 10^{-8}$ Ки/кг.

Кроме радиоактивного загрязнения, геохимическими исследованиями 1986—1989 гг. установлено широкое развитие ореолов химического загрязнения тяжелыми металлами, выброшенными в результате испарения конструкций четвертого реактора, и материалов, использовавшихся при засыпке поврежденного реактора. В почвах на территории Киевской, Житомирской, Черниговской, Черкасской и других областей отмечены ореолы аккумуляции свинца, марганца, ванадия, циркония. В некоторых районах их концентрации превышают предельно допустимые для почв. Масштабы химического загрязнения могут быть значительными, так как при засыпке было использовано более 4 тыс. т материалов, в том числе свинца, бора, лития, песка, глины, доломита.

Представленные изменения геохимических полей и геологической среды в целом позволяют выделить следующие главные источники загрязнения литосферы, гидросферы и биосферы: 1) промышленное производство; 2) жилищно-промышленные агломерации; 3) сельское хозяйство; 4) топливно-энергетический комплекс; 5) транспорт.

1.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ

Геоструктурные и геоморфологические особенности современного ландшафта и литосферы (в целом геологической среды) во многом определили сложившуюся в народном хозяйстве Украины инфраструктуру и неравномерность распределения плотности населения. Наибольшие значения (в равной мере и техногенной нагруженности площадей) характерны для равнинных территорий по сравнению с горноскладчатыми районами.

Территория Украины характеризуется сложными и разнообразными природными и инженерно-геологическими условиями. Многие районы относятся к категории техногенно нагруженных. Воздействия различных отраслей промышленности, сельского хозяйства, жилищного строительства, закрытой и открытой разработки месторождений полезных ископаемых на единицу площади в 10—15 раз выше аналогичных показателей в других регионах. Дальнейшее неконтролируемое и неуправляемое развитие и воздействие хозяйственного комплекса на природные объекты уже в ближайшем будущем может привести к необратимым изменениям среды обитания человека.

Наибольшее преобразование испытывают верхняя часть литосферы, атмосфера и гидросфера, трансформируется или уничтожается основа продуктивного ландшафта — почвенный покров. Например, только в Криворожском железорудном бассейне под карьерами и шахтами находится более 30 тыс. га. В Украине под разработку полезных ископаемых отведено до 150 тыс. га, хвостохранилищами занято 40 тыс. га, полями фильтрации и прудами (отстойниками) — 30 тыс. га.

Все большую остроту приобретают вопросы полноты использования природных ресурсов, вовлекаемых в хозяйственный оборот. Сегодня твердые отходы составляют 1,5 млрд т/год, в отвалах их накоплено свыше 10 млрд т, а для их складирования занято более 230 тыс. га плодородных сельскохозяйственных земель. Кроме того, в водные объекты ежегодно сбрасывается 20 млрд м³ сточных вод (в том числе 3,2 млрд/м³ загрязненных).

Принимая во внимание кризисное экологическое состояние природно-ресурсного потенциала и его сдерживающее (ограничивающее) влияние на дальнейшее социально-экономическое развитие, в основу стратегии развития Украины необходимо положить социально-экологическую концепцию развития производительных сил и природопользования.

Региональная оценка техногенной нагруженности территории Украины осуществляется впервые. Сложность ее состоит в том, что до настоящего времени отсутствуют нормативы допустимой техногенной нагруженности территории, показатели потенциальной способности природной (геологической) среды к самовосстановлению.

1.3.1. Характеристика территориальной структуры землепользования

По совокупности различий физико-географических условий земельный фонд Украины в системе земельного кадастра делится на семь зон.

Полесье — северные районы Волынской, Ривненской, Львовской, Житомирской, Киевской, Черниговской и Сумской областей.

Лесостепь — южные районы Волынской, Ривненской, Житомирской, Киевской, Черниговской и Сумской областей, восточные районы Ивано-Франковской и Черновицкой, центральные районы Львовской обл., Тернопольская, Хмельницкая, Винницкая, Черкасская и Полтавская, северные районы Кировоградской и Харьковской областей.

Северная и центральная степь — южные районы Харьковской и Кировоградской областей, Луганская, Донецкая и Днепропетровская, центральные районы Одесской и северные районы Николаевской, Запорожской и Херсонской областей.

Южная степь — южные районы Одесской, Николаевской, Херсонской и Запорожской областей, а также северная (предгорная) часть Крыма.

Горные районы Крыма — южная часть Крыма.

Горные и предгорные районы Украинских Карпат — западная часть

Львовской, Ивано-Франковской и Черновицкой областей, а также северо-восточная часть Закарпатской обл.

Низинная часть Украинских Карпат — юго-западные районы Закарпатской обл.

Зональные различия рельефа, климата, гидрологических, гидрогеологических и почвенных условий определили особенности территориального распределения земель и структуру земельного фонда. В основе деления земельного фонда лежит целевое использование. Выделяются земли: сельскохозяйственного назначения; населенных пунктов (города, поселки городского типа, населенные пункты сельского типа); промышленного назначения; относящиеся к зонам отчуждения под линейные сооружения (железные и шоссейные дороги, автострасы и пр.); государственного лесного фонда; государственного водного фонда; государственного запаса.

На территории Украины земли сельскохозяйственного назначения составляют 70 % земельного фонда, угодья государственного лесного фонда — около 16, земли населенных пунктов — 7,7, причем 4/5 этой категории составляют земли сел, преимущественно используемые под приусадебные участки, земли промышленности, транспорта — около 3, водного фонда — 4 %.

В отличие от отраслевых показателей, отражающих в одних случаях использование земли — основного средства производства, а в других — территориального базиса, общересурсные показатели призваны раскрыть использование земли как природного ресурса.

Среди ландшафтообразующих элементов наиболее распространены сельскохозяйственные угодья, леса, урбанизированные, а также занятые водой территории. Их удельный вес в общей земельной площади в наибольшей степени характеризует использование земли как ресурса в целом. Однако максимальные значения того или другого показателя считаются признаками наиболее полного использования земельного фонда, хотя при этом игнорируются нормы нагрузки на ландшафт, а также необходимость определения оптимального соотношения землепользования.

Количественные показатели приведенных нормативов должны базироваться на таких предельно допустимых уровнях техногенного воздействия, которые не вели бы к нарушению социально-экономических и самовосстановительных функций ландшафта, не вызвали бы негативных изменений его свойств.

Наиболее исследованы вопросы определения нормативов оптимальной лесистости. Что же касается нормативов других видов землепользования, то они рекомендованы лишь для отдельных территорий. Так, для подзоны смешанных лесов рекомендуется следующее распределение: пахотные угодья — 24 %, естественные пастбища — 33, леса — 31, урбанизированные и индустриальные территории — 7, прочие земли — 5 %.

Общая эффективность использования земли определяется сравнением индивидуальных показателей, отражающих характер землепользования и соответствующих экологически оптимальных нормативов. Показатели использования земельного фонда различны по зонам и областям, административным районам Украины. Наивысшую сельскохозяйственную освоенность (табл. 1.4) имеют земли Запорожской, Кировоградской и Николаевской областей (индекс освоенности 0,84). Высокий уровень в Днепропетровской, Донецкой, Винницкой, Одесской, Полтавской, Тернопольской, Харьковской и Хмельницкой областях (выше 0,77). В то же время в Закарпатской и Ивано-Франковской областях сельскохозяйственная освоенность самая низкая (0,38—0,46).

Пахотные земли наиболее подвержены хозяйственной деятельности.

Таблица 1.4. Характеристика

Область	Общая зем- ельная площадь, тыс. га	Индекс			
		с.-х. ос- военности	распа- ханности	лесистос- ти	урбани- зации
Винницкая	2651,4	0,77	0,70	0,11	0,03
Волынская	2014,4	0,54	0,35	0,30	0,04
Луганская	2668,2	0,72	0,55	0,09	0,07
Днепропетровская	3192,3	0,80	0,68	0,03	0,08
Донецкая	2651,8	0,78	0,64	0,05	0,10
Житомирская	2982,7	0,57	0,45	0,32	0,04
Закарпатская	1275,3	0,38	0,15	0,49	0,04
Запорожская	2718,5	0,84	0,73	0,01	0,03
Ивано-Франковская	1392,7	0,46	0,31	0,41	0,06
Киевская	2893,6	0,62	0,52	0,21	0,06
Кировоградская	2458,8	0,84	0,76	0,04	0,03
Крым	2694,5	0,68	0,45	0,10	0,08
Львовская	2183,1	0,60	0,40	0,27	0,08
Николаевская	2458,5	0,84	0,71	0,02	0,04
Одесская	3331,3	0,77	0,63	0,04	0,04
Полтавская	2875,0	0,77	0,65	0,07	0,04
Ривненская	2005,1	0,47	0,33	0,36	0,04
Сумская	2104,8	0,74	0,60	0,16	0,03
Тернопольская	1382,4	0,77	0,70	0,13	0,04
Харьковская	3141,8	0,77	0,64	0,10	0,05
Херсонская	2846,1	0,69	0,62	0,03	0,03
Хмельницкая	2062,9	0,77	0,68	0,12	0,04
Черкасская	2091,6	0,70	0,63	0,14	0,03
Черновицкая	809,6	0,59	0,43	0,29	0,05
Черниговская	3191,3	0,68	0,49	0,19	0,04
Всего	60355,0	—	—	—	—
Среднее		0,70	0,57	0,14	0,05

Примечание. В графе «Суммарный индекс» не учитывается индекс распа-

От уровня распаханности земель зависит устойчивость ландшафтов к эрозийным, дефляционным и другим неблагоприятным процессам. Самый высокий уровень распаханности земель в Кировоградской, Запорожской, Николаевской, Винницкой и Тернопольской областях (индекс более 0,70), а наиболее низкий — в Закарпатской, Ивано-Франковской, Ривненской, Волынской областях (менее 0,35).

Значительную техногенную нагрузку испытывают земли с интенсивными оросительными и осушительными мелиорациями. Наибольшие площади осушенных земель расположены в полесских и западных областях Украины (до 23 % всех земель), а орошаемых земель — в Крыму и Херсонской обл. (соответственно 14 и 16 % их земельного фонда).

Эродированность пашни зависит от уровня распаханности и уклонов территории, что подтверждается данными табл. 1.4.

По удельному весу урбанизированных и промышленных территорий соотношение максимального (Донецкая обл.) и минимального (Винницкая, Кировоградская, Сумская, Черкасская и другие области) показателей более чем трехкратное. Наибольший суммарный индекс

землепользования в Украине

Суммар- ный ин- декс	Эроди- рованная пашня, %	Пашни с уклонами 2—10°, %	Площади городов и пгт, %	Площади под во- дой, %	Орошаемые площади, %	Осушенные земли, %
0,91	33,8	33,3	0,8	1,7	2,3	2,0
0,88	19,5	11,8	0,8	2,3	—	20,2
0,88	62,7	41,1	5,8	0,8	3,8	0,4
0,91	39,9	34,6	3,8	5,1	7,9	—
0,93	55,2	36,4	6,9	1,6	7,6	0,2
0,93	3,6	3,7	0,9	1,5	—	13,7
0,91	22,2	18,3	1,2	1,4	0,4	14,2
0,88	31,7	21,1	1,3	6,7	10,0	—
0,93	22,6	25,3	2,4	1,7	0	14,0
0,89	9,4	8,5	3,4	5,8	4,0	6,6
0,91	44,9	33,1	0,8	3,0	2,2	—
0,86	12,3	8,6	2,3	8,1	14,1	—
0,95	24,6	28,3	2,2	2,0	—	23,3
0,90	39,1	19,5	0,8	5,3	7,7	—
0,85	44,2	39,8	0,8	6,4	7,3	0,2
0,89	12,5	9,5	1,0	5,2	1,9	1,3
0,87	18,9	18,6	0,6	2,1	0	18,6
0,93	14,6	13,5	1,6	1,5	1,0	4,9
0,94	28,4	35,1	1,1	1,5	0,8	11,8
0,92	40,3	41,6	2,1	1,9	3,8	0,4
0,75	6,6	6,6	0,5	15,2	15,8	—
0,93	34,5	41,3	0,8	1,9	0	5,5
0,87	23,7	20,9	0,9	6,6	3,1	2,1
0,93	41,9	51,9	2,3	2,3	1,0	14,6
0,91	2,5	2,8	0,9	2,1	0	9,0
—	—	—	—	—	—	—
0,89	29,2	24,4	1,9	4,0	4,3	5,3

Ханности.

(табл. I.4) в Львовской и Тернопольской областях — соответственно 95 и 94 %, в других — он несколько ниже, однако, как правило, не менее 85 %.

Наиболее высоким уровнем использования земель отличаются городские поселения Киевской, Херсонской и Черкасской областей. Самая низкая эффективность землепользования — в городах и поселках Ивано-Франковской, Луганской и Черновицкой областей. Причем уровень использования земель возрастает с увеличением населения города.

Анализ землепользования городов Днепропетровской и Донецкой областей показал, что при численности населения от 51 до 100 тыс. чел. площадь городских земель в расчете на одного жителя составляет 670 м², от 101 до 200 тыс. чел. — 530 м², от 201 до 500 тыс. чел. — 345 м², свыше 500 тыс. чел. — 270 м². Это объясняется более высокой плотностью жилого фонда в крупных городах в связи с повышенной этажностью жилой застройки.

Характер использования земель промышленными предприятиями и транспортными организациями предопределяется площадью застройки

территории, шламо- и хвостохранилищ и других отстойников, карьеров среди общей площади отведенных земель.

Развитие производительных сил Украины обуславливает постоянное расширение территорий для размещения промышленных предприятий, объектов энергетики, транспорта, добычи полезных ископаемых. Например, только за 1971—1980 гг. для этих целей отведено свыше 320 тыс. га земли.

В пользовании промышленных, транспортных и других предприятий находится около 2,0 млн га угодий, из них 19 % — в пользовании заводов, фабрик, электростанций и других промышленных предприятий, почти 12 % площади находится под железнодорожными и более 18 % — под автомобильными трассами.

Удельный вес площадей, используемых промышленными предприятиями, наиболее высок в нефтеперерабатывающей (около 45 %) и угольной (28 %) отраслях. Карьеры открытых разработок занимают от 2/5 до 1/2 площади предприятий местной промышленности (торфодобыча) и промышленности строительных материалов. Около 2/5 территории предприятий черной металлургии, энергетики и электрификации используется под отвалы, шламо- и хвостохранилища, пруды-охладители. На горнодобывающих предприятиях отвалы вскрышных и пустых пород занимают до 50 % их общей территории. Причем зачастую из-за отсутствия комплексных проектов добычи полезных ископаемых попутное сырье складывается в отвалах, увеличивая их площадь, а в других местах для добычи этого же сырья открываются новые карьеры. Доля площади под застройкой и инженерными коммуникациями среди земель промышленности не превышает 15 % общей площади.

Около 61 % территории, занятой автострадами и железнодорожным транспортом, используется под полотно дорог и дорожные сооружения, 24 % — под защитные лесонасаждения, 3 % — занято постройками.

Земельные угодья сельскохозяйственного назначения подвержены разнообразным воздействиям. Вспашка, применение удобрений, ядохимикатов, выпас скота, осушение, орошение, известкование, гипсование, использование большегрузной сельскохозяйственной техники, деятельность животноводческих комплексов, ферм, перерабатывающих предприятий и т. д. определяют такие неблагоприятные процессы и явления, как эрозия, дефляция, переуплотнение, нарушение почвенной структуры, иссушение, переувлажнение, подтопление, заболачивание, нарушение баланса химических элементов, загрязнение, нарушение режима водного стока в реки и др.

Несельскохозяйственная деятельность также оказывает неблагоприятные воздействия. Сюда относятся — изъятие земель, берегообрушение, загрязнение твердыми, жидкими и атмосферными отходами и выбросами, а также электромагнитное и радиационное воздействия, интоксикация и т. д.

Поэтому чрезвычайно важны, наряду с дальнейшей разработкой методов борьбы с процессами деградации почв, специальные исследования вопросов оптимального соотношения видов землепользования, при которых согласовывались бы экономические и экологические интересы. Нормативы сельскохозяйственной освоенности, лесистости, уровня урбанизированных и промышленных территорий должны определяться по зональному принципу, т. е. учитывать конкретные условия и особенности природных процессов, техногенных воздействий в каждом районе. Моделирование нормативов сельскохозяйственной освоенности базируется в основном на особенностях почвенного покрова, рельефа, гидрологических и климатических условий, а лесистости — на защитных и

водорегулирующих функций леса. Нормы уровня урбанизированных и индустриальных территорий определяются главным образом допустимыми величинами нарушения компонентов ландшафта, неблагоприятного влияния на почвы, водные источники, леса и др.

1.3.2. Территориальная концентрация водопользования

Процесс водопользования отражает интеграцию системы *производительные силы — водные ресурсы* на конкретной территории и лежит в основе производственной и непроизводственной деятельности людей. Удовлетворение потребностей общества в водных ресурсах осуществляется на основе рационального комплексного использования, предохранения их от истощения путем воспроизводства для водоснабжения, нормальной жизнедеятельности людей и других биологических организмов.

В Украине водопользование осуществляется в ходе производственно-экономического и социального комплексобразования на основе таких принципов, как структурная его организация в масштабе республики с решением соответствующих проблем в конкретных регионах, с учетом взаимосвязи водопользования с функционированием сельскохозяйственных и производственно-территориальных комплексов.

Региональные составляющие водопользования являются частью водохозяйственного комплекса республики. Поэтому концентрация, масштабы развития и их специализация должны определяться природной водообеспеченностью данного района с учетом территориального разделения труда и обеспечения рационального и охранного режима водопользования. Это обуславливает необходимость определения масштабов развития отраслей-водопользователей с позиций предельно допустимых нагрузок на водные объекты. Техногенное влияние локальных структур водопользования распространяется на значительные расстояния по длине водотоков. Следовательно, необходимо рассматривать водосберегающие и водоохранные мероприятия отдельных водопользователей как часть соответствующих мероприятий всего речного бассейна.

По характеру и направлению экономического и социального развития регионов соответственно формируется территориальная концентрация водопользований: на урбанизированных территориях (земли городских населенных пунктов и промышленности) и на территориях сельскохозяйственного назначения (орошаемые земли, сельские населенные пункты). Изучение и оценка территориальной концентрации водопользований с учетом количественных и качественных показателей состояния водно-ресурсного потенциала должны быть базой для выработки решений по уменьшению техногенных нагрузок на водные ресурсы, совершенствованию территориальной организации водопользования. Научное обоснование территориальной организации водопользования предусматривает:

- анализ состояния водных ресурсов и роли их в обеспечении коммунальных, производственных и сельскохозяйственных потребностей;
- технико-экономический анализ территориальной организации производства;
- изучение возможного воздействия на водные объекты (анализ вариантов развития хозяйства);
- прогноз изменения состояния водно-ресурсного потенциала;
- разработку водосберегающих и водоохранных мероприятий, направленных на предотвращение ухудшения состояния водно-ресурсного потенциала по мере развития хозяйства региона.

Особенности территориальной концентрации водопользования во

Таблица 1.5. Территориально-отраслевая структура

Область	Товарная продукция промышленности	Общее водопотребление		Энергетика	Черная металлургия
		Полное	В т. ч. свежей		
Винницкая	2,6	2,3	10,0	14,8	—
Волинская	1,2	0,2	0,2	0,02	—
Днепропетровская	11,1	17,6	17,3	16,1	34,0
Донецкая	12,9	21,6	14,5	6,7	54,3
Житомирская	2,2	0,5	0,6	0,02	0
Закарпатская	1,5	0,1	0,2	0,01	—
Запорожская	6,0	11,7	23,1	33,0	7,6
Ивано-Франковская	2,1	4,8	0,9	0,7	—
Киевская	9,3	9,4	15,9	23,0	0,1
Кировоградская	1,9	0,5	0,5	0,1	0,08
Крым	3,1	1,0	1,7	0,9	1,7
Луганская	7,0	7,6	4,3	2,8	2,0
Львовская	5,3	2,0	1,2	0,3	—
Николаевская	2,2	2,4	1,0	0,7	—
Одесская	3,9	0,6	0,9	0,5	0,04
Полтавская	3,5	2,0	0,7	0,08	—
Ривненская	1,6	4,6	0,8	0,7	—
Сумская	2,7	1,1	0,7	0,05	0
Тернопольская	1,5	0,3	0,2	0	—
Харьковская	7,4	5,1	1,9	1,6	0,04
Херсонская	2,2	0,4	0,4	0,07	—
Хмельницкая	2,2	1,7	0,6	0,4	—
Черкасская	2,6	1,7	0,9	0,1	0,04
Черновицкая	1,2	0,1	0,2	0,8	0
Черниговская	2,4	0,6	0,9	0,02	—
Всего, %	100	100	100	100	100
10 ⁶ м ³	158 251,2*	79 934	15 464	9896	2385

* В млн руб.

многим обуславливают региональное размещение промышленного и сельскохозяйственного производства (табл. 1.5 и 1.6). Уровень концентрации предопределяют объемы водопользования, приходящиеся на единицу площади. На основе анализа обобщенных статистических данных государственного учета использования вод нами выявлены региональные особенности размещения промышленного, сельскохозяйственного и хозяйственно-бытового водопользования и их территориальная концентрация.

1.3.3. Концентрация водопользования на урбанизированных территориях

Следствием урбанизации является вовлечение в хозяйственный оборот на ограниченной территории большого количества воды. Водопотребление в городах Украины составляет около 1700 л/сут на одного городского жителя, в том числе 370 л — на хозяйственно-бытовые потребности. В районах интенсивного промышленного производства, раз-

промышленного водопотребления в Украине, %

Свежей воды в отраслях промышленности

Цветная металлургия	Химическая и нефтехимическая	Машиностроение и металлообработка	Лесная деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная	Пром-стройматериалов	Легкая	Пищевая
—	0,7	2,1	0	2,4	0	9,8
—	0,1	1,1	0,8	2,4	5,2	2,2
22,7	9,0	6,6	1,6	7,6	6,0	4,8
5,3	9,0	15,2	0,8	19,0	12,9	4,0
10,7	0,8	1,3	15,1	3,8	6,0	4,3
—	0	1,3	6,3	0,9	1,7	0,8
45,3	0,7	5,9	0,8	4,8	0,9	2,2
—	5,5	1,2	4,0	0,9	5,2	1,2
—	4,4	7,1	14,3	9,5	10,3	5,4
8,0	0	1,6	0	7,1	0	4,7
—	9,0	1,3	0,8	2,4	0,9	4,5
1,3	23,8	15,5	0,8	5,7	3,4	2,3
—	9,5	3,6	21,4	3,8	5,2	3,6
—	0	7,9	0	3,3	3,4	2,6
—	1,2	3,6	7,1	2,9	2,6	6,8
—	5,0	2,6	0	1,9	2,6	5,3
—	4,4	1,2	5,6	4,3	4,3	2,2
—	5,8	1,6	0	0,9	1,7	5,3
—	0	0,7	0	0,5	5,2	3,4
—	1,1	9,4	2,4	5,7	5,2	4,8
—	0	3,3	11,9	1,9	5,2	2,2
—	—	2,1	4,8	4,8	0,9	4,7
—	8,2	2,1	0,8	1,4	4,3	7,0
—	1,6	0,7	0,8	0,9	1,7	2,6
—	0,1	0,7	0,8	0,5	6,0	3,6
100	100	100	100	100	100	100
75	757	607	126	210	116	543

вития энергетики и других отраслей этот показатель достигает 6000—8000 л/сут на одного городского жителя.

В настоящее время в Украине насчитывается 436 городов, в том числе два — республиканского, 143 — областного и 291 — районного подчинения. Около 90 % их общего количества составляют малые и средние города. В пяти городах (мегаполисах) республики — Киеве, Днепрпетровске, Одессе, Донецке и Харькове — численность населения превышает 1 млн чел. К очень большим городам с населением свыше 500 тыс. чел. относятся Запорожье, Львов, Кривой Рог, Мариуполь, Луганск, Николаев. Кроме того, в Украине находятся еще 31 больших, 41 средних и 350 малых городов, а 4755 тыс. городского населения проживает в 927 поселках городского типа (пгт).

Закономерное развитие городов связано с повышением интенсивности хозяйственного использования территории. Так, при увеличении за 1959—1990 гг. численности городского населения на 80 % территория городов и поселков городского типа возросла лишь на 38 %, а площадь земель в расчете на одного жителя сократилась с 429 до 329 м² (или в 1,3 раза).

Таблица 1.6. Территориальная (межобластная)

Область	Население			Объем используемой воды		
	Всего	Город- ское	Сельское	Полное водопо- требление	В том числе	
					Свежей	Мор- ской
Винницкая	3,7	2,5	6,3	2,3	6,5	0
Волинская	2,1	1,5	3,2	0,3	0,6	0
Днепропетровская	7,5	9,3	3,8	16,3	12,4	0
Донецкая	10,3	13,9	3,0	19,5	11,5	78,2
Житомирская	3,0	2,4	4,2	0,6	1,0	0
Закарпатская	2,4	1,5	4,4	0,3	0,4	0
Запорожская	4,0	4,6	2,9	10,8	15,1	0,4
Ивано-Франковская	2,7	1,7	4,8	4,2	1,0	0
Киевская	8,8	10,5	5,2	8,8	11,2	0
Кировоградская	2,4	2,1	2,9	0,6	0,9	0
Крым	4,7	5,0	4,3	3,5	8,7	15,6
Луганская	5,5	7,2	2,3	7,0	4,2	0
Львовская	5,3	4,7	6,5	2,0	1,8	0
Николаевская	2,6	2,5	2,7	2,6	2,6	0
Одесская	5,1	5,0	5,2	1,8	4,5	5,7
Полтавская	3,4	2,9	4,5	1,7	1,6	0
Ривненская	2,3	1,5	3,7	4,1	0,9	0
Сумская	2,8	2,6	3,2	1,1	1,0	0
Тернопольская	2,3	1,4	4,0	0,4	0,6	0
Харьковская	6,2	7,3	4,0	4,8	2,6	0
Херсонская	2,4	2,2	2,8	2,4	6,3	0,1
Хмельницкая	2,9	2,1	4,7	1,7	1,3	0
Черкасская	3,0	2,3	4,2	1,9	1,9	0
Черновицкая	1,8	1,1	3,2	0,2	0,4	0
Черниговская	2,7	2,2	3,9	0,7	0,9	0
Всего, %	100	100	100	100	100	100
10 ⁶ м ³	51 704*	34 591*	17 113*	95 872	29 885	1171

Примечание. В скобках — количество морской воды; звездочкой отмечены данные, приведенные в тыс. человек

Таблица 1.7. Водопотребление

Экономический район, природная зона	Количество городских поселений, шт	Площадь, км ²	Население, тыс. чел
Юго-Западный	155	2871	9665
Донецко-Приднепровский	72	4710	12 913
Южный	32	946	3896
Степь	82	4652	13 473
Лесостепь	86	2499	8911
Полесье	47	943	3108
Украинские Карпаты	44	433	982
Всего, % (от суммарного в Украине)	19	75	77

структура водопользования в Украине, %

Из них свежей воды на нужды					
Хозяйственно-бытовые	Производственные	Орошение регулярное	С.-х. водоснабжение	Прудовое рыбное хозяйство	Прочие
1,6	9,9	0,4	5,2	31,2	0
1,0	0,3	0	2,6	3,6	14,7
12,4	16,1	5,7	5,8	0	0
16,7	13,7 (78,9)	5,0	4,8	0	0
1,4	0,7	0	3,8	0	20,2
1,0	0,3	0	2,4	0	0
4,7	21,7 (0,4)	9,1	5,3	0	2,3
1,3	1,0	0	1,8	7,3	0
11,7	15,7	0,8	3,7	0	26,0
1,5	0,6	1,0	2,3	0	0
5,7	2,0 (15,6)	29,1	10,4	0	1,7 (100)
8,8	3,9	1,9	4,5	0	0
4,9	1,3	0	4,0	0,3	10,3
2,1	0,9	7,9	2,8	0	0
5,2	1,6 (5,7)	11,7	6,3	0	0
2,2	1,7	0,8	3,9	0	0
1,3	0,9	0	1,8	6,1	1,0
1,6	0,8	0	2,4	0	11,3
0,8	0,3	0	2,4	10,3	0
7,5	1,8	1,1	4,1	0	0
1,8	0,9 (0,1)	23,9	7,4	0	0
1,5	1,2	0	3,3	16,8	0
1,4	1,5	1,1	4,0	17,6	9,3
0,7	0,2	0	0,9	5,9	0
1,1	0,9	0	3,8	0,9	1,1
100	100 (100)	100	100	100	100 (100)
4604	16 639 (1168)	6293	1657	414	278 (3)

в городских поселениях

Объем используемой воды, млн м³			Безвозвратное потребление, млн м³	Сброс загрязнен- ных сточных вод, млн м³
Всего	В том числе на нужды			
	хозяйствен- но-бытовые	производствен- ные		
6149	1222	4822	983	327
10 271	2189	7879	1941	2147
1646	618	407	641	211
11 140	2342	7983	2343	1973
5912	1208	4603	938	445
773	385	376	209	169
241	94	146	75	98
60	88	85	35	93

В крупных городах и мегаполисах сосредоточена значительная часть промышленного потенциала республики, вследствие чего на них приходится основная часть производственного водопотребления.

Объем хозяйственно-бытового и производственного водопотребления (табл. 1.5 и 1.6) составляет 68 % общего объема в Украине. Причем основная его доля (60 %) сосредоточена в 225 городских поселениях. В таких городах сконцентрирован практически весь (93 %) объем сброса загрязненных вод. Последние составляют значительную часть сбрасываемых в речную сеть сточных вод (в Луганской обл. — 27 %, Львовской — 11, Ивано-Франковской — 44, Сумской — 37, Харьковской — 67, Днепропетровской — 30 %). Наибольший объем загрязненных стоков поступает с предприятий черной металлургии, химии и коммунального хозяйства.

Водопользование в 259 городских поселениях (по которым ведется водоучет), сгруппированных по экономическим районам и природным зонам, характеризуется данными табл. 1.7.

Донецко-Приднепровский экономический район (табл. 1.7) отличается наиболее высоким уровнем индустриального развития и является самым урбанизированным. Все городское население составляет 17,2 млн человек или 79 % его общей численности в районе. Только в 72 городах этого района используется $10,3 \text{ км}^3$ воды, в том числе $7,9 \text{ км}^3$ (77 %) на производственные нужды. Безвозвратное водопотребление здесь достигает $2,1 \text{ км}^3$, а сброс загрязненных сточных вод — 80 % их общего объема по городам Украины.

В Донецко-Приднепровском экономическом районе на 1 км^2 урбанизированной площади приходится от 1 до 4 млн м^3 используемой воды (табл. 1.8), а наибольший ее объем концентрируется в городах Энергодаре — 3264 млн $\text{м}^3/\text{год}$, Днепропетровске — 1977, Запорожье — 493, Кривом Роге — 433, Донецке, Мариуполе, Днепродзержинске, Луганске, Харькове — от 282 до 382 млн $\text{м}^3/\text{год}$.

В системе городского расселения Юго-Западного экономического района преобладают малые и средние города и поселки городского типа. В крупных городах — Киеве, Львове — проживает 28 % горожан района. К городам с населением от 250 до 500 тыс. чел. относится Винница (3 % городского населения района), а группа городов с численностью населения 100—250 тыс. чел. составляет только 5,5 % (Ивано-Франковск, Житомир, Ровно, Чернигов, Черкассы, Черновцы, Белая Церковь, Хмельницкий, Луцк, Тернополь). В основную группу (85 %) входят малые города (менее 50 тыс. чел.) и поселки городского типа, в которых проживает 43 % горожан района. На города этого района приходится 34 % общего объема водопотребления в рассмотренной группе (табл. 1.7). Соотношение объемов используемой воды на хозяйственно-бытовые и производственные нужды аналогично таковому описанного выше района, а безвозвратный водоотбор составляет 16 % всего объема водопользования.

К городам, где сосредоточено наибольшее водопотребление, относятся Украинка ($1,5 \text{ км}^3$) в Киевской обл., Ладыжин ($1,5$) в Винницкой обл., Киев ($1,1 \text{ км}^3$), в которых размещены крупные объекты энергетики, а также Львов (159 млн м^3), Чернигов (131) и Черкассы (131 млн м^3). На урбанизированной площади территориальная концентрация характеризуется величинами от 104—167 тыс. $\text{м}^3/\text{км}^2$ в Волынской, Житомирской, Черниговской и Черновицкой областях до 1583—1867 тыс. $\text{м}^3/\text{км}^2$ в Киевской и Винницкой областях (табл. 1.8).

В Южном экономическом районе насчитывается 51 город и 139 поселков городского типа. Основная часть городского населения сосредоточена в индустриальных центрах и портах — Одессе, Николаеве, Херсоне, Симферополе, Севастополе, в которых проживает 2,7 млн чел., или 69 % общей численности всего городского населения. Городской

производственный комплекс района характеризуется высоким уровнем развития машиностроительной, химической, легкой и пищевой промышленности и развитым курортным хозяйством. На долю Южного района приходится 11 % валовой промышленной продукции республики.

В городах Южного района потребляется 1,6 км³ воды. Соотношение водопользований здесь резко изменяется в направлении большей

Т а б л и ц а 1.8. Территориальная концентрация водопотребления

Область	Объем водозабора, млн м ³		Объем используемой воды, млн м ³		Территориальная концентрация водопотребления, тыс. м ³ /км ²		
	Всего	В том числе подземных вод	Всего	В том числе подземной	Общего водозабора	Хозяйственно-бытового и производственного	Сельскохозяйственного
Винницкая	1902	112	1894	109	71,7	1867	69
Волынская	204	124	187	106	10,1	104	55
Луганская	1606	913	1261	613	60,2	462	141
Днепропетровская	4457	208	3599	146	139,6	1111	115
Донецкая	3150	673	2517	245	118,8	1061	144
Житомирская	301	105	282	89	10,1	125	44
Закарпатская	157	89	144	82	12,3	194	34
Запорожская	4699	147	4598	126	172,8	4239	207
Ивано-Франковская	304	77	289	72	21,8	286	37
Киевская	3278	287	3224	274	113,8	1583	32
Кировоградская	407	149	270	79	16,6	184	69
Крым	3757	258	2754	251	139,4	222	431
Львовская	564	374	552	332	25,8	242	31
Николаевская	1124	61	786	61	45,7	226	191
Одесская	2533	120	1253	118	76,0	318	192
Полтавская	485	182	478	187	16,9	366	46
Ривненская	280	121	268	109	14,0	264	44
Сумская	286	155	281	149	13,6	241	37
Тернопольская	185	101	183	99	13,4	200	58
Харьковская	736	177	785	168	23,4	372	60
Херсонская	2722	318	2160	318	95,6	173	357
Хмельницкая	366	129	363	129	17,7	302	77
Черкасская	579	131	563	120	27,7	442	90
Черновицкая	119	38	109	34	14,7	167	36
Черниговская	294	153	285	144	9,2	153	49
Всего	34 495	5200	29 083	4160	—	—	—
Среднее	—	—	—	—	57,1	620	150

его доли на хозяйственно-бытовые (37 %) и меньшей на производственные (25 %) нужды. Территориальная концентрация водопользования на урбанизированной площади района находится в пределах 173 (Херсонская обл.) — 318 тыс. м³/км² (Одесская обл.). Наиболее высокая территориальная концентрация водопользований в степной и лесостепной зонах, а в Полесье и Украинских Карпатах она в 3—4 раза меньше.

Таким образом, сложившаяся структура расселения и промышленного комплекса Украины обусловила исключительно высокую террито-

риальную концентрацию хозяйственно-бытового и производственного водопользования, сосредоточенную техногенную нагрузку урбанизированных территорий на природные (в частности, водные) объекты. Городские поселения стали ареалом наибольшего сосредоточения острых водохозяйственных и экологических ситуаций, которые в конечном счете отражаются на здоровье населения, эффективности труда, быте и отдыхе, наносят значительный материальный ущерб народному хозяйству.

1.3.4. Территориальное распределение сельскохозяйственного водопользования

Украина — благоприятный для сельского хозяйства регион, характеризующийся определенными региональными различиями. Размещение ее в четырех зонах (степь, лесостепь, Полесье и Украинские Карпаты) обусловило неодинаковое развитие сельскохозяйственного производства. Наиболее оптимальные условия в лесостепной зоне. В других зонах природные условия без искусственного улучшения (без регулирования водно-воздушного режима почв) не обеспечивают высоких и устойчивых результатов сельскохозяйственного производства.

В структуре сельскохозяйственных угодий 34,4 млн га занимают пахотные земли, а их состав и виды использования определяются природными условиями. Например, для Полесья характерны повышенная лесистость и заболоченность, наиболее высокий удельный вес естественных кормовых угодий, наименьшая распаханность по сравнению с другими зонами. В степных и лесостепных районах значительно выше сельскохозяйственная освоенность территории и распаханность. Так, в лесостепи удельный вес пашни составляет 85,4 %; здесь соответственно меньше лугов и пастбищ.

Сельское хозяйство относится к ведущим водопотребителям среди отраслей народного хозяйства по общим и особенно по безвозвратным изъятиям воды из природных объектов. Вода используется для орошения, обводнения и увлажнения земель, водоснабжения животноводческих ферм и комплексов, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции, для сельских населенных пунктов, а также прудового рыбного хозяйства. Наибольшее количество (61—67 %) воды в сельском хозяйстве расходуется на орошение земель (табл. 1.9).

Таблица 1.9. Структура использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Украины, млн м³

Год	Всего	В том числе на нужды						Безвозвратное потребление и потери воды
		хозяйственно-бытовые	производственные	орошение	с.-х. водоснабжение	прудовое рыбное хозяйство	другие	
1985	11 392	22,0	1913	7396	1606	4551	0	9882
1986	12 257	25,9	1448	8217	1655	713	199	11 417
1987	11 073	26,3	1407	7095	1613	726	205	9249
1988	9914	23,8	1417	6072	1583	645	174	8135
1989	10 300	26,6	1691	6270	1633	411	267	8793
1990	10 894	28,0	1623	6929	1677	403	232	10 029

Сельское хозяйство Украины характеризуется высокой территориальной дифференциацией не только по землеемкости, трудоемкости, материалоемкости, фондоемкости, но и по уровню водопотребления, причем такое водопотребление значительно различается по областям.

Общее сельскохозяйственное водопотребление, включая использование воды на эти нужды во всех отраслях народного хозяйства, в 1990 г. составило 10,9 км³. Из них 64 % пошло на орошение, 15 % — на обеспечение сельского населения и столько же на производственные нужды аграрного сектора.

Орошаемые земли занимают площадь 26,6 тыс. км², или 4,4 % земельного фонда Украины. Площадь сельских населенных пунктов, в которых осуществляется практически все хозяйственно-бытовое, производственное и рыбохозяйственное водопотребление, составляет 37,0 тыс. км², или 6,1 % земельной площади. Таким образом, почти весь объем сельскохозяйственного водопотребления сосредоточен на площади около 64 тыс. км², или 10,5 % земельной площади республики.

Наибольшей концентрацией сельскохозяйственного водопользования отличаются Крым и Херсонская обл. (табл. 1.8). Здесь насчитывается 1,2 млн чел. сельских жителей (7 % всего по Украине) и 8,3 тыс. км² орошаемых земель (31 %). Площадь населенных пунктов — около 2,4 тыс. км² (6,6 %). Объем сельскохозяйственного водопотребления в 1990 г. составил 4,35 км³ (40 %) и полностью сосредоточен на территории, составляющей около 20 % земельной площади этих областей. Региональная концентрация сельскохозяйственного водопользования характеризуется показателем 357—431 тыс. м³/км², т. е. в два раза и более выше, чем в среднем по Украине.

Довольно высокий уровень концентрации сельскохозяйственного водопользования отмечается в степной зоне (Днепропетровская, Донецкая, Запорожская, Николаевская и Одесская области). Орошаемые земли здесь занимают 11,7 тыс. км², а сельские населенные пункты — около 6,0 тыс. км². В этих областях проживает почти 18 % сельского населения Украины. Общая площадь сосредоточения сельскохозяйственного водопользования составляет 17,7 тыс. км² (12,3 % земельной площади отмеченных областей), а уровень его территориальной концентрации — 193,3 тыс. м³/км² (в 1,1 раза больше, чем в среднем по Украине).

В Киевской, Луганской, Полтавской и Черкасской областях территориальная концентрация сельскохозяйственного водопользования ниже среднего уровня по Украине. Общая земельная площадь составляет здесь 17 %, площадь орошаемых земель — около 13 %, а численность сельского населения — 16 % соответствующих общих показателей по Украине. Населенные пункты размещены на площади около 5,5 тыс. км². Таким образом, основной объем сельскохозяйственного водопользования сосредоточен здесь на площади 8,9 тыс. км² (8,4 % общего земельного фонда). Уровень территориальной концентрации составляет 136 тыс. м³/км².

На остальные области приходится почти 50 % земельной площади Украины, 12 % орошаемых земель и 59 % ее сельского населения. Площадь населенных пунктов здесь составляет около 23 тыс. км², объем сельскохозяйственного водопользования — 1,9 км³ и сосредоточен он в основном на площади 25,9 тыс. км²; территориальная его концентрация — 73,6 тыс. м³/км².

Высокая территориальная концентрация сельскохозяйственного водопользования, в частности на орошаемых землях южных областей, связана с большим отбором воды из основного источника — р. Днепра, подверженного максимальной техногенной нагрузке и загрязнению промышленными стоками на участке бассейна выше водозабора. Значительное влияние на качество воды оказывает радиоактивное загрязнение в

результате аварии на Чернобыльской АЭС. Согласно оценке экологической ситуации в Украине, выполненной В. А. Барановским, И. А. Горленко, Л. Г. Руденко, южная часть Херсонской обл. и северная часть Крыма относятся к экологически дискомфортным территориям со значительным превышением допустимых нормативов (сильно загрязненным с повышенным риском для здоровья людей; территориям экологического бедствия).

К загрязненным и сильно загрязненным территориям относятся Донецкая обл., юг Луганской (около 18 тыс. км²), Днепропетровская и восточные районы Кировоградской (около 18 тыс. км²), южное побережье Николаевской, Херсонской, Запорожской областей и восточные районы Крыма (около 83 тыс. км²).

Высокая территориальная концентрация орошаемых земель с развитой инфраструктурой (водохранилища, каналы, регулирующие бассейны, водопроводящая сеть, дождевальная техника) вызывает изменение в природной среде — гидрогеологической, геологической, гидрохимической обстановке, почвообразующих процессах, гидробиологическом режиме водных объектов, микроклимате приземной части атмосферы.

Факторы воздействия орошаемого земледелия на природную среду — качество поливной воды и ее совместимость с почвами, фильтрационные потери из водохранилищ, регулирующих бассейнов и потери при проведении поливов, воздействие поливной техники на почвы и дренажно-сбросных вод на водоприемники. По данным И. К. Супряги [1.6], суммарный объем стока дренажно-сбросных вод в зоне Северо-Крымского канала по годам изменяется от 0,88 до 1,0 км³, в том числе с рисовых систем — от 0,65 до 0,7 км³. В связи с большим объемом водоотведения с рисовых систем сложилась неблагоприятная обстановка в акваториях Сиваша и Каркинитского залива. В первом на фоне общего снижения суммарного содержания солей изменяются соотношения гидрохимических ингредиентов; в заливы Черного моря с дренажными водами поступают остаточные формы пестицидов и гербицидов. Эти воды обладают высоким содержанием токсичных солей.

Чрезмерная подача воды и нарушение технологии поливов приводят к ухудшению агрофизических свойств почв, возникновению эрозии, снижению содержания гумуса, нарушению солевого состава, осолонцеванию. Особенно негативные процессы проявляются при орошении черномоземов.

Концентрация сельскохозяйственного водопользования на сравнительно небольших территориях обуславливает соответственно сосредоточение всего комплекса его отрицательных последствий, сказывающихся прежде всего на водных объектах. С одной стороны, интенсивный водоотбор и безвозвратное изъятие речного стока, а с другой — поступление большого количества загрязненных стоков нарушают естественный режим водного объекта, снижают его способность к самоочищению, ограничивают возможности использования воды для других потребителей.

В связи с этим в аграрном секторе предстоит реализовать крупномасштабные организационные, технические и экономические мероприятия водоохранного характера, чтобы в одних регионах предотвратить, а в других — свести к минимуму отрицательное воздействие на водные источники.

1.3.5. Интенсивность использования водных ресурсов

Растущие потребности общества все больше требуют чистой пресной воды. Естественное ее распределение уже не соответствует запросам современного водоснабжения. Большие трудности в этом отношении характерны для промышленных районов с высокой концентрацией населения и южных районов с развитым орошаемым земледелием. Для удовлетворения потребностей народного хозяйства строятся дорогостоящие гидротехнические сооружения для регионального перераспределения речного стока, которые нарушают естественный режим водных объектов, способствуют увеличению техногенной нагрузки на водные ресурсы (табл. 1.10). Так, индекс интенсивности использования водных

Таблица 1.10. Интенсивность использования водных ресурсов

Область	Местные водные ресурсы в маловодный год, млн м³/год		Территориальная концентрация ресурсов, тыс. м³/км²	Индекс интенсивности использования водных ресурсов			
	поверхностные	подземные		Водозабор	Безвозвратный водоотбор речного стока	Кратность разбавления речным стоком	
						Сточных вод	Загрязненных сточных вод
Винницкая	1160	110	47,9	1,5	0,26	0,72	36,0
Волинская	940	—	46,5	0,2	0,12	10,0	38,8
Луганская	450	560	37,8	1,6	1,3	0,44	1,7
Днепропетровская	140	100	7,5	18,6	9,5	0,05	0,16
Донецкая	240	380	23,4	5,1	6,0	0,09	0,56
Житомирская	1050	80	37,8	0,3	0,15	7,3	16,7
Закарпатская	4470	—	349,2	0,03	0,02	68,8	152
Запорожская	130	410	19,8	8,7	8,55	0,04	0,77
Ивано-Франковская	2170	—	156,1	0,1	0,06	12,1	30,1
Киевская	760	300	36,7	3,1	0,68	0,27	3,2
Кировоградская	270	100	15,0	1,1	0,58	1,4	7,2
Крым	43	—	1,6	87,1	67,5	0,04	0,42
Львовская	2660	—	122,0	0,2	0,06	6,8	34,7
Николаевская	16	60	3,1	14,7	58,8	0,09	0,21
Одесская	76	80	4,7	16,2	13,0	0,14	0,57
Полтавская	760	1040	62,5	0,3	0,35	3,5	113
Ривненская	1270	10	63,7	0,2	0,11	8,9	32,5
Сумская	1150	600	73,5	0,2	0,12	7,9	19,6
Тернопольская	1050	—	76,1	0,2	0,07	9,3	113
Харьковская	710	700	44,9	0,5	0,32	1,4	2,1
Херсонская	2	600	21,1	4,5	1130	0,004	0,04
Хмельницкая	1060	60	54,4	0,3	0,17	5,6	154
Черкасская	410	260	32,1	0,9	0,65	1,3	6,9
Черновицкая	490	—	60,5	0,2	0,09	6,4	12,4
Черниговская	1950	1560	110,0	0,1	0,06	11,0	269
Всего	29 700	7000	—	—	—	—	—
Среднее	—	—	60,8	0,9	0,49	1,5	9,3

ресурсов, представляющий собой отношение водоотбора к объему наличных водных ресурсов, в целом для Украины близок к 1, а во многих областях водные ресурсы эксплуатируются многократно. Этот показатель характеризует степень использования водных ресурсов и их доступность благодаря перераспределению речного стока. Многократное превышение водоотбора над наличными водными ресурсами характерно (табл. 1.10) для областей, наименее обеспеченных ими. В Днепропетровской, Николаевской, Одесской областях и в Крыму водоотбор в десятки раз превышает водные ресурсы, формирующиеся там в маловодный год. Значительной эксплуатации подвержены они в Донецкой, Запорожской, Киевской, Херсонской областях.

Наглядным показателем техногенного влияния на речной сток является индекс безвозвратного его водоотбора. Он наиболее высокий в перечисленных выше областях, где потери воды при транспортировках и использовании в несколько (и даже десятки) раз превышают местный речной сток маловодного года. Это свидетельствует о том, что промышленное и сельскохозяйственное производство в Днепропетровской, Донецкой, Запорожской, Киевской, Николаевской, Одесской и Херсонской областях и в Крыму ориентируется на потребление транзитной воды, поступающей по рекам из сопредельных территорий либо по искусственным транспортным сооружениям.

Один из основных техногенных факторов истощения водных ресурсов и водообеспеченности — загрязнение воды стоками промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий.

Объем сточных вод, поступающих в речную сеть Украины, составляет 19,3 км³, или 65 % ресурсов речного стока. Однако в некоторых областях он в десятки (Донецкая, Днепропетровская, Запорожская, Крым) и даже сотни (Херсонская) раз превышает объем речного стока, формирующегося в маловодный год. Только в Волинской, Житомирской, Закарпатской, Ивано-Франковской, Львовской, Полтавской, Ривненской, Сумской, Тернопольской, Хмельницкой, Черновицкой и Черниговской областях достигается более чем трехкратное разбавление сточных вод местным речным стоком. В этих же областях наиболее высокая (но не всегда достаточная) степень разбавления загрязненных сточных вод (табл. 1.10).

Таким образом, характеристика территориальной концентрации и интенсивности использования водных ресурсов свидетельствует о том, что на современном этапе слаборегулируемого развития производительных сил и экстенсивного водопользования во многих регионах Украины эколого-экономическая ситуация приобрела кризисный характер. Это проявляется в повсеместном загрязнении водных источников, деградации водно-ресурсного потенциала, ухудшении условий водообеспечения населения и народного хозяйства, а также в сдерживании социально-экономического процесса в регионе. Дальнейшее традиционное развитие отраслей народного хозяйства и водоохранной деятельности может привести, как уже отмечалось, к катастрофическим эколого-экономическим ситуациям и крупномасштабному социально-экономическому кризису. Это диктует необходимость отказа от традиционных сугубо экономических способов развития, разработки новой научно-технической и инвестиционной политики, выделения социальных и экологических приоритетов, введения эколого-экономических методов управления производственно-хозяйственной деятельностью и водопользованием.

Состояние техногенной нагруженности охарактеризовано в разделе с позиций регионального земле- и водопользования.

Исследования показали, что по рассмотренным составляющим природной среды в Украине создалась достаточно напряженная с позиций эколого-геологических обстановка, близкая к квазикритической. Емкост-

ные способности природной, (в том числе геологической) среды следует считать в аспекте рассмотренных факторов по многим административным областям практически исчерпанными. Однако об этом можно говорить лишь в очень приближенной форме, поскольку до сих пор нет специальных разработок по методике определения предельно допустимых техногенных нагрузок. Последнее серьезно сдерживает регламентацию рационального природопользования и ресурсосбережения в стране. Пока можно отметить лишь в общей форме дисбаланс между масштабами техногенных воздействий и экологической емкостью способностью природной среды. Об этом свидетельствуют изменения соотношений эколого-геологических компонентов в геосистемах, неоправданно высокая сработка запасов водных ресурсов и их губительные загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.1. Заставний Ф. Д. Географія України.— Львів: Світ, 1990.— 860 с.
- 1.2. Лазаренко Е. К., Лазаренко Э. Л., Барышников Э. К., Малыгина О. А. Минералогия Закарпатья.— Львов: Изд-во Львов, ун-та, 1963.— 614 с.
- 1.3. Новаковский Л. Я. Экономические проблемы использования и охраны земельных ресурсов.— Киев: Вища шк., 1985.— 208 с.
- 1.4. Семененко Н. П., Щербак Н. П., Сироштан Р. И. и др. Критерии прогнозирования месторождений Украинского щита и его обрамления.— Киев: Наук. думка, 1975.— 560 с.
- 1.5. Сулимов И. Н. Геология Украинского Черноморья.— Киев; Одесса: Вища шк., 1984.— 128 с.
- 1.6. Супряга И. К. Дренажно-сбросные воды: количество, качество и пути утилизации // Мелиорация и вод. хозяйство.— 1986.— № 12 — С. 25—26.
- 1.7. Тейлор Р. Введение в поисковую геохимию.— М.: Мир, 1976.— 498 с.
- 1.8. Українська Радянська Соціалістична Республіка. Енциклопедичний довідник.— Київ: УРЕ, 1986.— 496 с.
- 1.9. Ушаков С. А., Ясманов Н. А. Дрейф материков и климаты Земли.— М.: Мысль, 1984.— 206 с.
- 1.10. Шестопалов В. М., Зелинский И. П., Шнюков Е. Ф., Яковлев Е. А. Актуальные проблемы гидрогеологии и инженерной геологии Украинской ССР // Проблемы рационального использования геологической среды.— М.: Наука. 1988.— С. 224—243.

II. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

II.1. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННО-ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ

II.1.1. Климатические факторы

Среди факторов, влияющих на эволюцию геологической среды, главную роль играют климатические. Климат на Земле или в отдельных ее регионах в геологическом прошлом неоднократно изменялся. На фоне длительных изменений происходили его колебания с периодами в несколько столетий и десятилетий. В последнее время изменения климата обуславливаются также техногенными процессами, которые особенно проявляются в отдельных районах, крупных городах и центрах с высоко развитым промышленным потенциалом.

Основные черты современного климата Украины формируются под влиянием глобальных и местных климатообразующих факторов. Главный из них — приток тепла от Солнца, количество которого в значительной мере зависит от географической широты места и увеличивается в направлении с севера на юг. Весьма важным климатообразующий фактор — атмосферная циркуляция, способствующая перераспределению тепла и влаги. По географическому положению Украина находится под влиянием циркуляционных процессов, развивающихся над территорией Европы и Азии.

Следующим важным климатообразующим фактором считается высота местности и экспозиция склонов, проявляющиеся в основном в районах Украинских Карпат и Крымских гор. Эти факторы обуславливают изменение метеорологических величин: с увеличением высоты атмосферное давление и температура воздуха понижаются, количество осадков увеличивается, период со снежным покровом удлинится, скорость ветра возрастает. Меньшее влияние на климатические условия оказывают Донецкий кряж и Волынская. Подольская, Приднепровская и Приазовская возвышенности, которое отражается главным образом в небольшом понижении температуры, изменении продолжительности залегания снежного покрова и др.

Черное и Азовское моря заметно влияют на климат прибрежных районов: способствуют увеличению влажности воздуха и сглаживанию суточного хода температуры воздуха.

Крупные города создают особый климат — результат воздействия техногенной деятельности на климат естественного ландшафта. Специфические черты климата города во многом обусловлены особенностями земной поверхности и большим количеством выделяемой рассеянной тепловой энергии. Значительное воздействие на климат города также оказывает загрязненность атмосферы промышленными предприятиями и транспортом. Чем крупнее город, тем в большей степени проявляется его влияние на собственную погоду и климат прилегающей местности.

Значимость каждого из перечисленных факторов в течение года неоднозначна и существенно различается по сезонам года. В холодный период главную роль играет циркуляция атмосферы. Вследствие относительно малой высоты солнца над горизонтом, небольшой продолжи-

тельности дня, значительной облачности уменьшается воздействие радиационного фактора. Зимой территория Украины чаще всего находится под воздействием континентальных воздушных масс. Они формируются над обширными равнинами Евразии из приходящих сюда арктических или морских воздушных масс умеренных широт и затем перемещаются на Украину в системе антициклонов и их отрогов, направленных с востока или северо-востока. При таких процессах устанавливается малооблачная холодная погода без осадков. Зимой здесь также хорошо развита циклоническая деятельность. В циклонах и ложбинах часто перемещаются теплые воздушные массы умеренных широт с северных районов Атлантики, реже с ее центральной части, а также с Средиземного и Черного морей. При этом на территории Украины наблюдаются снегопады, метели, сильный ветер, интенсивные оттепели.

В тылу циклонических серий распространяются обычно массы холодного арктического воздуха, приходящие с севера или северо-востока, которые вызывают резкие значительные понижения температуры.

Переход к теплому периоду года характеризуется увеличением роли радиационного фактора и уменьшением — циркуляционного. Летом повторяемость циклонов уменьшается. В связи с усилением отрога Азорского антициклона над Украиной часто образуется размытая малоградиентная область повышенного давления, которая способствует формированию континентальных воздушных масс умеренных широт. При этом наблюдается теплая погода с продолжительным периодом бездождя. В редких случаях на юго-востоке Украины в результате интенсивного прогрева континентальный воздух умеренных широт может трансформироваться в тропический и вызывать сухую погоду с суховеями и пыльными бурями. Над северными и западными районами наблюдается перемещение воздушных масс с Атлантики, что обуславливает неустойчивую погоду с дождями и грозами.

Территория Украины характеризуется в основном благоприятными для жизнедеятельности климатическими условиями. Однако климат отдельных физико-географических зон имеет существенное различие и изменяется от избыточно увлажненного в северо-западных районах до жаркого и засушливого в южных районах Причерноморской низменности и Крыма. Особые климатические условия создаются на Южном берегу Крыма, в горах Крыма и Украинских Карпатах.

Украина расположена в двух климатических зонах — умеренных широт и субтропической, причем последняя охватывает только Южный берег Крыма. Климатическая зона умеренных широт включает в себя всю равнинную часть территории (зону смешанных лесов, лесостепь, степь), Украинские Карпаты и Крымские горы.

Климат зоны смешанных лесов умеренный, влажный, характеризуется преобладанием переноса атлантических воздушных масс, в результате чего в направлении с запада на восток увеличивается их континентальность. Запад зоны смешанных лесов отличается мягкой зимой, коротким прохладным летом с преобладанием пасмурной погоды и избыточным количеством осадков. Этот район недостаточно обеспечен тепловыми ресурсами. Средняя температура января составляет $-5\ldots -8^{\circ}\text{C}$. Наиболее холодным является северо-восток зоны, где средняя минимальная температура равна $-21\ldots -28^{\circ}\text{C}$, а абсолютный минимум понижается до -37°C . Летом, наоборот, наиболее низкая температура отмечается на западе зоны смешанных лесов, средняя температура июля здесь $18-19^{\circ}\text{C}$, к востоку повышается до $19-20^{\circ}\text{C}$. Средняя максимальная температура не превышает 33°C , а абсолютный максимум достигает 39°C . Суммы температур выше 0°C составляют около 3000°C , а выше 10°C — $2300-2600^{\circ}\text{C}$.

Годовое количество осадков составляет $550-600$ мм. В течение года осадки распределяются неравномерно. В теплый период (апрель — ок-

тябрь) выпадает 70 % годового количества осадков и 30 % приходится на холодный (ноябрь — март). Наименьшее их количество (30—40 мм в месяц) отмечается с января по март. В эти месяцы суммы осадков изменяются мало и могут отличаться всего на 1—5 мм. Основной максимум осадков (75—90 мм) наблюдается в июле. Снежный покров раньше всего (вторая декада ноября) появляется на крайнем северо-востоке зоны, на западе — в конце ноября. Высота его составляет 30—40 и 15—20 см соответственно. Разрушение и сход снежного покрова начинается раньше на западе зоны (в конце марта), чем на востоке (в первых числах апреля).

Климат лесостепной зоны умеренно континентальный. По количеству получаемого тепла эту зону можно разделить на западный, центральный и восточный районы. Средняя месячная температура января от $-5...-6^{\circ}\text{C}$ на западе и до $-6...-8^{\circ}\text{C}$ на востоке зоны. Средняя минимальная температура составляет $-21...-28^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум понижается до -41°C . Лето здесь теплое, средняя температура в июле равна $18-21^{\circ}\text{C}$, максимальная температура воздуха составляет $31-36^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум достигает 41°C . Суммы температур выше 0°C превышают 3200°C , а суммы выше 10°C — 2800°C .

Годовое количество осадков уменьшается от 725 мм на западе зоны до 500 мм на юге, среднее число дней с осадками изменяется от 130 дней на востоке до 180 на западе. Снежный покров здесь появляется в конце второй декады ноября, полностью сходит в конце марта. Число дней со снежным покровом составляет на северо-востоке 100, на остальной территории 70—90 дней. Средняя его высота на территории лесостепи не превышает 20—30 см.

Климат степной зоны отличается наибольшей континентальностью и засушливостью (по сравнению с другими зонами Украины). Этот район наиболее обеспечен тепловыми ресурсами (за счет жаркого лета). Зима здесь холодная, часто малоснежная, нередко интенсивные оттепели. Средняя температура января равна $-2...-7^{\circ}\text{C}$, минимальная $-18...-23^{\circ}\text{C}$. В этой зоне зафиксирован один из наиболее низких абсолютных минимумов (-42°C). Летний сезон характеризуется высокими температурами воздуха с незначительными их изменениями. Средняя июльская температура $21-23^{\circ}\text{C}$, максимальная $32-36^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум достигает 41°C . Суммы температур выше 0°C равны 4000°C , за вегетационный период — $2800-3400^{\circ}\text{C}$.

Годовое количество осадков уменьшается с севера степной зоны (500 мм) на юг (400 мм), число дней с осадками также уменьшается с севера (120) на юг (90). Устойчивый снежный покров отсутствует не менее чем в 50 % зим. Это связано с тем, что в среднем за зимний сезон бывает более 50 дней с оттепелью.

В степной зоне часто возникают засухи, суховеи и пыльные бури.

На узкой прибрежной полосе степной зоны создаются своеобразные климатические условия, которые определяют развитием бризовой циркуляции. Температурный фон здесь (особенно летом) повышен по сравнению с прилегающей территорией. Средняя температура июля $22-24^{\circ}\text{C}$, максимальная достигает 35°C , абсолютный максимум составляет 40°C . Суммы температур выше 0°C превышают 4000°C , а суммы температур выше 10°C равны 3500°C . Здесь выпадает наименьшее количество осадков (350—375 мм), число дней с осадками — 70 и менее.

В Украинских Карпатах климатические условия создаются вертикальной поясностью, а также направлением и экспозицией склонов. Этот район наименее обеспечен теплом, однако юго-западные склоны все же получают тепла больше, чем северо-восточные.

В особый район выделяется Закарпатская низменность. Благодаря защищенности с севера горами она характеризуется высоким температурным фоном (особенно зимой). Однако арктический воздух, иногда

прорывающийся сюда по глубоким ущельям, может значительно понижать температуру. В самом холодном месяце — январе — средняя температура воздуха в Закарпатской низменности составляет -3°C , на склонах она понижается до -4°C . Наиболее холодные участки гор (Внешние, Водораздельно-Верховинские, Полонино-Черногорские Карпаты) характеризуются средней температурой $-6\ldots-7^{\circ}\text{C}$.

Лето в Украинских Карпатах короткое и дождливое. Средняя температура в июле изменяется от 18°C на северо-восточных склонах до 20°C на юго-западных. В горах температура с высотой понижается до $15-16^{\circ}\text{C}$, а на высоте более 1000 м — до 12°C . Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 15°C здесь не наблюдается. Максимальная температура воздуха изменяется от 37°C у подножия до 30°C в горах. Абсолютный минимум температуры в большей степени (по сравнению со средними минимумами) зависит от местных условий, особенно от форм рельефа. При сильных заторах холода с востока температура может понижаться в горах до $-40\ldots-42^{\circ}\text{C}$ (высота 500 м и выше), в Предкарпатье — до $-34\ldots-36^{\circ}\text{C}$, Закарпатье — до $-30\ldots-36^{\circ}\text{C}$.

В горах и предгорьях часто наблюдаются инверсии. Их образование связано с охлаждением земной поверхности или слоя облаков. Они обуславливаются также и динамическими процессами — сменой воздушных масс, нисходящими движениями воздуха, вторжением теплых воздушных масс и затором холода. Инверсии возможны в течение всего года, но главным образом они возникают в холодный период (октябрь — март).

Распределение осадков в Украинских Карпатах зависит от высоты и форм рельефа. В предгорьях суммы осадков за год составляют 600—700 мм, на высотах более 1000 м они увеличиваются до 1200—1600 мм, что является максимумом для всей Украины. Больше всего осадков получают юго-западные склоны, меньше всего — восточные. Наибольшее количество осадков приходится на летний сезон. Продолжительность периода со снежным покровом в горной части Украинских Карпат в два раза больше, чем в предгорных районах. На высоте 800 м толщина снежного покрова достигает 30—50 см. С высоты 1000—1200 м увеличение мощности снежного покрова прекращается.

Крымские горы также характеризуются вертикальной зональностью распределения температуры воздуха, однако здесь (вследствие небольшой высоты гор) она проявляется меньше, чем в Украинских Карпатах. Средняя температура января на высоте 1000 м опускается до -4°C , минимальная за год составляет $-17\ldots-19^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум понижается до -31°C . Средняя температура июля около 16°C , максимальная равна 26°C , абсолютный максимум достигает $38-39^{\circ}\text{C}$. Суммы температур выше 0°C не превышают 2500°C , за вегетационный период они составляют 1800°C .

Количество осадков на высоте более 1000 м за год равно 1000—1500 мм. Снежный покров образуется в ноябре и лежит до середины марта. Число дней со снежным покровом — около 100.

В Крымских горах часто возникают фаны — местные ветры, дующие с гор вниз, в долину, и вызывающие резкое повышение температур воздуха и понижение влажности.

Южный берег Крыма (от г. Севастополя до г. Судака) — самый теплый, наиболее обеспеченный теплом район, защищенный с севера горами. Зима здесь очень теплая, устойчивого перехода отрицательной средней суточной температуры не отмечается. Средняя температура января 4°C , минимальная температура -25°C . Лето жаркое и продолжительное, средняя температура июля 24°C , абсолютный максимум достигает 39°C , так как летний зной смягчается бризами, дующими днем с моря на сушу, а ночью с суши на море. Суммы температур выше 0°C

и 10°C здесь наибольшие и равны 4200—4800 и 3000—3800°C соответственно.

Годовое количество осадков составляет 450—550 мм. Здесь преобладают осадки холодного периода года при относительно сухом теплом периоде. Это связано с выходом на Черное море средиземноморских циклонов. Максимум осадков приходится на зимние месяцы (декабрь — январь).

Территория Украины имеет сложные физико-географические условия. Особенности ее расположения и атмосферных процессов обуславливают значительную повторяемость опасных и стихийных (особо опасных) метеорологических явлений, которые необходимо учитывать при формировании определенного уровня экологической обстановки Украины. Так, сильный ветер, вызывая подъем и перенос большого количества пыли и песка, обуславливает загрязнение атмосферы вредными химическими и радиоактивными веществами. Туманы, как продукты конденсации, взвешенные в воздухе, усиливают накопление вредных примесей и вызывают опасное загрязнение атмосферы. Осадки приводят к очищению атмосферы от примесей. В то же время кислотные дожди сильно загрязняют окружающую среду. Большое влияние на формирование экологической обстановки региона имеют и другие стихийные явления — грозы, град, гололедно-изморозевые отложения.

Стихийные метеорологические явления имеют аномальный характер и связаны с особенностью циркуляционных процессов, на которые оказывает влияние и орография. Стихийные явления характеризуются значительной изменчивостью во времени и пространстве, отличаются чрезвычайной сложностью распределения.

В Украине (с вероятностью 70—80 %) наблюдаются почти все стихийные метеорологические явления. Чаше всего (ежегодно) наблюдаются сильные дожди, снегопады, метели, гололед, туман, реже бывают пыльные бури (один раз в два-три года).

Наиболее подвержены стихийным метеорологическим явлениям восточные и южные (Луганская, Донецкая, Запорожская, Херсонская и Одесская области) территории степной зоны и Крым. Они отмечаются как в теплый (сильная жара, пыльные бури, суховеи, чрезвычайная пожароопасность), так и в холодный (сильные снегопады, сильный гололед) периоды года. Затем выделяется территория Украинских Карпат. Здесь наиболее характерны интенсивные дожди, вызывающие селевые и ливневые потоки, град, сильные ветры, туманы, метели и снегопады. Часто стихийные явления происходят на равнинной территории (Киевская, Полтавская и Николаевская области). Редко стихийные явления отмечаются на северо-западе Украины (Волинская, Ривненская, Житомирская и Хмельницкая области). Реже всего стихийные метеорологические явления наблюдаются на побережьях Черного и Азовского морей, что объясняется влиянием моря и своеобразием климатических условий.

Во всех районах по каждому явлению выделяются подрайоны (мезоклиматические), в которых образование и повторяемость того или иного стихийного процесса зависит от метеорологических факторов. Для 1980-х гг. характерна повышенная повторяемость стихийных метеорологических явлений.

Учет климатической информации о стихийных метеорологических явлениях позволит повысить эффективность природоохранных мероприятий и снизить экологическую напряженность на территории Украины.

II.1.2. Водные ресурсы и водохозяйственные факторы

Водные ресурсы Украины формируются за счет атмосферных осадков, речного стока, поступающего с территорий России и Беларуси по Днепру, Десне, Припяти, Сев. Донцу и их притокам, а также запасов подземных вод. Последние составляют $21,0 \text{ км}^3$, из которых в ресурсной части водохозяйственного баланса учитывается $7,0 \text{ км}^3$, гидравлически не связанных с речным стоком. Кроме того, в народном хозяйстве используется $1,2 \text{ км}^3$ морской воды.

Потенциальные естественные ресурсы поверхностных вод (по их среднемноголетней величине) составляют $87,1 \text{ км}^3$ (без учета притока воды по р. Дунаю в объеме $122,7 \text{ км}^3$), из них 60 % формируется в пределах Украины (табл. II.1).

Таблица II.1. Водные ресурсы Украины, км^3

Вид ресурсов	Ресурсы за год			Водообеспеченность территории в очень маловодный год, тыс. $\text{м}^3/\text{км}^2$
	Средний по водности	Маловодный	Очень маловодный	
Местный речной сток	52,4	41,4	29,7	49,2
Приток из сопредельных территорий	34,7	28,8	22,9	37,9
Подземные воды, гидравлически не связанные с речным стоком	7,0	7,0	7,0	11,6
Суммарные ресурсы	94,1	77,2	59,4	98,4

Распределение речного стока по территории Украины очень неравномерно. Наименьшее количество водных ресурсов формируется там, где сосредоточены самые крупные водопотребители — Донбасс, Криворожье, Крым, южные области Украины.

По запасам доступных к использованию водных ресурсов Украина относится к недостаточно обеспеченным регионам. В маловодные годы на 1 км^2 здесь приходится $49,2 \text{ тыс. м}^3$ речного стока, а на одного жителя — $0,57 \text{ тыс. м}^3$.

Водообеспеченность 13 областей, составляющих 60 % территории Украины, ниже среднего уровня по Украине.

Характерной особенностью водных ресурсов является их временная изменчивость. Доля весеннего стока составляет от 60—70 % на севере и северо-востоке до 80—90 % на юге.

В отличие от других природных ресурсов речной сток ежегодно возобновляется, что создает ложное представление о его неисчерпаемости. Это в решающей степени обуславливает бесхозяйственное использование и загрязнение водных ресурсов.

Согласно [II.96], большая часть территории Украины (96 %) относится к бассейнам Черного и Азовского морей и только 4 % — к бассейну Балтийского моря.

В Украине насчитывается более 71 тыс. рек и ручьев общей длиной 248 тыс. км. Из них 67 тыс. (94 %) очень малых водотоков (длиной менее 10 км), их общая длина — 131 тыс. км.

Наиболее крупной рекой (с водоносностью $1663 \text{ м}^3/\text{с}$) является

Днепр, протекающий с севера на юг и разделяющий территорию Украины на правобережную и левобережную части. Он берет начало на Валдайской возвышенности на высоте 220 м над уровнем моря. Длина реки 2201 км, из них в пределах Украины 981 км, площади водосбора составляют соответственно 504 и 294,5 тыс. км².

По характеру долины и русла, а также по некоторым другим природно-хозяйственным факторам р. Днепр принято делить на три участ-

Таблица 11.2. Распространение разных типов

Тип берега	Протяженность берегов		
	Киевскому	Каневскому	Кременчугскому
Абразионно-обвальнo-осыпной	42 (8)	30 (7)	200 (25)
Абразионно-оползневой	5 (1)	68 (17)	—
Абразионно-денудационный	5 (1)	—	—
Эрозионный	145 (28)	36 (9)	61 (8)
Аккумулятивный	5 (1)	—	11 (1)
Нейтральный	235 (44)	136 (33)	429 (54)
Защищаемый	90 (17)	141 (34)	100 (12)
Всего	527 (100)	411 (100)	801 (100)

ка: верхний — от истока до г. Киева, средний — от г. Киева до г. Запорожья и нижний — от г. Запорожья до устья. Преобладающая часть стока (83 %) формируется в верхнем участке Днепра. Средний и нижний участки полностью расположены в пределах Украины. По данным [11.96], здесь насчитывается 14 589 рек, из них 13 197 рек длиной менее 10 км. Общая длина рек бассейна составляет 75 087 км, густота речной сети 0,26 км/км², средний уклон водной поверхности 0,10 ‰.

Река Днепр является объектом крупного водохозяйственного строительства. К настоящему времени на р. Днепре (в пределах Украины) созданы и эксплуатируются шесть крупных водохранилищ: Киевское, Каневское, Кременчугское, Днепродзержинское, Днепровское и Каховское. Общая площадь их зеркала составляет 6,9 тыс. км², полный объем аккумулированной в них воды — 43,7 км³.

Строительство водохранилищ существенно нарушило экологическое равновесие, установившееся в реке в течение тысячелетий. Так, водохранилища в Кременчугском и Каховском водохранилищах осуществляется 2—4 раза в год, Каневском, Днепродзержинском и Днепровском — 12—20 раз, Киевском — 8—13 раз в год. По сравнению с естественными условиями водообмен замедлился в 7—11 раз с учетом полезного объема и в 14—30 раз с учетом полного объема водохранилищ.

Кроме того, в бассейне р. Днепра построено 504 водохранилища объемом более 1 млн м³ (общая площадь зеркала 766,9 км², общий объем 2,2 км³) и 12 570 прудов (соответственно 1086 км² и 1,54 км³).

Сооружение каскада водохранилищ на р. Днепре в определенной мере повлияло на геофизические процессы. Так, дополнительная масса аккумулированной в водохранилищах воды, изменяющаяся во времени от 25 до 44 млрд т, обусловила изменение геотектонической обстановки. Повышение горизонтов воды в водохранилищах по сравнению с бытовыми на 11,5—35,4 м привело к поднятию уровней грунтовых вод на прилегающей территории. Это вызвало резкое изменение естествен-

ных природных условий в прибрежной зоне водохранилищ. Широкое развитие орошения на больших площадях, кроме повышения уровней грунтовых вод, в значительной мере сказалось на почвообразующих процессах и обусловило подтопление отдельных территорий.

Резко усилились волновая абразия, оползневые и просадочные явления. Эрозионные процессы в нижних бьефах гидроузлов привели к перестроению берегов, на интенсивность которого оказывают влия-

берегов на водохранилищах Днепровского каскада

отдельных типов по водохранилищам, км (%)

Днепродзержинскому	Днепровскому	Каховскому	Всему каскаду
115 (32)	144 (26)	201 (23)	732 (21)
—	1 (0,2)	44 (5)	118 (3)
—	50 (9)	128 (15)	183 (5)
23 (6)		30 (3)	295 (9)
2 (1)	5 (1)	11 (1)	34 (1)
147 (41)	299 (55)	310 (35)	1556 (44)
73 (20)	51 (9)	156 (18)	611 (17)
360 (100)	550 (100)	880 (100)	3529 (100)

ние колебания уровней воды, ветровое волнение, течение, заиливание, замерзание и вскрытие водохранилищ (гидрологические факторы), петрографо-минеральный состав, условия залегания и трещиноватость пород, их физико-механические свойства, морфологические и гидрогеологические особенности (геологические факторы) и др. Распространение типов берегов приведено в табл. II.2.

Определенный интерес представляют данные о накоплении в водохранилищах твердых осадков, которые ранее выносились в море. Средняя годовая масса аккумулярованных твердых фракций в водохранилищах Днепровского каскада составляет около $43 \cdot 10^6$ т. Из них в Киевском водохранилище $2,0 \cdot 10^6$, Каневском — $3,5 \cdot 10^6$, Кременчугском — $8,6 \cdot 10^6$, Днепродзержинском — $3,5 \cdot 10^6$, Днепровском — $3,7 \cdot 10^6$ и Каховском — $21,3 \cdot 10^6$ т.

В пределах украинской части р. Днепра размещены полностью шесть и частично 13 административных областей, включающих 242 административных района. На этой территории имеется 180 городов, 363 поселка городского типа, 15 600 сел, в которых проживает 22,3 млн человек (в том числе почти 15 млн городских и 7,3 млн сельских жителей), что составляет 43 % всего населения Украины (табл. II.3).

Водными ресурсами р. Днепра обеспечивается 67 % всех потребностей народного хозяйства Украины, в том числе на нужды хозяйственно-бытовые — 47 %, производственные — 66, орошения — 76 и сельскохозяйственного водоснабжения — 47 %. Безвозвратный водоотбор из рек бассейна Днепра составляет 74 % общереспубликанского объема и почти половину его — сброс загрязненных сточных вод (табл. II.4).

С 1960 г. в бассейне р. Днепра общее водопотребление увеличилось в 2,1 раза, а безвозвратное — в 3,3 раза. За 1955—1986 гг. суммарный объем стока р. Днепра в устье уменьшился на 316 млрд м³, включающих (в млрд м³): наполнение мертвых объемов днепровских водохранилищ — 25,4, потери на заполнение грунтовых емкостей (пор, пустот

Таблица II.3. Распределение территории, населения и водоотбора по основным речным бассейнам

Речной бассейн	Площадь, тыс. км ² %	Население, тыс. чел %			Объем водоотбора, км ³ %
		Всего	В том числе		
			городское	сельское	
Украина (всего)	603,7 100	51 838 100	34 869 100	16 969 100	34,5 100
Висла	12,6 2	1555 3	1046 3	509 3	0,19 0,6
Дунай	32,4 5	3110 6	1052 3	1697 10	2,0 5,9
Днестр	53,5 9	4147 8	1743 5	2545 15	1,7 4,5
Юж. Буг	64,1 11	4145 8	2441 7	1867 11	2,5 7,2
Днепр	294,5 49	22 290 43	14 994 43	7297 43	21,5 62,3
Причерноморье	44,7 7	3629 7	2789 8	1022 6	0,9 2,6
Сев. Донец	54,9 9	6793 13	5928 17	1018 6	2,91 11,3
Приазовье	47,0 8	5184 10	4533 13	1010 6	1,8 5,3

и др.) и затопление пойм — 5,0, первичное превышение объемов водохранилищ над горизонтом мертвого объема (ГМО) — 6,0, фильтрационный поток в левый борт Каховского водохранилища — 32,0, дополнительное испарение с водной поверхности водохранилищ и прудов — 46,1. Остальные 201,5 млрд м³ составляют безвозвратное потребление воды на хозяйственные нужды в бассейне реки.

Таблица II.4. Использование водных

Речной бассейн	Использовано (всего)	В том числе		
		хозяйственно-бытовые	производственные	орошение
Украина (всего)	29 083	4646	15 137	6958
Днепр	18 521	2173	9969	5272
Юж. Буг	2458	143	1797	202
Днестр	1469	508	514	187
Дунай	840	85	135	511
Сев. Донец	3407	1284	1593	355
Другие реки	2388	453	1129	431

Среднегодовой сток р. Днепра уменьшился на 13,3 млрд м³ (25,6 %), а сток за вегетационный период — на 13,1 млрд м³ (36,1 %). В годы 75- и 95%-ной обеспеченности эти показатели составляют соответственно 12,4 (28,9 %) и 11,8 (35,9 %); 13,0 (46,3 %) и 11,5 (54,0 %) [11.107].

Значительную хозяйственную нагрузку испытывают малые реки бассейна р. Днепра. Объем водозабора из малых рек достигает 2,1 км³, в том числе из подземных горизонтов 0,9 км³ (или 46 % их объема в целом по бассейну р. Днепра). Водными ресурсами малых рек покрывается 18 % всех хозяйственных потребностей в бассейне р. Днепра, в том числе хозяйственно-питьевых — 16 %, производственных — 9, орошения — 30, сельскохозяйственного водоснабжения — 60 %. В мелкую гидрографическую сеть сбрасывается 15 % всех сточных вод в бассейне и 6 % загрязненных вод; объем безвозвратного водопотребления составляет 11 %.

Сопоставление объемов водопользования и наличных водных ресурсов, формирующихся в маловодные годы, показывает, что только в верховьях р. Днепра водозабор из малых рек не превышает 50 % речного стока во все месяцы года. Более напряженная внутригодовая водохозяйственная обстановка складывается в лесостепной и степной зонах бассейна р. Днепра. Здесь речной сток аккумулируется прудами и малыми водохранилищами в весенние месяцы и интенсивно используется для орошения земель, других сельскохозяйственных потребностей и промышленного производства.

На многих малых реках южной части бассейна в маловодном году от 4 до 9 месяцев водозабор в 2—10 раз больше среднемесячных расходов воды, т. е. используется многократно.

Таким образом, сложившаяся территориальная структура отраслевого водопользования обусловила разное по интенсивности, но, как правило, высокое негативное воздействие на водные ресурсы р. Днепра. Это предопределяет необходимость экологизации территориальной организации водопользования, учета гидроэкологической ситуации при реконструкции существующих и строительстве водохозяйственных объектов, соблюдения принципа их территориальной совместимости, всемерного обеспечения воспроизводства воды, снижения техногенной нагрузки на водно-ресурсный потенциал.

Вторая крупная река Украины — Днестр, который берет начало на северо-восточном склоне Украинских Карпат на высоте 1000 м над уровнем моря и впадает в Днестровский лиман. Длина реки 1352 км, площадь бассейна 72 100 км². Бассейн р. Днестра вытянут в направлении с северо-запада на юго-восток. Верхняя правобережная часть бас-

ресурсов основных рек Украины, млн м³

на нужды		Безвозвратное водопотребление	Объем сброса сточных вод	
сельхозводоснабжение	другие		Всего	В том числе загрязненных
1657	685	15 594	19 329	3199
781	326	10 897	10 620	1528
156	160	691	1836	83
164	96	1044	520	113
73	36	1287	310	87
175	—	1570	1888	616
308	67	105	4155	772

сейна, расположенная на склонах Украинских Карпат и их отрогах, имеет горный рельеф, остальная часть — равнинный.

Речная сеть в бассейне р. Днестра развита неравномерно: наиболее густая в карпатской части — 1,0—1,5 км/км², в левобережной — 0,5—0,7, в степной части — около 0,20 км/км². Структура речной сети в бассейне р. Днестра приведена в табл. II.5 [II.94]. Из табл. II.5 следует,

Таблица II.5. Структура речной сети в бассейне р. Днестра

Категория рек	Интервал длин рек, км	Количе- ство рек, шт.	Длина рек, км	Отношение длины рек в интервале к общей длине рек в бассей- не, %	Отношение сум- марной длины рек до верхнего предела интерва- ла к общей дли- не рек в бассей- не, %
Самые малые	Менее 10	16 294	26 164	61,2	61,2
	10—25	449	6644	15,5	76,7
Малые	26—50	86	2959	6,9	83,6
	51—100	45	3154	7,4	91,0
Средние	101—200	11	1475	3,4	94,4
	201—300	4	1013	2,4	96,8
	301—500	—	—	—	96,8
Большие	501—1000	—	—	—	96,8
	1001—2000	1	1352	3,2	100
Всего		16 890	42 761	100	

что самые малые реки (длиной менее 10 км) составляют 61 % всех рек бассейна.

Продольный профиль русла р. Днестра отражает особенности геологического строения территории. В Предкарпатском прогибе и Причерноморской впадине профиль русла плавный, вогнутый, на Воляно-Подольской возвышенности — прямолинейный, затем — выпуклый.

В бассейне р. Днестра есть карстовые районы, что влияет на режим речного стока, особенно меженного.

Средний многолетний годовой сток р. Днестра (г. Бендеры, $F = 66\,100$ км²) составляет 10,69 км³. В маловодные годы 75- и 95%-ной обеспеченности этот показатель равен 8,64 и 6,56 км³ соответственно.

Водные ресурсы р. Днестра широко используются в народном хозяйстве. В 1990 г. общий водозабор в бассейне реки составил 1,7 км³. Данные о структуре водопотребления в бассейне р. Днестра приведены в табл. II.4.

В бассейне р. Днестра в пределах Украины имеется 58 водохранилищ (по данным на 01.01. 1990 г.) общей площадью водного зеркала (при НПУ) 245,2 км², полным объемом 3,29 км³, полезным объемом 2,15 км³ и 2742 пруда общей площадью водного зеркала 216,81 км² и суммарным объемом 0,23 км³. Выделяются три крупных водохранилища — Днестровское, буферное водохранилище Днестровской ГЭС и Дубоссарское (табл. II.6).

Днестровское водохранилище имеет комплексное назначение — энергетика, водоснабжение, орошение, борьба с наводнениями. С его помощью осуществляется сезонное (с переходом на многолетнее) регулирование стока. Буферное водохранилище служит для суточно-недельного регулирования стока (выравнивает попуски из Днестровского водохранилища). Длина Днестровского водохранилища 194 км, максимальная ширина 2,0 км, средняя — 0,73 км, максимальная глубина 54,0 м,

средняя — 21,0 м. Эти характеристики для буферного водохранилища соответственно равны: длина 20 км, ширина 0,52 и 0,30 км, глубина 9,0 и 5,3 м.

Дубоссарское водохранилище расположено в Молдове, в 531 км от устья реки, в узкой (35—70 км) наиболее асимметричной части бассейна. Его длина 128 км, средняя ширина 0,53 км, максимальная глубина 19,9 м, средняя — 7,2 м. Береговая линия Дубоссарского водохранилища изрезана глубокими разветвленными активными оврагами, откуда поступает с ливневыми и тальными водами большое количество твердого стока.

Таблица II.6. Основные характеристики Днестровского и Дубоссарского водохранилищ

Водохранилище	Год ввода	НПУ, м. абс.	УМО, м. абс.	Площадь водного зеркала при НПУ, км ²	Объем, км ³		Средний многолетний сток реки в створе гидроузла, км ³ /год
					полный	полезный	
Днестровское	1987	121,0	102,5	142	3,0	2,0	8,65
Буферное		72,0	67,0	5,91	0,031	0,023	8,65
Дубоссарское	1954	28,0	24,2	67,5	0,485	0,272	7,66

Под влиянием хозяйственной деятельности в бассейне сток р. Днестра претерпел изменения. В средний по водности год сток реки уменьшился на 1,1 км³ (11 %). В годы 75- и 95%-ной обеспеченности эти показатели составляют соответственно 1,0 (12 %) и 1,1 км³ (19 %). Изменения стока за вегетационный период: для среднего года 1,0 км³ (15 %), маловодного — 1,0 км³ (20 %), очень маловодного — 0,8 км³ (26 %) [II.107].

Для народного хозяйства Украины большое значение имеет р. Сев. Донец. Начало реки находится на южном склоне Среднерусской возвышенности, на высоте около 200 м над уровнем моря. Протекает с северо-запада на юго-восток и впадает в р. Дон выше г. Ростова-на-Дону, на высоте 5,2 м над уровнем моря. Длина реки 1053 км, площадь водозабора 98 800 км², общее падение реки 195 м, средний уклон водной поверхности 0,18 ‰ [II.94].

Правые притоки р. Сев. Донца дренируют северный склон Донецкого кряжа. Они имеют глубокие долины, в которые впадают многочисленные овраги и балки. Последние в течение лета большей частью бывают сухими. Левобережные притоки текут по равнине, имеющей общий наклон к югу.

Речная сеть в бассейне р. Сев. Донца развита неравномерно: более густая на правобережье и в нижней части бассейна — 0,20—0,40 км/км², на левобережье — 0,20 км/км². Структура речной сети приведена в табл. II.7 и II.8. В бассейне реки имеется 130 водохранилищ и 1772 пруда. Подавляющая часть водохранилищ расположена на притоках — по рекам Уды, Береке, Казенному и Сухому Торцу. Наиболее значительные из них — Печенежское на р. Сев. Донце и Краснооскольское на р. Осколе.

Печенежское водохранилище расположено в Харьковской обл. Используется оно для водоснабжения г. Харькова питьевой и технической водой. Площадь водного зеркала 86,2 км², полный объем 400 млн м³, полезный объем 40 млн м³.

Краснооскольское водохранилище находится в нижнем течении р. Оскола, в 12 км от устья. Водоохранилище входит в систему канала Сев. Донец — Донбасс и предназначается для пополнения расходов воды р. Сев. Донца в меженный период. Площадь водного зеркала 123 км², полный объем 546 млн м³, полезный объем 66 млн м³.

Таблица 11.7. Структура речной сети в бассейне р. Сев. Донца

Категория рек	Интервал дли рек, км	Коли- чество рек, шт.	Длина рек, км	Отношение длины рек в интервале к общей длине рек в бассей- не, %	Отношение сум- марной длины рек до верхнего пре- дела интервала к общей длине рек в бассейне, %
Самые малые	Менее 10	2687	7395	35,0	35,0
	10—25	306	4573	21,6	56,6
Малые	26—50	65	2204	10,5	67,1
	51—100	35	2636	12,4	79,5
Средние	101—200	13	1775	8,4	87,9
	201—300	3	726	3,4	91,3
	301—500	2	780	3,7	95,0
Большие	Более 500	1	1053	5,0	100
Всего		3112	21 142	100	

Таблица 11.8. Распределение рек в бассейне р. Сев. Донца по площади водосбора

Интервал площади водосбора, км ²	Количество рек в интер- вале, шт.	Отношение площади водосбора в интер- вале к общей пло- щади бассейна, %	Отношение суммар- ной площади водо- сбора до верхнего предела интервала к общей площади бассейна, %
Менее 50	71	17,1	17,1
51—100	118	28,4	45,5
101—200	97	23,3	68,8
201—500	70	16,8	85,6
501—1000	25	6,0	91,6
1001—5000	29	7,0	98,6
5001—10 000	3	0,7	99,3
Более 10 000	3	0,7	100
Всего	416	100	

Водные ресурсы р. Сев. Донца у г. Лисичанска ($F=52\,400\text{ км}^2$) составляют в средний по водности год $3,28\text{ км}^3$, в годы 75- и 95%-ной обеспеченности соответственно $2,41$ и $1,48\text{ км}^3$. У с. Кружиловки ($F=73\,200\text{ км}^2$) эти показатели соответственно равны $4,67$, $3,41$ и $2,08\text{ км}^3/\text{год}$. Под влиянием комплекса техногенных факторов сток р. Сев. Донца существенно изменился. Изменения составляют до 20—30 % в зависимости от водности года. О степени использования водных ресурсов реки можно судить по следующим данным. В 1990 г. забрано $3,9\text{ км}^3$ воды, из них безвозвратное водопотребление составило $1,6\text{ км}^3$. В то же время в реку сброшено $2,3\text{ км}^3$ сточных вод. В том же году по

каналу Днепр — Донбасс в бассейн р. Сев. Донца подано 0,205 км³ днепровской воды.

Река Юж. Буг берет начало в Винницкой обл. и течет преимущественно с северо-запада на юго-восток, впадает в Бугский лиман Черного моря. Длина реки 806 км, площадь водосбора 63 700 км², общее падение реки 321 м. До с. Новокозантинова долина реки асимметрична, ширина ее до 1,5 км. Левый берег низкий, пологий, правый — крутой, высокий с широкой заболоченной поймой. На территории Украинского щита долина реки суживается, ниже г. Винницы представляет собой каньон шириной 0,2—0,3 км с крутыми скалистыми склонами. Ниже с. Александровки долина расширяется, берега низкие, пологие, пойма шириной до 3,5 км. Речная сеть бассейна имеет древовидный рисунок. Средняя густота ее составляет около 0,35 км/км², в бассейнах рек Бужок, Ров достигает 0,60—0,70 км/км². Структура речной сети приведена в табл. 11.9.

Таблица 11.9. Структура речной сети в бассейне р. Юж. Буга

Категория рек	Интервал длин рек, км	Количество рек, шт.	Длина, рек, км	Отношение длины рек в интервале к общей длине рек в бассейне, %	Отношение суммарной длины рек до верхнего предела интервала к общей длине рек в бассейне, %
Самые малые	Менее 10	6273	12 076	53,6	53,6
	10—25	287	4382	19,4	73,0
Малые	26—50	52	1745	7,7	80,7
	51—100	23	1487	6,6	87,3
Средние	101—200	13	1683	7,5	94,8
	201—300	—	—	—	94,8
	301—500	1	354	1,6	96,4
Большие	501—1000	1	806	3,6	100
Всего		6650	22 533	100	

В бассейне р. Юж. Буга (по данным на 01.01. 1990 г.) имеется 6975 прудов и 192 водохранилища с суммарной площадью водного зеркала 740,3 км² и полным объемом 1507,2 млн м³ (или почти половина объема естественного годового стока реки в средний по водности год). По площади водного зеркала прудов и водохранилищ р. Юж. Буг — наиболее зарегулированная крупная река Украины. На 1 км² ее бассейна приходится 1,14 га водного зеркала. Это больше, чем в бассейне р. Днепра (0,58 га/км² без водохранилищ Днепровского каскада), р. Днестра (0,51 га/км²) и р. Сев. Донца (0,96 га/км²).

Ресурсы естественного речного стока р. Юж. Буга в средний по водности год составляют 3,28 км³, а в годы 75- и 95%-ной обеспеченности соответственно 2,27 и 1,45 км³.

Под влиянием комплекса техногенных нагрузок естественный сток р. Юж. Буга существенно изменился. Средний годовой сток уменьшился на 0,78 км³ (или 24,1 % естественного), а в годы 75- и 95%-ной обеспеченности соответственно на 0,76 (33,5 %) и 0,63 км³ (43,4 %). Изменение стока за вегетационный период еще значительнее — 0,66 (42,6 %), 0,72 (73,5 %) и 0,39 км³ (63,9 %) соответственно для среднего, 75- и 95%-ной обеспеченности года по водности [II.107]. В 1990 г. объем используемых водных ресурсов в бассейне р. Юж. Буга достиг

объема среднемноголетнего стока. Всего в этом году забрано 2527 млн м³ воды, в том числе из поверхностных источников 2255 млн м³ (из них 143 — для хозяйственно-питьевых, 1797 — для производственных целей, 202 — на орошение, 156 млн м³ на сельскохозяйственное водоснабжение). В то же время в реку было сброшено 1836 млн м³ сточных вод, из которых загрязненных 83, нормативно чистых без очистки 1633 и нормативно очищенных после очистки 117 млн м³.

Наиболее крупными водопотребителями в Украине являются промышленность, на долю которой приходится 46 % общего водопотребления, сельское хозяйство — 43 % и жилищно-коммунальное хозяйство — 11 %. В системах оборотного водоснабжения в промышленности используется более 66 км³ воды в год.

Таким образом, водохозяйственные мероприятия, особенно по регулированию стока, и сельскохозяйственные мелиорации существенно влияют на водные ресурсы, климат, рельеф, почвенный покров, растительный и животный мир и на другие компоненты природной среды не только тех территорий, на которых они осуществляются, но и на сопредельных. Орошение больших площадей, завышенные нормы полива, фильтрация из каналов и водохранилищ, неудовлетворительное состояние водопроводной сети в населенных пунктах — все это привело к подтоплению больших территорий, изменению хода почвенных процессов.

Концентрация значительных объемов воды в водохранилищах создает местные нагрузки, что сказывается на геологических и гидрогеологических процессах.

Расширение площадей пахотных земель, сокращение естественных угодий, уплотнение почвы вследствие ее деструкции и под воздействием тяжелых сельскохозяйственных и транспортных машин приводит к интенсивной плоскостной и линейной эрозии, резкому изменению гидрологического режима.

Ежегодный сброс в реки более 20 км³ сточных, в том числе более 3,0 км³ загрязненных вод, особенно вод с сельскохозяйственных полей, содержащих удобрения, пестициды и гербициды, с одновременным снижением вследствие зарегулированности рек естественной самоочищающей способности водотоков приводит к развитию зеленых водорослей, к изменению условий обитания живых организмов. Кроме того, со сточными водами в реки попадают нефтепродукты, тяжелые металлы, что делает эти воды опасными для использования в коммунальном хозяйстве и пищевой промышленности. Все это необходимо учитывать при разработке комплексных природоохранных мероприятий.

II.1.3. Геоморфологические и ландшафтные факторы

Взаимодействие геологической и геофизической среды с обществом через общественное производство во многом определяет жизненные условия человека. Здесь возникает понятие о природопользовании как системе для изучения, освоения, использования и восстановления на научной основе природы и природных ресурсов. Отсюда ясна роль географической оболочки, в частности ландшафтов или природно-территориальных комплексов (ПТК) разных рангов, в эволюции геологической среды и создании экологических обстановок. Для решения проблем экологической геологии Украины необходим анализ ландшафтов и элементов ПТК (геологической основы, рельефа, почв, вод, климата, растительного и животного мира), их статике, природного состояния (факторов), кинематики, изменений под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Устойчивость и изменчивость экосистемы, зависящие от природных

и техногенных (антропогенных) факторов территории Украины, нормирование техногенных нагрузок и регламентация использования природных ресурсов связаны с *природной зональностью*. В северной части Украины выделяются ПТК смешанных лесов, в средней — подольской и приднепровской лесостепи, на юге — ПТК донецких и причерноморских степей. В горах ПТК изменяются с высотой: в Горном Крыму — южнобережные крымские и яйлинские ПТК, в Украинских Карпатах — предкарпатские, верховинские и полонинские ПТК. Ландшафты, в свою очередь, так же изменяются с высотой в зависимости от ярусности рельефа платформенной части Украины (табл. II.10).

Размещение природных комплексов подчинено определенным закономерностям. Их зональные, региональные и локальные особенности, связь с возобновимыми и невозобновимыми природными ресурсами влияют на производство, особенно сельскохозяйственное. Высокий уровень освоения территории Украины — сельскохозяйственной, промышленной, градостроительной, гидротехнической, мелиоративной, рекреационной. В степной и лесостепной зонах распаханы 75—85 % территории. Для республики характерны малая лесистость (13,9 %), низкая запасаемость (1,5 %), большая доля пашни в сельскохозяйственных угодьях (80 %), мелиорируемые земли занимают более 5,2 млн га (2,3 — орошаемые, 2,9 — осушенные).

К *зональным* проблемам экологии и природопользования относятся в зоне смешанных лесов — обоснование экологической эффективности осушительной мелиорации, рациональное ведение лесного хозяйства, рекультивация нарушенных земель, борьба с дефляцией песчаных массивов путем лесопосадок; в лесостепной зоне — мелиорация, борьба с эрозией и оползнями, повышение плодородия почв, обеспечение оптимального землеустройства; в степной зоне — экономное использование влаги, орошение земель, использование «просадочных» территорий, новые виды обработки почв (безотвальная, полосчатое земледелие), устранение неблагоприятных экологических последствий (подтопление, засоление, эрозия, заиливание), размещение полевых защитных лесных полос; в горных районах — рациональное землепользование, использование рекреационных ресурсов, борьба с негативными экзогенными процессами, природоохранные мероприятия и др. [II.57, с. 16].

В Украине установлены также *азональные* закономерности в размещении ПТК, объясняемые геолого-геоморфологическими особенностями и изменением климатических условий (усиление континентальности) в направлении с запада на восток. Влияние особенностей петрографического состава пород, рельефа, неотектоники, реликтовых геоморфологических ландшафтов (ледниковой и перигляциальной палеозон, аридного комплекса) в значительной мере предопределяет дифференциацию ландшафтов равнин и гор. Все это обуславливает хозяйственное использование и степень преобразования ландшафтов Украины (табл. II.11).

Системный подход к ПТК, базирующийся на главных классификационных признаках (происхождении, свойствах, структуре), дает основу классификации ландшафтов и их картографирования в ходе полевой съемки. В Украине составлены ландшафтные карты разных масштабов, используемые для рационального освоения территорий. Физико-географическое районирование включает группу зональных (пояс, зона, подзона) и а зональных (страна, провинция, область, район) таксонов. С делением физико-географических единиц до областей в Украине выделено 14 провинций и 55 областей [II.57, с. 27].

Ландшафты, являясь объектами проектируемого хозяйственного воздействия и преобразования, предопределяют различные виды природопользования. Установление сочетания интенсивности, продолжительности хозяйственного воздействия, свойств ландшафтов, их преобразова-

Таблица 11.10. Геоморфологические уровни платформенной

Уровень	Господствующие абсолютные высоты, м	Время вступления в континентальный период развития	Суммарная амплитуда неотектонических движений за период антропоген, м
Подольский	300—350	N_1	300—350
Бугско-Днепровский	200—300	P_{2-3}	200—300
Донецкий	200—250	$K_2 - P$	200—300
Южнополесский	150—180	P_3	50—100
Приднепровский	100—150	$P_3 - N$	0—100
Причерноморский	50—100	N_2	—50...+50

ния способствует выработке экологических норм и прогнозов. П. Г. Шищенко [11.124, с. 41—43] предлагает рассчитывать коэффициент антропогенной преобразованности по такой формуле: $K_{ап} = \frac{\sum(r_i p_i q_i) n}{100}$, где r —

ранг антропогенной преобразованности ландшафтов i_m видом использования; p — площадь ранга, %; q — индекс глубины преобразованности ландшафта; n — количество выделов в пределах контура ландшафтного региона. Тогда $K_{ап}$ изменяется в пределах $0 < K_{ап} \leq 10$. Коэффициент различен по ландшафтным регионам (табл. 11.11). Наиболее изменены ландшафты Донецкого ($K=7,43$), Приднепровского (7,52), Криворожского (7,60) районов, наименее — горных районов Украинских Карпат (Полонинско-Черногорские Карпаты — 2,88) и Крыма (Главная гряда — 3,27). На основе данного подхода составлена карта антропо-

Таблица 11.11. Хозяйственное использование и преобразо

Ландшафтный регион	Площадь, тыс. км ²	Виды и объемы				
		Пашня	Сады, виноградники	Луга	Леса, кустарники	Болота, плавни, заболоченные земли
Юго-запад Восточно-Европейской равнинной страны (Украина)	603,745	56,9	1,7	12,5	16,4	2,0
Лесная хвойно-широколиственная зона	91,486	22,7	0,3	14,8	46,3	4,8
Лесная широколиственная зона	43,767	62,0	0,7	5,9	21,4	0,4
Лесостепная зона	190,556	66,1	1,0	10,0	11,0	1,2
Степная зона	193,754	68,6	2,7	15,5	3,2	0,7
Сухостепная зона	44,312	59,3	5,0	11,3	5,2	8,5
Украинские Карпаты	34,054	26,3	0,5	14,0	48,4	0,0
Горный Крым	5,824	23,6	4,8	6,4	36,1	0,0

Средняя мощность антропогенных отложений на междуречьях, м	Тип уровня	Скорость современных тектонических движений, мм/год
5—10	Денудационный	5—10
8—15	То же	0—5
5—7	»	2—3
10—20	Аккумулятивно-денудационный	3—10
20—30	Аккумулятивный	—0,3...+5
25—35	То же	От 0 до —2 и больше

генной преобразованности ландшафтов. В Украине преобладают $K_{ап} = 5,31$. Это очень высокая напряженность природной среды, которая требует жесткого нормирования техногенных нагрузок.

В Украине среди прочих аргументов на основе конструктивно-географического анализа не были подкреплены экологическими экспертизами такие проекты, как строительство Чигиринской и Крымской АЭС, водохозяйственного комплекса Дунай — Днепр и др. Для эколого-географической обеспеченности разрабатываются ландшафтные подходы к оптимальной функциональной организации регионов, в том числе с учетом геосистемного мониторинга. При создании Генеральной схемы использования и охраны естественных ресурсов разработан конструктивно-географический подход, способствующий нормированию техногенных нагрузок и соблюдению экологических законов. При этом реша-

ванность ландшафтных регионов Украины [II.58, с. 421]

ты землепользования, %

Водохранилища, пруды	Реки, каналы	Городская застройка	Сельская застройка	Горнопромышленные земли	Дороги	Заповедники	Прочее	$K_{ап}$
1,7	1,3	1,2	2,4	0,1	1,6	0,2	2,0	6,86
1,7	3,7	0,8	1,5	0,0	1,3	0,2	1,9	5,10
0,2	0,8	1,1	2,9	0,0	2,6	0,0	1,0	6,93
2,0	1,4	1,1	3,4	0,0	1,7	0,0	1,1	7,22
2,0	0,2	1,7	2,0	0,1	1,4	0,0	1,9	7,48
1,1	0,4	0,8	1,1	0,1	1,3	0,8	5,1	6,48
0,2	0,7	0,8	1,8	0,0	2,1	0,4	4,8	5,01
0,3	1,0	1,8	0,9	0,0	2,2	12,4	10,5	4,78

ются следующие задачи: 1) согласование схем и возможностей природных ресурсов, обеспечивающих минимальный ущерб окружающей среде; 2) согласование в Генеральной схеме мероприятий по предотвращению действия негативных физико-географических процессов; 3) увязка отраслевых и региональных схем и проектов, обеспечивающая географическую увязку всех видов природопользования и ограничения хозяйственной деятельности в регионах [II.124, с. 182] (табл. II.12).

Таблица II.12. Структурно-функциональная организация ландшафтных регионов [II.124, с. 183]

Ландшафтно-планировочная зона, регион	Факторы преобразования и оптимизации структуры ландшафтов
Лесная, хвойно-широколиственная, влажная, умеренно теплая, лесохозяйственно-земледельческая	Осушительно-увлажнительные, фрагментарные противозерозионные, противодефляционные мелиорации; оптимизация теплового и влажностного режимов, внедрение луговых, лугово-пастбищных, лугово-полевых севооборотов на мелиорированных болотных ландшафтах; складывающаяся урбанизация, познавательная и оздоровительная рекреация
Лесная, широколиственная, влажная с островной лесостепью	Осушительно-увлажнительные и противозерозионные мелиорации, складывающаяся урбанизация, преимущественно летняя оздоровительная и познавательная рекреация
Лесостепная, недостаточно влажная, теплая	Противозерозионные мелиорации с почвозащитной технологией и севооборотами, интенсивное земледелие, складывающаяся и очаговая интенсивная урбанизация, преимущественно летняя познавательная и оздоровительная рекреация
Степная, засушливая, очень теплая	Противозерозионные и оросительные мелиорации, интенсивное земледелие, сложившаяся интенсивная урбанизация, преимущественно оздоровительная рекреация
Сухостепная, очень засушливая	Оросительные, противодефляционные, противосолевые мелиорации, интенсивное земледелие, очаговая урбанизация, массовая лечебная и оздоровительная рекреация
Крымский низко-среднегорный	Противосолевые, противозерозионные мелиорации, склоновое земледелие, очаговая урбанизация, массовая лечебно-оздоровительная и познавательная рекреация
Карпатский среднегорный	Противозерозионные, противооползневые, противолавинные мелиорации, лесное хозяйство, очаговое земледелие, регламентированная урбанизация, массовая зимняя и летняя горно-спортивная, познавательная и оздоровительная рекреация

Осуществление ряда мероприятий, связанных с природопользованием и экологией по всей Украине, по областям и регионам, нуждается в картографическом отражении природных и социальных изменений, многообразия факторов, определяющих экологическую ситуацию на их территории. В Институте географии АН Украины разработаны основы для создания эколого-географического атласа, отражающего состояние среды и здоровья населения. В содержании и структуре атласа должны быть отражены природные, экологические и социальные условия отдельных регионов, а также угнетающее воздействие источников загрязнения.

Атлас будет включать в себя и общие разделы о природе, населении, экологическом балансе и районировании, о мониторинге среды и др. Подобные атласы планируются составлять также для отдельных регионов, уже издана серия из 55 карт «Природная среда и человек».

Один из важных факторов экологической геологии — рельеф и слагающие его горные породы, его генетические и морфологические особенности, динамика, подверженность к техногенному воздействию (устойчивость).

Природные изменения рельефа и рельефообразующих отложений являются предпосылками возникновения экологических и природоохранных проблем. Главные климатические предпосылки изменений рельефа — изменение рельефообразующих процессов согласно широтной зональности и высотной поясности. На равнинах можно выделить гумидную (лесную), семиаридную (лесостепную) и аридную (степную) морфоклиматические зоны. Наряду с этим на рельефообразование Украины влияют уменьшение количества атмосферных осадков в направлении с запада на восток, пути движения циклонов (влияние на ливнеударные склоны), изменение ливневого характера осадков (преобладающих в лесостепной зоне), а также климатические ритмы, в частности внутри-вековые (11, 33, 80-летние), приводящие к чередованию засушливого либо половодного морфологического режима.

Природными предпосылками развития рельефа являются неотектоника и современные движения земной коры, обусловившие ярусность рельефа (табл. II.10) и интенсивность экзогенных процессов. Низменные опускающиеся равнины Украины отличаются естественными явлениями аккумуляции отложений, блужданием рек, заиливанием водоемов, поднятием уровня грунтовых вод, заболачиванием, засолением, требуют экологических мер — дренажа, защиты земель дамбами, дноуглубления. На возвышенных равнинах, в предгорьях и горах поднятия земной коры усиливают разрушительные процессы. В этом случае необходимы рельефостабилизирующие мелиорации.

В Украине прослежены определенные закономерные сочетания природных и антропогенных факторов, отразившиеся в рельефе и рельефообразующих породах.

Антропогенные изменения рельефа в Украине происходят при создании преобразованных ландшафтов под действием разных видов хозяйственной деятельности человека, которые связаны с современным и историческим этапами освоения, заселения и хозяйственного преобразования. Рельеф претерпел изменения разной степени. Они коснулись 96 % территории Украины. Их можно разделить на следующие типы: 1) широтно-зональные, связанные с земледелием, мелиорацией земель, лесоводством применительно к условиям природных географических зон в пределах платформенной территории; 2) высотно-зональные, связанные с особенностями деятельности человека в горных областях в разных высотно-природных зонах (Крым, Украинские Карпаты); 3) азональные, связанные с объектами хозяйственной деятельности независимой от зональных природных условий (линейные — дорожные, трубопро-

водные и др.; площадные — городского и промышленного строительства, горно-промышленных разработок).

Широтно-зональные изменения привели в степной зоне — к ускорению водной и ветровой эрозии, физического и химического выветривания, локальным проседаниям, засолению и подтоплению на орошаемых землях; в лесостепной зоне — к ускорению эрозии, особенно на холмистых равнинах Волыно-Подольской и Приднепровской возвышенностей, затуханию или ускорению оползневых процессов на склонах долин рек и балок; в лесной зоне — к затуханию эрозивных процессов на залесенных песчаных массивах Полесья, уменьшению площади заболоченных земель, усилению эрозивных процессов на распахиваемых песчаных и супесчаных массивах и осушенных торфяниках.

Зональные изменения рельефа в результате хозяйственной деятельности вызвали появление форм рельефа двух категорий: 1) природно-антропогенной, «инспирированной» к жизни человеком впервые, — овраги, оползни, оплывины; 2) антропогенной, специфичной в каждой природной зоне, связанной с освоением природы, мероприятиями по борьбе с негативными явлениями (противоэрозийные, ирригационные, противооползневые, дренажные, противоселевые).

Азональные площадные изменения рельефа в большей степени связаны со строительными селитебными причинами. Созданные здесь формы рельефа можно подразделить на выработанные древние (пещеры, ямы, рвы, горные выработки, засыпанные или занесенные природным путем, древние оросительные системы); выработанные молодые (рвы, выемки, карьеры, тоннели, подземные хранилища, гаражи, катакомбы, спланированные склоны, искусственно вызванные к жизни овраги, оползни, осыпи, пруды, водохранилища, каналы, водозаборы, скважины, колодцы); аккумулятивные древние (валы, курганы, холмы, могильники, стойбища, городища, свалки); аккумулятивные молодые (дамбы, насыпи, намывные и насыпные террасы, засыпанные овраги, подпорные стенки, отвалы, свалки, замкнутые карьеры, искусственные пляжи, рекреационные террасы и поверхности, отстойники).

Вокруг и внутри городов образовались специфические формы рельефа: карьеры и отвалы (Одесса, Николаев, Херсон, Белгород-Днестровский, Кривой Рог); оборонительные сооружения (Киев, Каменец-Подольский, а также известный в Среднем Приднпровье Змиев вал); рекреационные (Киев, Черкасы, Днепропетровск, Одесса, Львов) с искусственными пляжами, островами, пересыпями, горками, прудами и пр.; техногенные овраги, густота которых увеличивается до 1—2 км/км² (Одесса, Киев, Черкасы); искусственно вызванные оползни (Одесса, Киев).

II.1.4. Геологические факторы

II.1.4.1. Эндогеодинамические факторы

II.1.4.1.1. Неотектоника

Неотектонические особенности территории Украины — один из важных факторов геологической среды, определяющих ее динамическое состояние в неоген-четвертичное время и на современном этапе. В настоящее время обосновано выделение нового направления — экологической неотектоники [11.75]. Основные задачи эколого-неотектонических исследований: анализ пространственно-временных закономерностей динамики тектонических структур на протяжении неотектонического этапа; выявление разных неотектонических режимов и обстановок; анализ эволюции неотектонических структур разных типов и рангов с оценкой степе-

ни унаследованности их развития на современном этапе, что определяет «эндодинамический статус» структур и экологическую устойчивость территории.

В неоген-четвертичное время на территории Украины проявились вертикальные и горизонтальные движения земной коры в рамках платформенного и орогенного режимов и различных неотектонических обстановок, характеризующихся разной направленностью неотектонических движений земной коры, дифференцированными суммарными амплитудами и скоростями. Особые эндодинамические условия характерны для зоны перехода между орогенами и платформами.

В платформенной части Украины выделены зоны: 1) проявления унаследованных прерывисто-непрерывных неоген-четвертичных движений земной коры с обстановками длительных интенсивных воздыманий; длительных относительно менее интенсивных воздыманий, усложненных процессами глиниозостазии и галокинеза; умеренных и слабых миоценовых и весьма активных плиоцен-четвертичных воздыманий; непрерывных интенсивных опусканий; 2) проявления колебательных движений земной коры с обстановками высоко контрастного инверсионного режима с относительно слабыми доинверсионными опусканиями и интенсивными послейинверсионными поднятиями (или наоборот); умеренно контрастного инверсионного режима, характеризующегося сбалансированностью масштабов доинверсионных и послейинверсионных движений; однократных (или многократных) изменений знака движений, характерных для особо мобильных структур.

В орогенных областях выделены обстановки сводово-глыбовых воздыманий, глыбово-покровных и складчато-глыбовых движений в условиях тангенциального сжатия; глыбовых дифференцированных движений, вулканической активизации.

Геодинамическая позиция переходных зон определяется их положением между орогенными, различными платформенными структурами (перикратонными прогибами, окраинной впадиной), шельфовой зоной. Характерной особенностью переходных зон являются весьма частые перестройки неотектонических планов и повышенная неотектоническая активность.

На территории Украины выделяются таксоны неотектонического районирования разного ранга.

Платформенные структуры, характеризующиеся проявлением дифференцированных, преимущественно вертикальных движений земной коры. Провинция Восточно-Европейской платформы. 1. Область Украинского щита, испытавшего унаследованные и колебательные движения земной коры. Подобласти: а) унаследованных дифференцированных (здесь и далее — суммарные амплитуды 100—300 м) неоген-четвертичных поднятий; б) колебательных движений — дифференцированных миоценовых опусканий (до 100 м) и послесреднесарматских поднятий (100—300 м); дифференцированных миоценовых опусканий (до 50 м) и относительно слабых (0—100 м) послепонтических поднятий.

2. Область эпиплатформенного Донецкого складчатого сооружения, испытавшего унаследованные прерывистые поднятия. Подобласти поднятий: а) весьма активных (300—360 м); б) умеренных (200—250 м); в) слабых (150—200 м).

3. Область Припятско-Днепровского прогиба, испытавшая дифференцированные, преимущественно унаследованные поднятия. Подобласти: а) унаследованных дифференцированных поднятий (100—250 м); б) колебательных движений — слабых миоценовых опусканий и послесреднесарматских поднятий (100—150 м).

4. Область Днестровского перикратонного прогиба, испытавшая дифференцированные, преимущественно колебательные движения. Подобласти: а) унаследованных дифференцированных поднятий (100—

250 м), б) колебательных движений — относительно слабых раннемиоценовых опусканий (до 500 м) и весьма активных послебаденских поднятий (350—360); активных раннемиоценовых опусканий (до 100 м) и умеренных послесарматских поднятий (260—280 м); активных миоценовых опусканий (до 200 м) и весьма активных послесарматских поднятий (250—300 м), весьма активных раннемиоценовых опусканий (600 м) и умеренных послепонтийских поднятий (240 м).

5. Область Южно-Украинской моноклинали, испытавшей дифференцированные колебательные движения. Подобласти: а) дифференцированных миоценовых опусканий (100—500 м) и послесарматских поднятий (0—80 м); б) устойчивых неогеновых опусканий (до 500 м) и весьма слабых четвертичных поднятий.

Провинция Западно-Европейской платформы. Ростовская область дифференцированных колебательных неоген-четвертичных движений. Подобласти: а) относительно слабых и умеренных раннемиоценовых опусканий (до 50 м) и активных послебаденских поднятий (300—320 м); б) активных раннемиоценовых опусканий (400—700 м) и относительно слабых и умеренных послебаденских поднятий (до 200 м).

Провинция Центрально-Евразийской платформы (Скифской плиты).

1. Область Равнинного Крыма, испытавшая дифференцированные колебательные движения земной коры. Подобласти: а) весьма активных неогеновых и четвертичных опусканий (100—500 м) и весьма слабых локальных четвертичных поднятий; б) активных неогеновых опусканий (50—200 м) и дифференцированных четвертичных поднятий (50—80 м).

2. Область эпиплатформенного складчатого сооружения Добруджи и Придобруджского прогиба. Подобласти: а) устойчивых неогеновых опусканий (550 м) и активных позднеплиоцен-четвертичных поднятий (150 м); б) позднесармат-понтийских и четвертичных опусканий (500—550) и ранне-, средне- и позднемиоценовых поднятий (до 50 м); в) устойчивых неоген-четвертичных опусканий (до 650 м).

Орогенные структуры, характеризующиеся проявлением складкообразовательных процессов, вертикальных и тангенциальных движений земной коры, вулканизма, повышенной сейсмичности. *Карпатская орогенная провинция.* Испытала весьма активные дифференцированные вертикальные и горизонтальные движения; вовлечена в орогенез в конце олигоцена — начале миоцена.

1. Область высокоактивных орогенных морфоструктур, испытавших весьма активные (1800—2000 м), унаследованные с доорогенного этапа развития воздымания, сочетающиеся с активными, преимущественно сдвиговыми деформациями и характеризующиеся высокими градиентами средних скоростей неотектонических движений.

2. Область высокоактивных орогенных морфоструктур, испытавших складчато-глыбовые движения в условиях тангенциального сжатия. Подобласти: а) внутренняя орогенная зона, испытавшая дифференцированные преимущественно глыбовые воздымания, сочетающиеся со взбросо-сдвиговыми и сдвиговыми деформациями (1000—1800 м); б) внешняя орогенная зона, испытавшая прерывисто-непрерывные воздымания (1000—1600 м); в) остаточного прогиба, испытавшего прерывисто-непрерывные воздымания (1000—1400 м), сбросовые и сдвиговые деформации.

3. Область внутреннего прогиба (депрессии), испытавшего колебательные движения, складкообразовательные процессы, вулканизм. Подобласти: а) активных неоген-четвертичных опусканий (до 2500 м) и весьма слабых голоценовых поднятий (до 10 м); б) менее активных неогеновых опусканий (до 2000 м) и умеренных плиоцен-четвертичных поднятий (до 250 м); в) неогенового вулканизма и относительно активных четвертичных поднятий (200—300 м).

4. Область Предкарпатского предгорного прогиба, испытавшего инверсионные движения, сопряженные с проявлением вертикальных и горизонтальных движений. Подобласти: а) весьма активных раннемиоценовых опусканий (до 8000 м) и активных послебаденских поднятий (400—600 м); б) активных раннемиоценовых опусканий (до 4000—5000 м) и весьма активных послебаденских поднятий (1200 м); в) активных раннемиоценовых опусканий (до 4000 м) и относительно слабых послераннесарматских поднятий (до 100 м); г) умеренных раннемиоценовых опусканий (1000—1500 м) и относительно слабых послесарматских поднятий (100—200 м); д) относительно слабых миоценовых опусканий (до 300 м) и активных послераннесарматских поднятий (200—250 м).

Крымская орогенная провинция, испытавшая активные дифференцированные глыбовые движения, складкообразовательные процессы, вовлеченная в рекуррентный орогенез в позднеальпийскую эпоху (после раннеальпийского этапа орогенной активизации, сменившегося этапом стабилизации движений).

1. Область дифференцированных позднемиоцен-четвертичных воздыманий. Подобласти: а) активных сводово-глыбовых воздыманий (1000—1500 м); б) менее активных глыбовых воздыманий (800—1000 м); в) относительно слабых складчато-глыбовых воздыманий (400—600 м); г) умеренных глыбовых воздыманий (600—800 м).

2. Область Индоло-Кубанского предгорного прогиба, испытавшего активные позднеолигоцен-раннемиоценовые опускания и относительно слабые плиоценовые и четвертичные поднятия; складкообразовательные процессы. Подобласти: а) активных позднеолигоцен-раннемиоценовых опусканий (1000—1500 м) и относительно слабых позднемиоцен-четвертичных поднятий; б) активных миоценовых опусканий (1500 м) и слабых плиоцен-четвертичных поднятий; в) весьма активных неогеновых опусканий (до 2000 м) и весьма слабых четвертичных поднятий.

На неоген-четвертичном этапе развития установлены периодические изменения тектонической активности. В развитии платформенных структур выделяются ранне-среднемиоценовый, позднемиоцен-плиоценовый и четвертичный подэтапы относительного ослабления неотектонической активности, олигоцен-раннемиоценовый, среднемиоценовый, позднелигоцен-раннечетвертичный подэтапы усиления неотектонической активности; в развитии орогенных структур выделены позднеэоцен-олигоцен-ранне- и среднемиоценовый подэтапы ослабления тектонической активности и несколько эпизодов неотектонических активизаций, которые синхронно проявились в раннем и среднем миоцене, а также на границе плиоцена и антропогена.

Современные медленные тектонические движения земной коры, как и неогенчетвертичные, характеризуются весьма высокой изменчивостью в пространстве, что подчеркивается изменением скоростей и градиентов скоростей вертикальных и горизонтальных перемещений земной поверхности.

II.1.4.1.2. Сейсмическая активность

Главным проявлением сейсмической активности являются землетрясения, возникающие при разрывах сплошности геологической среды на разных глубинах или при подвижках вдоль существующих разломов в процессе разрядки тектонических напряжений.

На территории Украины существуют два сейсмических региона — Крымский и Карпатский. В Крымском регионе землетрясения с магнитудами $M \geq 5$, при которых интенсивность сотрясений в эпицентре превышает 7 баллов, происходят редко. За 2000-летний доинструменталь-

ный (до 1928 г.) период известно несколько разрушительных землетрясений, эпицентры которых находились вблизи мыса Херсонес, Южного берега Крыма (ЮБК) и в районе Керчь — Анапа. Последние сильные землетрясения произошли в Ялтинско-Алуштинской очаговой зоне 26 июня и 11 сентября 1927 г. Они послужили толчком к развитию инструментальных сейсмологических наблюдений в Крыму [II.104].

Сейсмическая активность Крымского региона проявляется на фоне современных движений блоков земной коры и приурочена к разделяющим их зонам разломов. В настоящее время испытывают поднятия Горный Крым, Тарханкутский п-ов и район Мысового на Керченском п-ове [II.9]. В то же время Керченский п-ов в целом, Сиваш и часть Каркинитского залива опускаются. В последние 10 тыс. лет происходит также опускание дна Черного моря, скорость которого на расстоянии 15—30 км от ЮБК составляет 10 мм/год [II.4]. Зона контрастных движений соответствует области максимальных механических напряжений в земной коре. В ней и возникают очаги сильных землетрясений. Они в основном расположены на расстоянии 10—50 км на юг от Крымского п-ова, в полосе крутого материкового склона, отделяющего Горный Крым от глубоководной впадины Черного моря. Средняя глубина залегания таких очагов составляет 15—20 км. По результатам доинструментальных и инструментальных наблюдений землетрясений, связанных с очагами центральной части региона (вблизи ЮБК), для района Ялты — Алушты получено, что средние периоды сотрясений интенсивностью 6, 7, 8 баллов соответственно равны 20, 100 и 500 лет [II.104]. Исследования последнего времени, данные сейсмотектоники и археологии свидетельствуют о существовании Южно-Азовской сейсмической зоны, приуроченной к сочленению Индоло-Кубанского прогиба и Скифской платформы. Здесь известны древние сильные землетрясения до 8—9 баллов [II.104].

Украинская часть Карпатского региона делится на три сейсмоактивные области: Закарпатье, Предкарпатье и Буковину.

Закарпатье характеризуется очагами землетрясений интенсивностью 6—7 баллов. Очаги, расположенные на смежной территории (в Венгрии, Румынии, Чехии и Словакии), также вызывают в Закарпатье сотрясения интенсивностью 6—7 баллов [II.104]. Период повторяемости семибалльных землетрясений — 33 года, а пятишести-, четырех- и трехбалльных соответственно 10, 4 и 2 года. Глубина очагов небольшая (2—10 км), сейсмический эффект быстро убывает с увеличением расстояния от очага. Очаги сконцентрированы в основном в районах Тячев — Сигет, Турулунг, Сигет — Свалява, Ужгород — Мукачево и Берегово.

В Предкарпатье известны тектонические шестибалльные землетрясения в районе г. Червонограда и пгт Шкло. Известны также техногенные землетрясения в районе нефтепромыслов г. Долины (Ивано-Франковской обл.). В 1974—1976 гг. здесь произошли шесть землетрясений, интенсивность которых составила 3—5 баллов [II.104]. В 1987 г. в районе г. Калуша, тектонически ослабленном горными соляными выработками, наблюдалось землетрясение, по-видимому, обвального характера, вследствие которого были повреждены десятки домов [II.102].

На Буковине сила локальных землетрясений не превышает 6 баллов.

Для территории Украины существенную сейсмическую опасность представляют землетрясения, возникающие в Румынии (в изгибе Карпатской дуги) — район гор Вранча. К этому участку Карпат приурочены очаги всех сильных землетрясений, отмечавшихся в юго-западной части нашей страны. Из исторических источников установлено более 20 сильных землетрясений [II.104]. За последние 200 лет известно семь землетрясений интенсивностью в эпицентре 8,5—10 баллов, из которых две пары (1829 и 1838, 1977 и 1986 гг.) произошли с интервалом де-

вать лет. Средний период повторяемости 9—10-балльных землетрясений составляет 35 и 105 лет. В связи с тем что глубина очагов в зоне Вранча достигает 100—170 км, макросейсмический эффект от землетрясений этого района прослеживается на больших удалениях от эпицентра [II.101].

На Буковине максимальный разрушительный эффект от сильных землетрясений в зоне Вранча выше 6 баллов [II.104], т. е. превышает по силе проявление собственных буковинских землетрясений. В Восточном Предкарпатье сильнейшие землетрясения, связанные с зоной Вранча (26.10. 1802 г., 23.01. 1838 г., 06.10. 1908 г. и 10.11. 1940 г.), достигали 5—6 баллов. На юго-западе Украины одно из последних сильных землетрясений в зоне Вранча (30.08. 1986 г.) проявилось с силой 7 баллов в городах Измаиле, Рени и Болграде, шестибалльная изосейста охватывает территорию до г. Одессы, включая города Вилково и Килию, Белгород-Днестровский и Днестровск, а пятибалльная — доходит до г. Николаева [II.86].

Однако приведенная интенсивность сотрясений от землетрясения 30.08. 1986 г. не может рассматриваться как предельно возможная для данной территории и служить критерием для оценки максимальной сейсмической опасности. Необходимо отметить, что макросейсмический эффект на земной поверхности зависит от особенностей очагов зоны Вранча. При формировании их на глубине 100 км наблюдается более ослабленный макросейсмический эффект на земной поверхности. В случае землетрясений, очаги которых расположены на глубине 150 км, развитие разрыва среды направлено в сторону земной поверхности и сила сотрясений оказывается более существенной, чем в случае очагов, сформировавшихся на глубине до 100 км [II.104]. Сам процесс образования разрывов и особенности направления смещений отдельных участков среды вдоль разломов также оказывают влияние на интенсивность сотрясений. В связи с этим в некоторых случаях наблюдаются явления большего макросейсмического эффекта от более слабого события. В частности, на территории Молдовы при землетрясении 30.08. 1986 г. ($M=7,0$) в городах Кишиневе и Кагуле разрушения оказались более значительными (8 баллов), чем при более сильном 04.03. 1977 г. ($M=7,2$). Это объясняется тем, что разрыв сплошности, начавшийся при землетрясении 30.08 1986 гг. в юго-западной части очаговой зоны Вранча, был направлен в сторону северо-восточной ее окраины [II.101].

При анализе сейсмической опасности территории Украины необходимо учитывать, что линии, оконтуривающие области равной интенсивности на картах сейсмораионирования, в определенной мере условные, так как базируются на сведениях, известных на конкретный период времени. Каждое новое разрушительное землетрясение, возникающее в очаговой зоне Вранча, по специфике подвижек может внести изменения в существующие представления о возможных максимальных сотрясениях в ряде районов. Примером могут быть различия оценки уровня максимальной интенсивности сотрясений на территории Буковины. По материалам районирования [II.103], где учтены макросейсмические данные о наиболее сильных землетрясениях зоны Вранча (26.10. 1802 г., 06.10. 1908 г., 10.11. 1940 г.), семибалльная изосейста оконтуривала часть Буковины, включая г. Черновцы. На более поздней карте сейсмораионирования [II.104], для построения которой по западной части Украины было отдано предпочтение данным о землетрясении 04.03. 1977 г., семибалльная зона на территории Буковины отсутствует.

Из сопоставления форм изосейст трех наиболее сильных землетрясений последних 50 лет (1940, 1977, 1986 гг.) [II.46, II.86, II.100, II.104] видно, что особенности развития сейсмического процесса и механизма очага (направление разрывов сплошности среды, характер подвижек, направленность излучения энергии и ее порядок) оказывают решающее

влияние на степень сотрясаемости конкретных участков территории Украины. Изолинии равной интенсивности имеют разную конфигурацию и оконтуривают разную площадь. В определенной мере на форму изолиний влияют тектонические особенности, физические свойства и состояние пород, характер грунтов, а также уровень подземных вод на рассматриваемых участках территорий в момент землетрясений. Дальнейшее сравнение изосейст трех землетрясений с историческими сведениями [II.100] о землетрясении 26.10. 1802 г. ($M > 7,5$) показало, что по макросейсмическому эффекту этого землетрясения восьмибалльная изолиния охватывает юго-западную часть территории Украины, которая по материалам трех землетрясений 1940—1986 гг. отнесена лишь к семибалльной зоне.

Оценивая уровень сейсмоопасности Украины, необходимо учитывать, что границы шести- и семибалльной сотрясаемости, представленные на карте общего сейсмического районирования [II.104], оконтуривают гораздо меньшую площадь, чем изолинии наиболее сильного за последние 50 лет землетрясения (10.11. 1940 г., $M = 7,4$). Однако в зоне Вранча могут возникать и более интенсивные землетрясения ($M > 7,5$, силой в эпицентре около 10 баллов), соизмеримые по макросейсмическому эффекту с известным землетрясением 26.10. 1802 г. Так что территория Украины, характеризующаяся высокой степенью сотрясаемости, может оказаться значительно большей, чем в случае одного из известных самых сильных землетрясений, зарегистрированных инструментально в 1940 г. Это накладывает определенные ограничения на практическое использование карты общего сейсмического районирования.

Несмотря на то что платформенные участки территории Украины традиционно относятся к асейсмичным, они с точки зрения сейсмической опасности также заслуживают самого серьезного внимания. Анализ исторических сведений [II.76], а также карт изосейст и эпицентров землетрясений Восточно-Европейской равнины [II.104] интенсивностью 5—6 баллов, происходивших в несейсмоактивных районах (в Харьковской, Донецкой, Черниговской, Кировоградской областях), подтверждает необходимость дальнейшего тщательного изучения по архивным материалам данных о собственной сейсмичности ряда районов Украины.

В 1873 г. на северо-западе современной Кировоградской обл. произошло семибалльное землетрясение [II.104], эпицентр которого находился на расстоянии около 100 км от ныне действующей Южно-Украинской АЭС.

Краткий анализ исторических материалов свидетельствует о возможности возникновения землетрясений высокого энергетического уровня (тектонического или обвального характера) и в других районах Украины, в том числе в местах строительства крупных промышленных объектов. Например, в 63 г. до н. э. наблюдалось землетрясение интенсивностью не менее 8 баллов на Керченском п-ове в районе строительства (ныне приостановленного) Крымской АЭС.

В связи с тем что в других областях Украины (в том числе и в Киевской) находятся действующие АЭС, необходимо проводить дальнейшие исследования сейсмичности в этих районах. Суммируя все макросейсмические сведения о проявлении карпатских землетрясений на территории г. Киева, их максимальную интенсивность можно оценить в 5 баллов (по данным о землетрясении 10.11. 1940 г.).

Согласно результатам опроса населения о проявлении последнего сильного землетрясения, связанного с очаговой зоной Вранча (30.05. 1990 г., $M = 6,8$), общий уровень сотрясений в г. Киеве соответствовал 4 баллам. На некоторых участках города, расположенных на склонах, а также в районах поверхностных и погребенных рек (Оболонь, Сырец, р. Лыбедь, левобережье Днепра) отмечена более высокая интенсивность сотрясений.

Для более обоснованных выводов о максимальной интенсивности сотрясений территории Украины, связанных как с сейсмоактивностью Карпат, так и с возможными локальными проявлениями сейсмичности, обусловленными нарушением геодинамического равновесия в ослабленных участках земной коры (в местах расположения АЭС, ГЭС и других крупных промышленных объектов), необходимо дальнейшее проведение общего, детального и микросейсморайонирования.

П.1.4.1.3. Грязевой вулканизм

Грязевой вулканизм — довольно распространенное природное явление. В. Г. Бондарчук определяет грязевой вулканизм как одно из проявлений тектоники, в основном диапирового типа. Непосредственной причиной грязевого вулканизма обычно является нефтегазоносность. Он проявляется в возникновении грязевых вулканов, грязевых салз, грязевых грифонов. Под грязевыми вулканами обычно понимается эруптивный аппарат газового вулканизма, продукты извержения которого слагают положительные формы рельефа или заполненные жидкой грязью впадины. Размеры грязевулканических построек довольно значительны — не менее сотен метров, а иногда до километров в диаметре. Мелкие грязевые вулканы называются салзами, очень мелкие вторичные эруптивные аппараты — грифонами. Иногда вершины грязевых вулканов увенчаны кальдерами оседания. В благоприятных палеогеографических условиях, когда грязевые вулканы функционировали под водой, в кальдерах могли накапливаться осадочные породы, и возникали структуры, описанные как *вдавленные синклинали*.

Склоны грязевых вулканов на суше часто изрезаны оврагами — баранкосами. Для сопочных полей характерны белые пятна выцветов минералов бора, галоидов, черные нефтяные пятна и потоки.

Грязевые вулканы широко распространены во многих областях Земли и приурочены, как правило, к нефтегазоносным районам. По сведениям Р. Р. Рахманова [11,91], на земном шаре известно свыше 700 грязевых вулканов, локализованных в некоторых нефтегазоносных бассейнах подвижных поясов Земли. Они есть в Италии, Румынии, на Керченском и Таманском полуостровах, в акваториях Черного и Азовского морей, в Восточной Грузии, на западе и востоке Азербайджана, в южной части Каспия, Туркмении, на Сахалине, в Пакистане и Индии, Юго-Восточной Азии, Новой Зеландии, Мексике, акватории Карибского моря, Колумбии, Эквадоре, Венесуэле, на о-ве Тринидад и в других районах. Возрастной диапазон проявления грязевого вулканизма весьма широк. В настоящее время наиболее древние вулканы датируются кембрием, ордовиком и силуром (США). Многие вулканы Азербайджана имеют меловой возраст. Наиболее крупная область развития грязевого вулканизма Азербайджан. Здесь известно от 220 до 350 грязевых вулканов (по оценкам разных авторов). Керченско-Таманская область по масштабам проявления грязевого вулканизма занимает второе место. В этой области находится около 80 грязевых вулканов, в том числе на Керченском п-ове — 33, в акватории Черного, Азовского морей и Керченского пролива — 7 вулканов.

Грязевые вулканы приурочены, как правило, к вершинам антиклинальных структур. На Керченском п-ове грязевые вулканы расположены в основном севернее Парпачского гребня; ядра несущих грязевые вулканы антиклиналей сложены преимущественно майкопскими (палеоген — неоген) отложениями. Наиболее крупные грязевые вулканы Керченского п-ова — Джау-Тепе, Джарджава, Булганакский. Самый большой вулкан — Джау-Тепе — возвышается над уровнем моря на 120 м и над уровнем местности на 60 м.

Природа действия грязевых вулканов обусловлена благоприятной геологической обстановкой, в частности постоянным наличием диапировых структур и мощной глиняной подушки, способствующей возникновению в недрах аномально высоких пластовых давлений горючих газов. Механизм действия грязевых вулканов сводится к следующему. Глубоко в недрах (допускаются глубины до 9 км) в условиях продолжающихся контрастных тектонических движений происходит аккумуляция газов. При достижении пластового давления, в два раза превышающего гидростатическое, газы прорываются наверх, используя разного рода нарушения сплошности пластов. Вода, глинистый материал увлекаются вверх. Выброс продолжается вплоть до падения давления в газовой залежи. В промежутках между извержениями проявляется грязегрифонная стадия деятельности вулкана. Если в разрезе прорываемых вулканом отложений отсутствуют водоносные пласты, деятельность грязевого вулкана прекращается. Следовательно, необходимым условием деятельности вулканов является наличие разрывных нарушений.

Основные компоненты, извергаемые грязевыми вулканами,— газы, вода, сопочные отложения. Газы грязевых вулканов Керченского п-ова представлены метаном, углекислым газом, тяжелыми углеводородами, азотом, аргоном, гелием, иногда содержат сероводород, оксид углерода. Содержание метана в большинстве случаев достигает 80—99 %. В отдельных точках содержится углекислый газ в количестве до 91,7 %, но чаще его содержание не превышает 10 %. Азот присутствует в количестве до 5 %, в отдельных случаях — до 23,6 % (Каялы-Сарт) и даже до 82,7 % (сопка Абиha на Булганакском сопочном поле). Тяжелые углеводороды встречаются спорадически, иногда в заметном количестве. В морских грязевых вулканах, обнаруженных на северо-западном материковом склоне Черного моря, судя по предварительным литературным данным и нашим наблюдениям, содержится в значительном количестве сероводород. Общий объем газов, извергаемых в настоящее время грязевыми вулканами Керченского п-ова, по оценкам разных авторов, составляет от 350 до 520 м³/сут. А. Г. Штернов [11.125] считает, что за 20 млн лет деятельности грязевых вулканов Керченского п-ова в воздух было выброшено 11—15 трлн м³ горючих газов. Дебит вод грязевых вулканов Керченско-Таманской области, и в частности Керченского п-ова, неизвестен. Минерализация вод составляет от 3,84 (Борух-Оба) до 23,6 г/л (сопка Вернадского Булганакского сопочного поля). По составу воды чаще всего хлоридно-гидрокарбонатно-натриевые, гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые, реже сульфатно-хлоридно-натриевые, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые, хлоридно-натриевые. Заслуживают внимания сероводородные источники, постоянно сопровождающие деятельность грязевых вулканов.

Сопочная брекчия — специфические горные породы, выбрасываемые грязевыми вулканами. Они представляют собой перетертые в процессе тектонических движений глины, насыщенные крупнообломочным и обломочным материалом. Непосредственно жерловая фация грязевых вулканов — сопочные пелиты.

Основной компонент сопочных отложений — это глины майкопской серии. Они слагают цемент и обломочный глинистый материал, зачастую и основную массу крупных обломков. Инородные обломки представлены чаще всего майкопскими сидеритами, песчаниками и известняками прорываемых вулканом толщ. Обломки имеют размеры до 10—20 см, в отдельных случаях встречались глыбы известняков объемом до 2 м³. По подсчетам П. И. Науменко [11.73], общая масса выброшенной сопочной брекхии на Керченском п-ове достигает 40 млрд м³. Изотопный возраст обломков, определенный калий-аргоновым методом по глаукониту, составляет для Керченского п-ова максимум 42 млн лет

(ранний майкоп), а для Таманского п-ова — 120 млн лет (ранний мел, поздняя юра).

Деятельность грязевых вулканов протекает с разной интенсивностью. По данным М. К. Калинин [11.39], можно выделить спокойной действующие грязевые вулканы булганакского типа, эпизодически грязевые вулканы локбатанского типа и, наконец, промежуточные вулканы шугицкого типа (взрывные явления чередуются со спокойной газогрифонной деятельностью). Изучение грязевых вулканов Керченско-Таманской области показало всю условность этого деления и постоянные перемены в деятельности вулканов. Так, нам довелось наблюдать взрывной выброс на вулкане Андрусова Булганакского сопочного поля 1 сентября 1986 г. На Керченском п-ове преобладает спокойная газогрифонная деятельность грязевых вулканов, хотя эпизодически происходят и взрывные явления (Джау-Тепе, Джарджавы и др.). Объем выбросов сопочных отложений во время извержений бывает довольно значительным и достигает многих тысяч кубических метров.

В некоторых вдавленных синклиналиях Керченского п-ова (Новоселовской, Репьевской, Узуярской, Каменской, Ачинской и др.) сформировались залежи киммерийских оолитовых железных руд. Их запасы составляют несколько сотен миллионов тонн. Представляют интерес как промышленное строительное сырье содержащие вдавненности известняки и как бальнеологическое сырье и материал для изготовления керамзита собственно брекчия грязевых вулканов.

В последнее время внимание к грязевым вулканам заметно возросло в связи с инженерно-геологическими проблемами. Расширение населенных пунктов привело к тому, что многие грязевые вулканы оказались включенными в те или иные населенные пункты. Так, в г. Керчи расположено три грязевулканических очага — Джарджавский, Еникальский и Солдатско-Слободской. При этом Джарджавский грязевой вулкан (в памяти человечества) извергался неоднократно. Последние катастрофические извержения датируются 1930 и 1982 гг. Во время последнего извержения было выброшено до 100 тыс. м³ сопочной брекчи, что привело к просадкам и разрывам водоводов, созданию потенциальной угрозы железнодорожной ветке и селению на вершине сопки — пгт Восход. Точно также вероятны просадочные явления в районе Солдатско-Слободского сопочного поля, где ведется интенсивное жилищное строительство. По одному из проектов в районе Булганакского сопочного поля планировалось строительство очистных сооружений, но, благодаря возражениям природоохранных организаций, этой опасности удалось избежать. Ряд грязевых вулканов близ населенных пунктов Керченского п-ова представляет ту или иную опасность для селений. Так, в свое время извержение грязевого вулкана Джау-Тепе создало в 1909—1914 гг. угрозу для с. Вулкановка и т. д.

Как оказалось, Крымская атомная электростанция была заложена в зоне развития грязевого вулканизма. Грязевые вулканы обнаружены недалеко от здания АЭС. Таким образом, возможно возникновение просадочных явлений, которые могут угрожать зданию АЭС. Изучение грязевого вулканизма в этом районе Керченского п-ова представляет первоочередную задачу. Тенденция недооценивать опасность грязевого вулканизма существует уже давно. Так, в античные времена на Горелой горе на Тамани был сооружен храм, обломки которого выбрасываются до сих пор. В Азербайджане на грязевых вулканах были построены сооружения, в том числе даже склад боеприпасов и т. д. Все они убраны лишь после вмешательства геологов. Надо полагать, всесторонняя оценка потенциальной инженерно-геологической опасности грязевого вулканизма Керченского п-ова должна быть выполнена в ближайшие годы.

П.1.4.2. Гравитационные процессы

Гравитационные процессы — это различные формы движения геологических тел, при которых основной движущей силой является сила тяжести. Эти процессы (движения, перемещения) наиболее активно протекают в зонах взаимодействия основных сфер нашей планеты — литосферы, гидросферы и биосферы.

Гравитационные движения определяются отклонениями земной поверхности от некоторой заданной эквипотенциальной поверхности гравитационного поля Земли (перепад высот) и разностью плотности вещества литосферы. Перемещения масс происходят по всей поверхности Земли — от наивысших поднятий горных хребтов до глубочайших океанических впадин.

В литосфере гравитационные движения возможны до глубины выравнивания плотности вещества (60 км от поверхности) [II.8].

Движения масс пород в поле гравитационных сил характеризуются нисходящей направленностью по склону или в сторону наименьшего сопротивления. Скорости движения изменяются от весьма медленных, которые практически не ощущаются человеком и не влияют на хозяйственные объекты, до быстрых смещений больших масс пород разрушительного и катастрофического характера (табл. II.13). Такие смещения определяются величиной выделяемой при протекании гравитационных процессов кинетической энергии в соответствии с классической формулой механики: $E_k = m \cdot v^2 / 2$, где m — масса, v — скорость.

Вид, масштаб, скорость, продолжительность процессов определяются перепадами высот конкретной местности, составом и свойствами пород, зонально-климатическими факторами.

Для территории Украины (вместе с акваторией Черного моря) при распространении гравитационных процессов на шельф и континентальный склон перепад высот составляет 4000 м (—2000 м — дно абиссальной области моря, +2000 м — вершины Украинских Карпат). Основной расчетной эквипотенциальной поверхностью является уровень Азово-Черноморского бассейна (абсолютная высота 0 м). Максимальные превышения территории над этой поверхностью: в равнинной части — гора Берда, 515 м (Хотинская возвышенность в междуречье Днестр — Прут, Черновицкая обл.); Украинских Карпатах — гора Говерла, 2061 м (Закарпатская обл.); Горном Крыму — гора Роман-Кош, 1543 м.

Гравитационные процессы, определяющие в целом характер денудации суши, участвуют в транспортировке продуктов разрушения пород и смещения их с верхних на нижние уровни. Для территории Украины можно выделить (снизу вверх) несколько основных современных денудационных (гравитационных) уровней, на которые происходит смещение и снос материала под влиянием гравитационных процессов (табл. II.14). Связующими звеньями между разными уровнями, местами активных гравитационных перемещений являются склоны, конфигурация профиля и крутизна которых определяются составом и прочностью пород [II.21].

Сток и снос материала из 95 % площади Украины поступает на Азово-Черноморский уровень.

Ввиду трансгрессивного режима бассейна происходит постоянное перемещение береговой линии с развитием абразионных, абразионно-обвальных и абразионно-оползневых разрушений береговых склонов морей, равнинной и горной (ЮБК) частей побережья. Равнинное побережье Украины от устья р. Дуная до косы Кривой (Таганрогский залив) характеризуется чередованием пониженных аккумулятивных и повышенных (20—55 м) абразионно-обвально-оползневых участков. В геологическом строении побережья участвуют палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения. Ввиду неравномерности вертикальных

Таблица 11.13. Основные характеристики гравитационных процессов

Виды движения	Место и среда протекания (породы, грунты)	Процессы и факторы подго- товки движения	Скорость протекания	Объем пород, вовлеченных в движение, м ³
Лзучесть (крип)	Пологие склоны, все ви- ды пород	Изменения температуры и влажности	2—110 мм/год [11.50]	10—10 ¹⁰
Флювиальные движения (оплывины, оползни течения, сели)	Склоны всех типов, рых- лые дисперсные по- роды	Увлажнение с поверх- ности, нарушения стока	0,1—1000 м/ч	10—10 ⁹
Оползни блоковые (структурные)	Склоны крутизной 6— 40°, рыхлые, полускаль- ные, скальные	Выветривание, эрозия, абразия, подрезки, пригрузки	0,001—100 км/ч [11.50]	10 ³ —10 ⁷
Обвалы	Склоны крутизной >50°, полускальные, скаль- ные	Выветривание, эрозия, абразия, подрезки	0,001—300 км/ч [11.50]	10—10 ⁹
Осыпи	Склоны крутизной >50°, полускальные, скаль- ные, песчаные	Выветривание	0,001—100 км/ч	10—10 ⁴
Провалы	Все виды поверхности, полускальные, скаль- ные	Карст, суффозия, под- земные выработки	1—10 м/ч	10—10 ⁴
Просадки	Все виды поверхности, макропористые грунты	Увлажнение, дополни- тельные нагрузки	0,1—20 мм/сут [11.1]	10—10 ⁴
Опускание поверхности	Осадочные толщи	Откачки флюидов, на- грузки	0,2—30 мм/год	10 ⁷ —10 ¹⁰
Сдвигания поверхности	То же	Подземные горные работы	0,2—500 мм/год	10 ⁴ —10 ⁸

неотектонических движений на уровень волнового воздействия моря в различных участках побережья выведены разные породы — от четвертичных до неоген-палеогеновых (майкопская свита Керченского п-ова). В зависимости от высоты береговых склонов и прочности пород гравитационные процессы происходят в виде обвалов над абразионными нишами (абразионно-обвальный берег) при высоте склона 10—25 м; оползней выдавливания (блоковых, структурных) при высоте склона более 25 м.

Таблица 11.14. Основные современные гравитационные (денудационные) уровни территории Украины

Уровень	Протя- женность, км	Абсолют- ные от- метки, м	Изменения уровня	
			Постоянные (по территории), мм/год	Сезонные (по акватории), м
Азово-Черноморский	2400	0±1,0	+1,0...+2,0	±(0,5—1,0)
Причерноморский	2500	0—80	от —2,0 на за- паде до +2,0 на вос- токе	±(1,0—5,0)
Днепровский	1500	60—120	+2,0...—7,0	±(3,0—10,0)
Днестровский	1200	50—300	0...+7,0	±(2,0—7,0)
Южно-Бугский	800	50—300	+2,0...+7,0	±(1,0—5,0)
Донецкий	600	20—100	0...—5,0	±(2,0—7,0)
Малополесский	350	250—300	+7,0...+10,0	—
Карпатский	—	300—1200	+10,0	—
Крымский	—	0—800	0...+5,0	—

П р и м е ч а н и е. Плюс обозначает поднятие, минус — опускание.

Для оползней северо-западного побережья Черного моря (район г. Одессы) при высоте берега 35—55 м характерно наличие от двух до пяти оползневых ступеней, расположение поверхности скольжения в нижней части в слое слабых эоцистических глин, общие углы наклона склона 7—12°. Кроме глубоких оползней, охватывающих весь склон, отмечаются небольшие оползни в лессовых породах, слагающих верхнюю часть склона и связанных с увлажнением и повышением уровня грунтовых вод в лессах. Оползни такого типа отмечаются также на северном побережье Азовского моря, на побережьях Юго-Западного Крыма и Керченского п-ова. Слабое основание склона представлено соответственно эвксинскими, куяльницкими и сарматскими отложениями, а также глинами майкопской серии.

На ЮБК, где непосредственно морем омываются горные склоны Главной гряды Крымских гор, сформированные во флишевых породах таврической серии (верхний триас — нижняя юра), в результате выветривания пород и различных процессов денудации происходит накопление глинисто-щебнистых рыхлых грунтов и затем их движение по склону от подножия обрыва Яйлы до уровня моря. Склоновые делювиально-пролювиальные отложения, древнейшие из которых относятся к плиоцену (массандровская свита), включают также разных размеров блоки-отторженцы скальных пород (известняковые блоки верхней юры, слагающие Главную гряду Крымских гор). Рыхлый обломочный материал концентрируется в поперечных понижениях склонов, приурочен-

ных к тектоническим разломам и зонам дробления, определяющим также пути стока. Активизация движений происходит в виде быстрых подвижек рыхлого материала объемом до нескольких миллионов кубических метров. Такие смещения могут быть вызваны аномальным развитием гидрометеообстановки (затяжные ливни и штормы), приводящим к водонасыщению рыхлых отложений как в результате поступления воды, так и в результате усложнения ее оттока (нарушения сложившихся путей стока в результате абразионных обвалов склонов клифов).

Азово-Черноморский уровень на многих участках равнинного побережья глубоко врежется в глубь территории в виде лиманов, на берегах которых наблюдаются разрушительные гравитационные процессы, аналогичные таковым на равнинных побережьях морей.

Как одна из ступеней Причерноморской низменности выделяется Причерноморский уровень. К нему приурочены многочисленные оползни в четвертичных и неогеновых глинисто-суглинистых породах, слагающих склоны долин малых рек и борта оврагов.

Промежуточными уровнями денудации являются уровни эрозионных врезов речных долин. К таким, прежде всего, относится Днепровский, выделяемый от северной границы Украины до пересечения р. Днепром Украинского щита.

Глубина вреза рек достигает 100—120 м. Реками вскрываются четвертичные, неогеновые и палеогеновые отложения. В четвертичный период на отдельных этапах врезания рек происходили оползни, приуроченные к красно-бурым и пестрым глинам плиоцена и раннего плейстоцена. В настоящее время смещение пород по склонам долин рек бассейна Днепра происходит большей частью в результате техногенных воздействий (нарушения стока, подрезки склонов и др.).

Гравитационные процессы на склонах речных долин развиваются с углублением вреза долины реки при тектоническом подъеме территории с увеличением потенциальной энергии рельефа, наступлением реки на склоны долины (чаще на правые, ввиду действия сил Кориолиса). Правосторонняя асимметрия долины р. Днепра, его левобережных притоков четко отмечается на территории Украины. Так, участок долины р. Днепра от г. Киева до г. Днепропетровска характеризуется высоким крутым правобережным склоном (до 100—120 м) и пологим террасированным левым.

Современное развитие долины р. Днепра и бассейна в целом в большой степени определяется техногенными воздействиями. Прежде всего это выразилось в создании в пределах Украины шести крупных водохранилищ с поднятием базиса эрозии до 10 м. Были затоплены большие площади. В настоящее время на многих участках активно протекают процессы переработки берегов, что вызвало активизацию склоновых гравитационных процессов — оползней, обвалов. Активизировались процессы денудации и заиливания водохранилищ.

Весьма сложные тектонический режим, геологическое строение и геоморфологические условия характерны для бассейна р. Днестра. Днестровский уровень денудации, приуроченный к долине основной реки, плавно понижается от Предкарпатского прогиба до Причерноморской впадины (от 300 до 50 м). Долиной р. Днестра и его левыми притоками (Золотая Липа, Коропец, Стрый, Збруч и др.) на участке Залещики — Могилев-Подольский вскрыты отложения палеозоя и протерозоя. Глубина вреза долины в пределах Подольской возвышенности достигает 150—180 м.

Современная активизация гравитационных процессов связана с техногенными изменениями условий дренирования водоносных горизонтов, приуроченных к прослоям песков, супесей, суглинков в глинистых толщах, залегающих на структурных (цокольных) террасах в долине р. Днестра и его левых притоков (Серет, Збруч, Жванчик, Смотрич,

Мукша, Тарнава, Мурафа, Каменка и др.). Это ведет к длительным процессам разуплотнения глин, развития в них деформаций ползучести с охватом больших площадей, выходом процессов на пологие (5—7°) приводораздельные участки склонов.

Широкое распространение оползней в бассейнах рек Днестра и Прута в настоящее время обусловлено нарушением сложившихся условий залегания неогеновых глин (сарматских, тортонских, косовской свиты), повсеместно выведенных здесь на уровень эрозионного вреза.

В связи со строительством на р. Днестре плотины выше г. Могилева-Подольского и заполнения Днестровского водохранилища (подпор высотой 58 м при резкой сработке уровней до 30 м) последовала активизация крупных блоковых оползней по ослабленным глинистым слоям протерозойских отложений (нагорянской свиты, зиньковских и бронницких слоев ярышевской свиты венда).

Южно-Бугский денудационный уровень приурочен к долине р. Юж. Буга, простирается по Воляно-Подольской плите, через УЩ и его склоны до Причерноморской впадины. Долина реки в пределах УЩ наследует структурные понижения и зоны разломов. Оползневые явления отмечаются в окрестностях городов Хмельницкого, Бара, Вознесенска. В смещение по склонам вовлекаются четвертичные отложения — лессы и делювиальные суглинки, подстилающие их сарматские глины, а в нижнем течении реки — также породы понта и мэотиса.

Донецкий денудационный уровень приурочен к долине р. Сев. Донца и его притоков. Эрозионный врез долин достигает 180 м при густоте расчленения 0,2—1,2 км/км². Вскрываются четвертичные, неоген-палеогеновые, меловые, а в Донбассе — также плотные породы перми и карбона (известняки, песчаники, глинистые сланцы). Оползни на склонах речных долин бассейна Сев. Донца приурочены к песчано-глинистым отложениям неогена и палеогена. Суглинки и полтавские пески иногда оползают по глинистым образованиям харьковской свиты (правый склон долины р. Сев. Донца, долина р. Волчьей), по глинистым мергелям и сланцам киевской свиты.

Малополесский уровень является базисом денудации для северо-западных склонов Подольской и южных склонов Волынской возвышенностей. Северо-западные склоны Подольской возвышенности (Гологоро-Кременецкий низкогорный уступ) высотой до 150—200 м круто обрываются к водно-аккумулятивной равнине Малого Полесья. Склоны сложены неоген-палеогеновыми и четвертичными отложениями, залегающими над мергельно-меловой толщей мела, к которой чаще всего приурочена поверхность скольжения развивающихся здесь оползней (села Шоломыя, Водники).

Карпатский и Крымский горные уровни рассматриваются как совокупность локальных базисов смещения для горных склонов. Для гор характерны высокая степень расчленения рельефа, большая крутизна и высота склонов, повышенное количество атмосферных осадков (Крым, Айпетринская яйла — 1200 мм/год, Украинские Карпаты, Черногора — 2000 мм/год). Все это обуславливает высокую динамичность склонов. Отмечаются движения рыхлого материала (склоновых отложений), блоковые оползни и обвалы, осыпи. Обвалы — наиболее эффективные из всех гравитационных процессов. Они характерны для крутых спусковых склонов горных областей. Места проявления обвалов предопределены тектоническим режимом территории, который обуславливает ее гравитационный потенциал и расчлененность сбросо-взбросовыми трещинами, наличие ослабленных трещиноватых зон. Во многих случаях спусковым механизмом для обвалов (как и для оползней, провалов) служат сейсмические факторы. Интенсивное проявление обвалов в Украинских Карпатах и Крыму связано с формированием гор. В Крыму это подтверждается наличием крупных обвальных глыб и целых массивов-

отторженцев в массандровских и четвертичных склоновых отложениях, хаотическом нагромождении у подножия крутых склонов обломков и глыб.

В настоящее время обвалы происходят сравнительно редко. Они вызываются преимущественно аномальными проявлениями гидрометеорологических процессов, сейсмичности, влиянием техногенных факторов. Главные места развития обвалов и осыпей, обусловленных выветриванием, эрозией, хозяйственной деятельностью — обрывы, крутые обнаженные склоны, прибрежные абразионные клифы.

Инженерно-геологическое значение обвально-осыпных процессов определяется непосредственным воздействием их на инженерные объекты, а также тем, что они часто образуют существенные по мощности и занимаемой площади специфические отложения. Горные области также весьма чувствительны к техногенным нарушениям — подрезкам, пригрузкам склонов, изменению растительного покрова, условий поверхностного и подземного стоков.

Провалы земной поверхности как гравитационные процессы на территории Украины связаны с развитием карста, и изучаются они, как правило, в связи с ним. Просадки изучены достаточно полно в связи с изучением лессовых грунтов. Они проявляются повсеместно при застройке территорий в областях развития лессового покрова, составляющих 63 % площади Украины.

Техногенные факторы — создание крупных водохранилищ, откачка нефти и газа, подземные артезианские водозаборы, подземные горные работы, застройка — обуславливают опускание участков территории на больших площадях, охватывающих сотни и тысячи квадратных километров. Эти процессы на территории Украины в настоящее время изучены слабо. Их изучение, определение возможного влияния на жизнь и деятельность человека потребуют создания специальных стационаров и проведения длительных наблюдений.

Районы ведения интенсивных горных работ — Донбасс, Криворожье, Львовско-Волинский угольный бассейн — подвержены процессам сдвижения поверхности. Границы распространения деформаций на поверхности определяются по глубине и площади выработок с учетом условий залегания пород и наличия тектонических нарушений. Эмпирические данные наблюдений позволяют установить скорость протекания процесса сдвижения и конечную стадию его развития.

Все промышленные и гражданские наземные и подземные объекты, искусственные и естественные водоемы (реки, озера, пруды, балки с водотоками), попадающие в зоны влияния подземных выработок, испытывают изменения, подвергаются повреждению, разрушениям, осложнениям, нарушающим их нормальный режим, и подлежат охране.

Развитие склоновых гравитационных процессов в описанных регионах Украины представляет серьезную инженерно-геологическую и эколого-геологическую проблему. Гравитационные движения на склонах вызывают разрушения инженерных объектов, жилых и промышленных зданий, ведут к потере ценных угодий, усложняют освоение территорий, требуют больших затрат на выполнение мероприятий, связанных с инженерной подготовкой и инженерной защитой. Только для укрепления 1 км оползневого берега Черного моря в районе г. Одессы необходимо 3—5 млн руб.

В эколого-геологическом плане склоновые гравитационные процессы неблагоприятно влияют на состояние почвенного слоя, способствуют развитию регрессивной эрозии и смыву почв, заиливанию и загрязнению водоемов, а укрепительные мероприятия на подводном склоне иногда нарушают водообмен и условия существования биоты.

Склоновые гравитационные процессы выступают в тесной связи с процессами выветривания, эрозии, абразии, контролируются тектони-

ческим режимом территории, весьма чувствительны к сейсмическим влияниям, воздействиям климатических факторов, хозяйственной деятельности. Поэтому их изучение требует развития сети опорных пунктов для сбора разнообразной информации о состоянии склонов, создания специальных стационаров.

В настоящее время на территории Украины постоянное изучение их ведется силами подразделений Государственного комитета Украины по геологии и использованию недр. Имеется 11 инженерно-геологических подразделений, полностью охватывающих все районы развития склоновых гравитационных процессов.

Разработаны схемы инженерной защиты побережий Черного и Азовского морей, территорий крупных городов (Киева, Днепропетровска) и других населенных пунктов, находящихся в сложных инженерно-геологических условиях. В дальнейшем с созданием системы мониторинга геологической среды территории Украины контроль развития гравитационных процессов должен занять в ней одно из основных мест.

П.1.4.2.1. Сели

Селевые потоки периодически проходят в горных районах Украины (Крым, Украинские Карпаты) и наносят существенный ущерб народному хозяйству. Они разрушают шоссе и железные дороги, заносят селевыми отложениями виноградники и сады, разрушают мосты и линии связи, повреждают гидротехнические сооружения.

Селевые потоки существовали и на начальном (рафинированном) этапе развития природы, но особенно усилились в процессе техногенного воздействия. Сели и в прошлом были характерны преимущественно для эпигеосинклинальных областей новейшего и современного горообразования. Связь формирования селей и горообразования отмечается не только в голоцене и плейстоцене, но и в течение всего позднеальпийского этапа развития рельефа. Характерные для него молассовые толщи, откладывающиеся в Предкарпатском прогибе, представляют собой аллювиально-пролювиальные отложения, в формировании которых значительную роль играли селевые процессы. Таким образом, сели являются одним из наиболее активных факторов формирования молассовой формации.

Тектоника и, в первую очередь, новейшие тектонические движения сильно влияют на формирование селевых потоков. Ядро мегантиклинория Горного Крыма характеризуется исключительной дислоцированностью юрско-триасовых отложений. Сильно смятые и перемятые отложения таврической серии отличаются значительной раздробленностью. Это создает условия для быстрого разрушения пород и накопления рыхлого обломочного материала для насыщения селей. Селевые бассейны сосредоточены в зонах интенсивного мелкого дробления горных пород.

В Украинских Карпатах выявлена четкая связь тектонических нарушений с распространением селевых бассейнов. Наибольшее количество селевых бассейнов зарегистрировано в Скибовой (внешней антиклинальной) зоне, где они связаны с разрывами и надвигами. Длинные цепи селевых бассейнов вытянуты по разломам тектонической границы между Дуклянской-Черногорской и Раховской структурными зонами [11.79].

Петрографо-минеральный состав горных пород, слагающих селевые бассейны, определяет тип селей по гранулометрическому составу. В Крыму, там, где среди флиша преобладают глинистые сланцы и тонкослоистые песчаники, возникают водно-щебнистые, реже грязево-щебнистые сели. В бассейнах, сложенных конгломератами и толстослоис-

тыми песчаниками, формируются водно-мелкоглыбовые, реже водно-крупноглыбовые сели. В бассейнах, в которых преобладают известняки и магматические породы, образуются водно-крупноглыбовые сели.

В Украинских Карпатах палеоценовые (ямненские) толстослоистые песчаники формируют водно-крупноглыбовые сели, черные менилитовые сланцы эоцена — грязево-шебнистые сели, аргиллиты и песчаники кросненской серии и стрыйской свиты — водно-мелкоглыбовые и водно-шебнистые селевые потоки. В глинистой фракции селевых наносов в Крыму и Украинских Карпатах преобладает гидрослюда, что обеспечивает прохождение несвязных селевых потоков [II.79].

Важное значение для формирования селей имеет горный крутосклонный расчлененный контрастный рельеф, характеризующийся значительными уклонами русел и склонов [II.118]. В Крыму максимальные показатели горизонтального расчленения рельефа достигают 12 км/км^2 в бассейнах рек Ай-Серез, Ускют, Ворон и Шелен, относительное превышение рельефа — 500—700 м, преобладающие наклоны склонов — $15\text{--}30^\circ$, хотя крутые и очень крутые склоны ($30\text{--}35^\circ$) занимают также достаточно большие площади. Таким образом, это самые селеопасные бассейны Крыма [II.79].

В Украинских Карпатах, в бассейне р. Белого Черемоша полоса максимальной густоты расчленения рельефа ($3\text{--}5 \text{ км/км}^2$) соответствует Шибенскому глубинному разлому. С этой полосой связаны участки наибольших наклонов ($30\text{--}40^\circ$). Здесь формируются многочисленные оползни, которые питают селевые потоки в верховьях р. Белого Черемоша и в бассейне р. Пробойной.

Непосредственной причиной возникновения селевых потоков в горных районах Украины являются сильные ливни и лишь изредка (в горах) снеготаяние. Ливень, дающий селеформирующие осадки, продолжается 2—3 ч с интенсивностью 3—3,5 мм/мин при суточном количестве осадков более 100 мм.

Анализ влияния растительности на формирование селевых потоков в горных районах Украины показал, что она играет преимущественно задерживающую стабилизирующую роль. Экспериментами с искусственным дождеванием установлено, что на склонах, задернованных на 90—95 %, смыв ничтожно мал. На облесенных склонах поверхностный сток и смыв отсутствуют даже при интенсивности дождя 3 мм/мин.

Техногенные процессы значительно влияют на усиление селевой деятельности. Это воздействие можно подразделить на прямое, когда человек непосредственно влияет на селевой поток в его русле, и опосредованное, путем повреждения и уничтожения растительного покрова на площади селевых бассейнов. По глубине влияния и охватываемой площади техногенное воздействие может быть локальным (например, сброс вскрышных пород карьеров в селевые русла на ограниченных участках) и более широким (выпас скота, вырубка леса), распространенным на больших площадях. В Крыму и Украинских Карпатах преобладают антропогенные сели. Техногенные воздействия на селевые процессы могут быть положительными и отрицательными. В свою очередь отрицательные воздействия можно классифицировать по формам хозяйственной деятельности.

Разработка полезных ископаемых влияет на селепроявления главным образом путем сброса в селевые русла отвалов горных выработок. Например, возникновение селя на потоке Белов в с. Диловое (Закарпатье) было обусловлено наличием большого количества рыхлого обломочного материала в техногенных селевых очагах — отвалах мраморного карьера. Этот сель, прошедший в 1970 г., напоминал по консистенции глинистый раствор, в котором перекачивались глыбы мрамора диаметром до 1,8—2,5 м. В результате было занесено камня-

ми, мраморной крошкой и грязью 17 усадеб и 3 га посевов, повреждено несколько домов. Другая модификация формирования селея — захват потоков готовой продукции карьеров (щебня, известняковых блоков). Такой процесс наблюдался в Крыму на р. Бодраке у с. Скалистого, а также на р. Аян-Даре около с. Фрунзенского.

На формирование селей сильно влияют лесная промышленность и лесное хозяйство. В первую очередь вырубка леса на площади селевых бассейнов. Особенно это проявилось в Украинских Карпатах в послевоенное время. В 1946—1950 гг. ежегодно вырубалось по три расчетных лесосеки, а в 1951—1956 гг. более двух, ежегодный отпуск леса от рубок главного пользования в 1956—1960 гг. составлял 5,5 млн м³, что в 1,5 раза больше расчетной лесосеки. Сильно повреждала почву наземная тракторная трелевка древесины, что привело к резкой интенсификации селевых процессов в конце 1950-х — начале 1960-х гг.

В Крыму усилению селевой деятельности также способствовало уменьшение площади лесов. С 1860 по 1922 г. площадь лесов здесь уменьшилась на 90 330 га, т. е. почти на 1/3. В годы первой мировой войны было вырублено много леса на топливо. Во время Великой Отечественной войны только на территории Крымского заповедника был поврежден лес на площади 1500 га и полностью вырублен на площади 200 га. В Горном Крыму вырублены десятки тысяч гектаров леса. В конце 1950-х гг. (в целях получения кольев для виноградников) назначенный объем рубок превысил расчетную лесосеку (39,9 тыс. м³). Фактическая вырубка на лесосеках в дубовых лесах была в 1957 г. — 129,2 тыс. м³, 1958 г. — 120,8, а в 1959 г. — 80 тыс. м³. Поверхность почвы на лесосеках в значительной мере была повреждена (в %): подстилка снесена на 30, линейно-плоскостные повреждения составили 1—3, первичные волокна — 4, наносы мелкозема и щебня — 4—11 площади лесосек. Все это способствовало интенсификации селевых процессов [11.78].

Неурегулированный выпас скота также существенно влияет на активизацию селей. Известно, что процессы смыва почвы усиливаются после разрушения пастбой 50 % растительного покрова. При разрушении же 70 % начинаются струйчатые размывы. После пастбы овец почва распыляется на глубину 2—3 см. Однократный прогон 1000 голов овец даже по задернованному склону распыляет почву на глубину 1—3 см. Во всех селеопасных бассейнах Крыма продолжается усиленный выпас скота.

Водохозяйственное строительство также оказывает влияние на возникновение селевых потоков. Это главным образом прорывы некачественно запроектированных плотин и запруд. В Закарпатье на ручье Лемском сель возник в 1963 г. в результате прорыва двух плотин. Его разрушительность была усилена скоплениями в русле большого количества древесины, что способствовало образованию заторов. В урочище Сотера, в юго-восточном селеопасном районе Крыма, на территории пансионата «Чайка» было построено два небольших водохранилища, одно из которых во время ливня было прорвано, вследствие чего сформировался селевой поток.

Качественные и количественные параметры селей, которые сформировались за антропогенный период в результате техногенного воздействия, не отличаются от параметров селей других горных районов [11.118], хотя и тяготеют к их нижнему пределу.

В Крыму и Украинских Карпатах сели проходят в виде одного, реже двух или трех валов, при этом в юго-восточном районе Крыма в лобовой части они перекатывают груды обрезков виноградной лозы, а в Карпатах — стволы деревьев, корни, пни и щепу. Редко сели проходят в виде четырех и более валов, как отмечалось в окрестностях

с. Луги в Закарпатье. Максимальные уровни селей в Крыму — 2 м, в Украинских Карпатах — 3—8 м.

Скорость селевых потоков в Крыму — 2—2,5 м/с, в Украинских Карпатах — 3—5 м/с. Массовые замеры скоростей, определенные по меткам высоких вод, показали, что в 60 % случаев скорость составляет 2—3 м/с, в 28 % — 3—4 и только в 2% — 4—5 м/с.

Расходы селей — это их важнейший параметр. В Крыму и Украинских Карпатах селевые потоки с малыми расходами (менее 10 м³/с) почти не проходят (2 % всех случаев), что вытекает из самой природы селя, представляющего собой максимальный твердый сток. Случаи по интервалам 20—30, 30—40, 40—50, 50—60, 60—70, 70—80 м³/с распределяются достаточно равномерно. Наблюдается некоторое уменьшение числа расходов в интервалах 80—100 и 100—150 м³/с, очень редки случаи с расходами 300—500 м³/с, так как обычно это уже не типичные сели, а паводки с элементами селевого режима на горных реках.

Преобладают сели малой мощности — объем выносов 10—20 тыс. м³ и сели средней мощности — 20—100 тыс. м³, гораздо реже проходят сели большей мощности, как наблюдалось на р. Учансу, когда во время селевого потока в 1949 г. было вынесено в море 1,5 млн м³.

Значительное влияние на динамику селей оказывают крупные включения, ударное воздействие которых обуславливает разрушительную деятельность потока. В Крыму и Украинских Карпатах сели передвигают достаточно крупные глыбы. В Крыму, в овраге Урсуглу была перенесена глыба размером 1,7×1,7×1,6 м на расстояние 33 м. На р. Кутлак селом передвинута на 40 м глыба песчаника размером 2,1×1,4×1,3 м. В Украинских Карпатах на ручье Скотарке в селе перекатывались глыбы размерами 1,8×0,9×0,7 и 2,0×0,6×0,5. Выявлены зависимости между средним диаметром глыб и путем их продвижения в селе.

II.1.4.2.2. Морская абразия, переработка берегов водохранилищ

Морская абразия относится к экзогенным процессам [II.70], которые уменьшают энергию рельефа, его градиенты. Интенсивность и скорость развития этих процессов со временем закономерно (стадиями, этапами, фазами) затухают.

Факторы и условия развития морской абразии можно объединить в несколько групп [II.52]:

1) геологические — движение земной коры, ориентировка тектонических структур, петрографо-минеральные комплексы горных пород, условия их залегания, физико-химические свойства грунтов, суффозионно-карстовые явления, просадки, растворение, размокание и размягчение горных пород;

2) климатические — выветривание, криогенные процессы и явления, в том числе криогенная десерпция и солифлюкция, термокарст;

3) гидрометеорологические — ветроволновой и уровеньный режим моря, связанный с ним режим течений и движения наносов, режим грунтовых вод береговых склонов, эоловые процессы, ледовый режим, водная эрозия береговых склонов и оврагообразование, вынос наносов реками;

4) геоморфологические — склоновые процессы (обвалы, оползни), рельеф подводного берегового склона (берега приглубые и отмелые), высота берега над уровнем моря (низменные, низкие и высокие берега), ориентировка и формы береговой линии (выровненные, вогнутые, мысовидные, берега заливов, островные берега);

5) биологические — зарастание подводного берегового склона водной растительностью, развитие которой оказывает волноломный и осадконакопительный эффект, зарастание береговых склонов и надводных аккумулятивных форм, роющая и вытаптывающая деятельность животных;

6) условия, возникающие в связи с инженерной и хозяйственной деятельностью человека, — строительство в береговой зоне гидротехнических и других сооружений, дноуглубительные работы и устройство морских каналов, изъятие морских наносов из аккумулятивных тел и дна для строительных целей, уменьшение выноса наносов реками при перекрытии их плотинами, устройство отвалов вскрышных пород на подводном береговом склоне.

Часто эти факторы делятся на активные и пассивные [II.31]. Активные — морское волнение и обусловленные им течения, сгонно-нагонные явления, а на приливных морях — приливо-отливные колебания уровней и вызванные ими течения, т. е. факторы, обладающие достаточной кинетической энергией, чтобы производить перестройку берега и берегового склона. Кроме того, к активным факторам относятся некоторые склоновые и золотые процессы, а также хозяйственная деятельность человека. Остальные факторы — пассивные.

По степени устойчивости к морской абразии на территории Украины выделяются шесть классов пород:

1) магматические и некоторые особо прочные метаморфические и осадочные породы. Абразия на таких берегах протекает крайне медленно;

2) большинство метаморфических, эффузивных и сцементированных осадочных пород. Абразия протекает медленно, но создает четко выраженные формы;

3) слабосцементированные осадочные породы глинистого и карбонатного состава. Они слабо сопротивляются абразии, а при размыве почти не дают пляжеобразующего материала;

4) слабосцементированные неоднородные осадочные породы, оставляют в береговой зоне остаточные накопления из грубых, иногда валуно-глыбовых включений;

5) рыхлые породы песчаного, песчано-галечного и галечно-гравийного состава сильно подвержены размыву и образуют большие массы наносов;

6) легкорастворимые породы. Делятся на два подкласса: а) сцементированные однородные, химически чистые; б) глины и суглинки с хорошо растворимым цементом. Подвержены механической и химической абразии.

Вследствие механической абразии образуются два главных взаимосвязанных элемента абразионных берегов — клиф и бенч [II.70, II.122], выработанные в плотных коренных породах высоких берегов, а в случае рыхлых пород — береговые откосы (надводный и подводный). Если на бенч поступает достаточное количество наносов, то его верхняя часть прикрыта пляжем.

Скорость абразии зависит как от энергии волн, уклона дна, так и от плотности пород, слагающих берег. В рыхлых отложениях Черного и Азовского морей [II.31] современная максимальная скорость абразии составляет 12—13 м/год (берег к югу от Днестровского лимана). Среднее ее значение — от 1 до 3 м/год. На берегах, сложенных устойчивыми осадочными и изверженными породами, скорость абразии составляет 1—3 см/год, а берега, сложенные особо прочными породами (Крым, Карадаг), практически не имеют следов волнового воздействия.

Склоновые процессы (осыпи, обвалы, оползни) ускоряют отступление границы берега, сложенного коренными породами, в сторону суши.

На абразионных берегах клиф, бенч или подводный береговой склон, т. е. формы рельефа, созданные преимущественно воздействием волн, составляют так называемую береговую зону [11.70].

Так как уровень моря в разные периоды имел различные отметки на берегах (выше или ниже современного уровня), то, как правило, наблюдаются отмершие формы рельефа, созданного в результате волновой деятельности. Такие участки на суше именуются побережьем, на акватории — прибрежем.

При длительном стоянии уровня моря на одной отметке и отсутствии вертикальных движений суши скорость отступления клифа замедляется в связи с выработкой профиля равновесия подводного склона (бенча), при котором волны уже не могут их разрушать, а прибойный поток не докатывается до подножия клифа или гребня пляжа.

При этом абразионные берега проходят разные стадии развития — начальную, юности, зрелости, стабилизации. При изменении отметок уровня по отношению к суше процессы абразии возобновляются. Унаследованный от предыдущей волновой деятельности рельеф оказывает влияние на особенности выработки нового профиля равновесия.

Образование профиля равновесия — необходимое, но недостаточное условие стабилизации контура берега, поскольку важно, чтобы береговая линия в плане приобрела также равновесное очертание, зависящее от особенностей вдольбереговых потоков наносов. В стадии стабилизации такое очертание представляет собой серию равновесных аккумулятивных дуг (бухт), сопрягающихся с абразионными выступами (мысами).

Следует отметить, что Черное море по происхождению можно разделить на северную мелководную и южную глубоководную части. Южная часть моря образовалась в процессе тектонических опусканий в конце неогенового и начале четвертичного периодов как местное проявление дислокаций альпийского орогена. Северная часть Черного моря оформилась значительно позже южной в результате медленного широтного опускания, вызвавшего затопление обширных участков суши, в частности устьевых участков с образованием лиманов и сивашей.

Берега Черного и Азовского морей приобрели свою первоначальную форму в результате послеледникового эвстатического повышения уровня Мирового океана — фландрской трансгрессии, затопившей окраинные части материков и островов [11.31]. Уровень моря после этой трансгрессии (около 6 тыс. лет назад) не менялся более чем на 10 м. В многолетнем колебании уровня Черного моря наблюдается тенденция к повышению на 20—25 см в столетие, что связано с погружением береговой полосы. Что касается кратковременных колебаний, то наиболее значительные их величины зависят от стонно-нагонных ветров и речного стока.

В период стонно-нагонных явлений суточные колебания уровней у северо-западного побережья Черного моря достигают 1,0 м, многолетняя амплитуда — 3 м. Наивысшие уровни у северо-западного побережья наблюдаются в весенний период, что связано с паводками рек. Колебание уровней у берегов Крыма зависит только от стонно-нагонных явлений, а их амплитуда не превышает 1,0 м.

В северо-западном мелководном районе Черного моря при штормах юго-восточного и южных направлений, абрадирующих берег, высота волн открытого моря 5%-ной обеспеченности не превышает 3,5—4,5 м, в то время как в глубоководной части моря штормы восточных и северо-восточных направлений, действующих на берега Крыма, в открытом море возбуждают волну 5%-ной обеспеченности высотой 10—12 м. Соответственно у Ялтинского побережья максимальная зарегистрированная высота волны — 8 м (1969 г.).

Современный геоморфологический облик побережья сформирован главным образом в неоген-четвертичный период на фоне интенсивных и дифференцированных неотектонических движений. Своеобразие типов и форм рельефа, характер и развитие морфоструктур отдельных участков побережья обнаруживают резко выраженную зависимость от составляющих их структур.

Для приустьевых участков всех рек, кроме Дуная, характерны лиманы, образовавшиеся в результате погружения приустьевой зоны под уровень Черного моря. Частичное погружение низменных берегов между Днепровским лиманом и вершиной Каркинитского залива создало своеобразную лопастную береговую линию с крупными заливами (Егорлыкский, Тендровский, Каркинитский).

Береговые склоны обусловлены гравитационными формами рельефа. Обрушение подмытых пород формирует у подножия склонов завалы, оползающие конусы осыпей и оползневые террасы. Для надводных частей аккумулятивных форм (кос, пересыпей) характерны золотые кучугуры, дюны, холмы.

Сопrotивляемость пород размыву — одно из важнейших условий лито- и морфодинамики береговой зоны. Берега Одесской, Николаевской, Херсонской областей и основная часть берегов Крыма сложены рыхлыми, легко размываемыми породами. Единственной защитой этих берегов от морской абразии могут служить пляжи (естественные и искусственные), а также берегозащитные сооружения. В настоящее время наибольшие по протяженности участки берегозащиты имеются в районе г. Одессы и на Крымском побережье.

Динамика берегов северо-западной части Черного моря обусловлена мелководьем [11.31]. При общей протяженности побережья от устья р. Дуная до вершины Каркинитского залива 1080 км абразии подвержено 470 км, из которых 200 км приходится на размыв аккумулятивных форм. Естественные пляжи кос и пересыпей протягиваются в северо-западном районе на десятки километров и имеют ширину 20—60 м. Пляжи небольших бухт абразионных участков развиты недостаточно, по ширине не превышают 10 м. Питание пляжей происходит исключительно за счет размыва клифа и дна, выноса ракушечного детрита. Источником питания являются отложения четвертичных и плиоценовых террас, а также лиманно-морские отложения значительных участков прибрежной полосы. На денудационном уступе плато размыву подвергаются песчано-глинистые отложения неогеновой толщи, лессовидные четвертичные отложения, а также понтические известняки, залегающие на уровне уреза моря.

Отмываемый материал в основном состоит из мелких фракций, уносимых во взвешенном состоянии за пределы береговой зоны. Поэтому, несмотря на сравнительно высокие темпы абразии (средняя скорость отступания бровки плато 0,3—0,5 м/год, а в Одесской обл. до 1,0 м/год), насыщенность потока наноса повсюду мала. Только на отдельных участках, где насыщенность потока близка к предельной, пляжи находятся в динамическом равновесии, а в единичных случаях даже образуют новые аккумулятивные формы (Жебриянская бухта, дистальный конец Тендровской косы и др.).

На западном берегу Крыма аккумулятивные формы чередуются с абразионными участками. Аккумуляция на Бакальской банке в основном питается продуктами разрушения берегов Тарханкутского п-ова. В Крыму наибольшая по протяженности зона аккумуляции находится между озерами Донузлав и Кызыл-Яр. Питается она за счет размыва берегов Тарханкутского п-ова и участка от озера Кызыл-Яр до мыса Лукул, а также ракушей и твердым стоком рек Альмы и Зап. Булганака.

Наиболее беден наносами участок от мыса Херсонеса до горы Кас-

тель. Крутой подводный склон и мощное волновое воздействие здесь сносу не только глинистых, но и песчано-гравийных продуктов разрушения клифа. Продукты абразии накапливаются только в отдельных бухточках, образуют галечные «карманные» пляжи, в редких случаях достигающие ширины 30 м. Признаки современной абразии характерны для всего ЮБК, за исключением тех мест, где к морю выходят интрузивные или известняковые массивы и глыбовые навалы — результат морской абразии в прошлые периоды.

Значительная часть разрушаемых берегов Южного Крыма в настоящее время защищена искусственными галечными пляжами, удерживаемыми от уноса волнами и вдольбереговыми прибойными течениями с помощью бун. Однако укрепление берегов уменьшило поступление обломочного материала за счет разрушения клифа и ухудшило обстановку на незащищенных участках.

На юго-восточном берегу Крыма имеются достаточно широкие галечные пляжи, как правило, в устьях небольших рек, балок, оврагов. Сложены они в основном выносами наносов из этих водотоков. Перемещение такого материала ограничено пределами бухт, поэтому на мысах и прямолинейных участках пляжи отсутствуют и клиф активно разрушается.

Абразионные берега Керченского п-ова чередуются с аккумулятивными зонами, питающимися за счет слабых потоков наносов от абразии и переноса со дна ракуши.

По особенностям динамики берегов в Генеральной схеме противооползневых и берегозащитных мероприятий на Черноморском побережье Украины выделено два инженерно-геологических региона и десять инженерно-геологических районов. Их характеристика и показатели морской абразии приведены в табл. II.15.

Своеобразие типов и форм рельефа, характер и развитие морфоструктур побережья Азовского моря на территории Украины обусловлены геологическим строением, интенсивностью геодинамических процессов и своеобразием гидрологического режима моря. Из всего многообразия рельефообразующих процессов, развитых непосредственно в зоне взаимодействия суши и моря, наибольшее значение имеют абразионно-оползневые и аккумулятивные.

В последнее время хозяйственная деятельность на побережье достигла такой интенсивности, что также стала существенным рельефообразующим фактором, нередко с необратимыми вредными последствиями для экологических систем Азовского моря.

Волнение на Азовском море ограничено его небольшими размерами и значительной изрезанностью берегов. У северного побережья максимальная высота ветровой волны составляет 1,6—2 м, у южного — 2,8—3,3 м. Волны Азовского моря характеризуются большой крутизной.

Процессы волновой абразии резко усиливаются при больших поднятиях уровня воды, которые вызываются сгонно-нагонными перекосами уровня при сильных ветрах. Максимальная многолетняя амплитуда этих перепадов равна 4,11 м.

Следует также отметить, что региональное опускание дна и берегов Азовского моря (2—3 мм/год) является одним из постоянно действующих факторов увеличения темпов абразии.

Важнейший фактор лито- и морфодинамики береговой зоны — сопротивляемость пород, слагающих береговые склоны, размыву.

Северное побережье и часть крымских берегов Азовского моря сложены рыхлыми песчано-глинистыми неоген-четвертичными отложениями, легко размываемыми морем [II.31] (табл. II.16). Единственной защитой этих берегов от морской абразии является пляж, а его ширина на всем побережье составляет в основном 5—12 м (кроме пляжей

Таблица II, 15. Инженерно-геологическая характеристика

Инженерно-геологический регион	Характеристика региона	Инженерно-геологический район
Северо-Западный (от устья р. Дуная до Тарханкутского п-ова)	Окраинные структуры Восточно-Европейской платформы (Преддобруджский прогиб, Черноморская и Каркинитская впадины). Обширный шельф платформенного типа (затопленная субаэральная поверхность водоразделов и речных долин системы прарек Дуная, Днестра и Днепра). Неотектонический режим — преимущественные опускания. Распространены абразионные, абразионно-оползневые и аккумулятивные берега	Дунайский (Килийское гирло — начало Сасыкской пересыпи) Сасыкско-Днестровский (начало Сасыкской — конец Днестровской пересыпи) Днестровско-Днепровский (междуречье Днестра и Днепра) Днепровско-Каркинитский (от р. Днепра до с. Межводного)
Крымский (Тарханкутский п-ов — Керченский пролив)	Окраинные структуры Скифской плиты (Новоселовское поднятие, Тарханкутский вал, Альминская впадина) и Крымский мегантиклинорий. Узкий шельф геосинклинального типа. Неотектонический режим — преимущественные опускания береговой зоны с дифференциацией по отдельным блокам. Берега абразионного и абразионно-оползневого типов	Западный Крым (с. Межводное — оз. Кызыл-Яр) Качинско-Севастопольский (оз. Кызыл-Яр — мыс. Константиновский) Севастопольско-Балаклавский (мыс Константиновский — мыс Айя) Южный Крым (мыс Айя — пос. Семидворье)
		Юго-Восточный Крым (пос. Семидворье — пос. Приморский) Керченский (пос. Приморский — мыс Хрони)

тика побережья Черного моря в пределах Украины

Протяженность берега, км	Инженерно-геологические условия и факторы в береговой зоне	
	Тектонические структуры	Геоморфологические условия
70	Преддобруджский прогиб	Современная дельта р. Дуная, эрозионно-аккумулятивные формы рельефа
100	Осевая часть Причерноморской впадины	Причерноморское послепонтийское плато высотой 5—25 м. Абразионно-аккумулятивные формы рельефа (пляжи, лиманы, пересыпи). Серия лиманов, отделенных от моря общей пересыпью
190	Северная часть Причерноморской впадины	Причерноморское послепонтийское плато высотой до 50 м, расчлененное лиманами на отдельные участки. Гравитационные формы рельефа (обвалы, осыпи, оползни)
830	Северная часть Причерноморской впадины (Каркинитский прогиб)	Низкие (1—5 м) плато. Крупные заливы, разделенные длинными мысами. Морские аккумулятивные формы — крупные косы
143	Тарханкутский вал, Новорословское поднятие	Структурная эрозионно-денудационная равнина. Высота клифа 30—50 м. Гравитационные (обвалы, оползни) и абразионные формы микрорельефа
54	Альминская предгорная впадина	Предгорная аккумулятивно-денудационная равнина. Выровненное плато (20—80 м), расчлененное долинами рек Альмы, Качи, Бельбека
34	Северное крыло Крымского мегантиклинория	Пологонаклонная поверхность куэстовых гряд. Крупноглыбовые свалы у подножия клифа
100	Юго-Западный синклиниорий, южнобережный антиклиниорий	Горный Крым с узкой полосой южного склона — область эрозионно-тектонических гор с интенсивной эрозионной расчлененностью и высокой оползневой активностью
127	Туакский антиклиниорий, Судакская складчатая зона	То же
154	Восточное периклиналиное погружение Крымского мегантиклинория	Выровненная холмистая равнина высотой от 15—25 до 50 м. Климф обрывистый, активный

Инженерно-геологический район	Инженерно-геолог.	
	Геологическое строение	Гидрогеологические условия
Дунайский (Килийское гирло — начало Сасыкской пересыпи)	Берега сложены толщей четвертичных аллювиальных, лиманных и морских отложений	Безнапорный водоносный горизонт в аллювиально-дельтовых отложениях
Сасыкско-Днестровский (начало Сасыкской — конец Днестровской пересыпи)	Пересыпи: песчано-ракушечные морские отложения (1—8 м). Уступы плато: четвертичные лессовидные суглинки мощностью до 23 м, неогеновая песчано-галечная толща — до 40 м	На плато — подземные воды в неоген-четвертичных отложениях. Безнапорные водоносные горизонты в лиманных, морских и лиманно-морских отложениях
Днестровско-Днепровский (междуречье Днестра и Днепра)	Берега сложены толщей лессовидных суглинков, неогеновой песчано-глинистой толщей, известняками понта и мэотическими глинами	Водоносные горизонты в лессовидных суглинках, в песчаных линзах неогеновых глин, в известняках понта
Днепровско-Каркинитский (от р. Днепра до с. Межводного)	Берега сложены плиоцен-четвертичными глинистыми отложениями	Водоносные горизонты в лессовидных суглинках и отложениях погребенных днепровских террас
Западный Крым (с. Межводное — оз. Кызыл-Яр)	Берега сложены средне- и верхнесарматскими известняками и нижнесарматскими глинами. Четвертичный покров — щебнистые суглинки (1—3 м)	Водоносный горизонт в сарматских известняках, верховодка в покровных отложениях
Качинско-Севастопольский (оз. Кызыл-Яр — мыс. Константиновский)	Берега сложены глинистыми породами плиоцена и четвертичными делювиальными отложениями. Общая мощность 60—80 м	Водоносные горизонты в песчаных линзах неогеновых глин, четвертичного покрова и в оползневых накоплениях
Севастопольско-Балаклавский (мыс. Константиновский — мыс Айя)	Берега сложены сарматскими и верхнеюрскими известняками	Трещинно-карстовые воды

Географические условия и факторы в береговой зоне		
Ведущие геологические процессы	Оползни	Преобладающий тип берега
Речная аккумуляция и эрозия. В морской части района — абразия и аккумуляция	Отсутствуют	Аккумулятивный
Абразия со скоростью разрушения клифа порядка 2—4 м/год	Отсутствуют	Абразионный и абразионно-обвальный, сложенные рыхлыми породами
Абразия, сопровождающаяся обвалами и оползнями в уступе плато. Скорость разрушения клифа 0,2—2,0 м/год	Оползни выдавливания. Оползневые участки — 90 км побережья	Абразионный и абразионно-оползневой
Аккумулятивные участки чередуются с размываемыми (0,2—0,4 м/год). Активность процессов слабая	Отсутствуют	Преобладают аккумулятивный и абразионный
Абразия, сопровождающаяся на отдельных участках оползневыми процессами	Оползни выдавливания общей протяженностью до 60 км	Абразионный тип в слаборазмываемых породах. Абразионно-оползневой
Абразия на всем протяжении, обвально-оползневые процессы в уступе плато	Оползни выдавливания общей протяженностью 4,5 км. Площадь 78 га	Абразионный и абразионно-оползневой
Абразия на всем протяжении. Интенсивность процесса низкая	Отсутствуют	Абразионный в устойчивых породах

Инженерно-геологический район	Инженерно-геологическое строение	
	Геологическое строение	Гидрогеологические условия
Южный Крым (мыс Айя — пос. Семидворье)	Берега сложены флишевыми породами таврической серии и средней юры. Рыхлый покров — щебнисто-глинистые породы плиоценовые (массандровская свита) и четвертичные, разного генезиса. Мощность покрова от 5—15 до 50—80 м	Трещинно-карстовые воды верхней юры и водоносные горизонты в рыхлом четвертичном покрове
Юго-Восточный Крым (пос. — Семидворье — пос. Приморский)	То же	Характерна чрезвычайная бедность подземными водами. Слабые водоносные горизонты в покровных отложениях
Керченский (пос. Приморский — мыс Хрони)	Берега сложены глинистым комплексом неогена. Четвертичный покров — лессовидные суглинки и оползневые накопления	Исключительная бедность подземными водами

устойчивых аккумулятивных форм), что недостаточно для полного гашения волн.

Для береговых процессов Азовского моря чрезвычайно важна роль бентоса, представленного главным образом двустворчатыми моллюсками каспийской и черноморской фауны. Устойчивость и особенности динамики аккумулятивных форм берега в значительной мере зависят от объема поступления створок (ракушек) в береговую зону.

На северной части побережья береговая линия имеет сложную извилистую форму. Развита преимущественно абразионные берега, образующие плавные дуги заливов (кроме Утлюкского), расчлененных крупными, вытянутыми далеко в море косами Кривой, Белосарайской (длина 14 км), Бердянской (более 20 км), Обиточной (30 км), Федотова — Бирючий Остров (45 км). Заливы вместе с косами образуют ряд аккумулятивно-абразионных систем. Косы относятся к так называемому азовскому типу. Это аккумулятивные, смещаемые по направлению доминирующих вдольбереговых потоков наносов, мобильные формы асимметричного очертания. Такие косы формируются, когда угол между линией коренного берега и волновой равнодействующей очень мал. Вследствие двойного питания тело кос имеет два элемента: массивный высокий вал, формирующийся материалом, который поступает из главного потока наносов, и серия невысоких береговых валов в волновой тени основного вала, разделенных межваловыми понижениями.

гические условия и факторы в береговой зоне		
Ведущие геологические процессы	Оползни	Преобладающий тип берега
Сейсмичность 8 баллов, абразия на всем протяжении, эрозия и связанные с ними оползневые процессы	Структурные оползни в покровных отложениях	Абразионно-бухтовый и абразионно-оползневой в условиях горного рельефа
Сейсмичность 7—8 баллов, абразия, эрозия оползневые процессы, сели	Свыше 400 оползневых участков общей площадью 19 км ² . Структурные оползни в покровных отложениях. Свыше 130 оползневых участков площадью 11 км ²	Абразионный
Абразия, сопровождающаяся обвальными-оползновыми процессами	Оползни выдавливания. Около 100 оползневых участков площадью 4 км ²	Абразионный и абразионно-оползневой

Уникальная аккумулятивная форма — коса Арабатская Стрелка. Она представляет собой гигантскую пересыпь длиной около 112 км и шириной от 0,5 до 5 км. Арабатская Стрелка образовалась в результате выноса из глубины моря донных осадков (ракуши) преимущественно биогенного происхождения за счет поперечного перемещения наносов.

Далее на юго-запад на Керченском п-ове развит абразионно-бухтовый берег Арабатского залива. Здесь высокие клифы (до 20—30 м), сложенные мшанковыми известняками мзотиса, чередуются с мелкими бухточками и «карманными» галечниковыми пляжами.

Мыс Казантип — мшанковый риф мзотиса, имеет круглую форму и пониженную центральную часть. Она напоминает атолл с приподнятыми бортами и лагуной внутри. В целом мыс размывается, но темп абразии очень невелик.

За аккумулятивной двойной перермой Казантипского залива, от мыса Чаганы до мыса Богатубе протянулся абразионно-бухтовый берег. Обрывистый клиф сложен известняками мзотиса и расчленен короткими мысами на отдельные мелкие бухточки с «карманными» пляжами. Мысы оконтурены глыбовыми навалами и каменным бенчем. Западнее к этому участку примыкает аккумулятивная перерма мыса Зюк, который является останцем древнего рифа. Мыс Зюк имеет также западную перерму, которая, протянувшись на 5 км, отделяет древнюю лагуну — озеро Чокрак.

Таблица 11.16. Инженерно-геологическая характеристика

Область	Район	Инженерно-геологический участок	Протяженность, берега, км	Тектонические структуры (опускание суши, мм/год)	Геоморфологические условия
Северная	Северо-Таганрогский	Новоазовский	54	Окраина Восточно-Европейской платформы (Украинский щит), Федотовский грабен (до 1,0)	Прибрежное плато, аккумулятивно-эрозийная равнина. Высота береговых обрывов 8—15 м
		Ждановский	28	Окраина Восточно-Европейской платформы (Украинский щит), Ждановский горст (1—2)	Прибрежное плато, аккумулятивно-эрозийная равнина. Высота клифов 18—40 м (у г. Мариуполя — 40—65 м)
	Северо-Азовский	Белосарайский	57	Окраина Скифской плиты, Белосарайский грабен (1—2)	Прибрежное плато, аккумулятивно-эрозийная равнина. Средняя высота берегов 15—20 м (с. Юрьевское — 40—45 м)
		Бердянский	76	Окраина Скифской плиты, Юрьевский горст, Бердянский грабен (1—2)	Прибрежное плато, аккумулятивно-эрозийная равнина. Средняя высота берегов 15—16 м, максимальная — 30 м
		Обиточный	105	Окраина Скифской плиты, Обиточный горст и грабен, Ногайско-Бердянский горст (до 2)	Прибрежное плато, аккумулятивно-эрозийная равнина. Средняя высота берегов 12—15 м, максимальная — 20 м
		Бирючий	258	Окраина Скифской плиты, Сивашская депрессия (2—3)	Прибрежное плато, аккумулятивно-эрозийная равнина. Средняя высота берегов 4—8 м, преобладающая — 6 м
	Арабатская	Северный	37	Окраина Скифской плиты, Сивашская депрессия	Гигантская пересыпь (бар), сформированная за счет выноса ракушки со дна моря
		Центральный	52		
Керченско-Таманская	Казантипский	Южный	29		
		Краснокутский	37	Индоло-Кубанский прогиб в краевой части диапировых поднятий	Абразионно-бухтовый рельеф с мелкими бухтами и «карманными» пляжами. Высота клифов 20—30 м
	Восточно-Керченский	Казантипский	35	Неотектонический режим — погружение со скоростью до 2 мм/год	Мыс Казантип — мшанковый риф. По обе стороны — аккумулятивные формы типа пересыпей
		Чокракский	27		Абразионно-бухтовый рельеф. Высота клифов 10—20 м. Мелкие бухты, «карманные» пляжи

тика берегов Азовского моря в пределах Украины

Геологическое строение	Гидрогеологические условия	Ведущие геологические процессы	Тип берега (протяженность, км)
Лессовидные суглинки, пески древнеэвксинские. Общая мощность более 20 м	Безнапорный водоносный горизонт в четвертичных отложениях	Аккумуляция на косах и пересыпях, абразия со скоростью до 0,6 м/год	Аккумулятивный (41), абразивно-обвальный (13)
Лессовидные суглинки, скифские глины, мощность до 25 м; пески, песчаник, сарматские известняки	1. Водоносный горизонт в четвертичных отложениях; 2. Водоносный горизонт в неогеновых отложениях (пески кувальничные)	Аккумуляция, абразия, оползни блоковые и выдавливания, средние и крупные	Аккумулятивный (20), абразивно-обвальный (2), абразивно-оползневой (6)
Лессовидные суглинки, глины, пески, мощность до 20 м; пески	То же	Аккумуляция, абразия со скоростью 1—1,5 м/год, оползни блоковые и выдавливания, крупные	Аккумулятивный (42), абразивно-обвальный (1), абразивно-оползневой (14)
Лессовидные суглинки, скифские глины, мощность 15—26 м; пески, глины	• •	Аккумуляция, абразия со скоростью 0,3—0,9 м/год, оползни блоковые и выдавливания, средние и крупные	Аккумулятивный (15), абразивно-обвальный (8), абразивно-оползневой (23)
Лессовидные суглинки, скифские глины, мощность 15—25 м; пески глины	• •	Аккумуляция, абразия со скоростью 0,5—1,0 м/год, оползни блоковые и выдавливания, средние и крупные	Аккумулятивный (69), абразивно-обвальный (16), абразивно-оползневой (20)
Лессовидные суглинки, скифские глины, Мощность более 10 м	Водоносный горизонт безнапорный, в четвертичных отложениях	Аккумуляция на косах, абразия со скоростью 1—1,5 м/год, в лиманах до 0,2 м/год. Оползни блоковые и выдавливания, мелкие	Аккумулятивный (118), абразонный со слабой абразией (49), абразивно-обвальный (88), абразивно-оползневой (3)
Морские пески с ракушей	Горизонт вод солёных	Аккумуляция и периодическая абразия (южный и северный участки)	Аккумулятивный (37), аккумулятивный стабильный (52), аккумулятивный абразонный (29)
Известняки мшанковые, мзотичские	Изолированные водоносные горизонты в мульдах залежей каверновых известняков	Аккумуляция, абразия в условиях слабобразрушаемых известняковых пород со скоростью 0,2—1,0 год, абразия в бухтах	Аккумулятивный (10), слабобразрушаемый в скальных породах (26), абразивно-оползневой (1)
Пески морские; известняки мшанковые	То же	Аккумуляция в районе перейм и Казантиского залива, абразия в известняковых массивах, скорость 0,2— м/год	Аккумулятивный (26), слабобразрушаемый в скальных породах (9)
Известняки мзотиса, карангата; сверху суглинки	• •	Аккумуляция в условиях перейм, абразия в условиях известняковых массивов со скоростью 0,2 м/год	Аккумулятивный (7), слабобразрушаемый в скальных породах (20)

Область	Район	Инженерно-геологический участок	Протяженность берега, км	Тектонические структуры (опускание суши, мм/год)	Геоморфологические условия
Керченско-Таманская	Восточно-Керченский	Тарханский	30	Неотектонический режим — погружение со скоростью до 2 мм/год	Абразионно-оползневой рельеф. Формы рельефа сглажены за счет оползней. Высота берегов до 40—65 м

Характерная особенность побережья от мыса Тархан до мыса Фонарь — широкое распространение оползневых форм рельефа. Пестрота состава пород при ведущей роли глинистых осадков, своеобразное, более высокое по отношению к глинистым породам залегание крепких известняков, интенсивная абразия при неблагоприятной экспозиции берега к господствующему волнению способствуют широкому развитию оползневых процессов. Здесь развиваются блоковые многоступенчатые оползни, составляющие по площади 2 км² и захватывающие плато вглубь до 1,0 км.

Разрушение берегов крупных водохранилищ, происходит под влиянием тех же факторов и условий, которые определяют морскую абразию. Однако поскольку это явление возникает в связи с хозяйственным освоением территории и взаимодействием искусственно созданных водоемов с геологической средой, оно получило название *переработка берегов*. Последняя аналогична абразии берегов морей и озер с тем отличием, что этот процесс на водохранилищах более интенсивный, более быстро протекает и более разнообразен по характеру [11,52]. Происходит как бы моделирование начальной стадии морской абразии, имевшей место на морях несколько тысячелетий тому назад.

Образование водохранилищ нарушает естественный ход формирования склонов речных долин. Начинается бурная перестройка рельефа в береговой полосе, поскольку унаследованный водохранилищем рельеф не соответствует новым действующим факторам и условиям. Активируются те процессы, которые не были ведущими. На смену речной эрозии приходит волновая абразия. Общим обязательным фактором берегового процесса становится воздействие водных масс водохранилища на береговые склоны. Особенности уровня режима водохранилищ, которые диктуются хозяйственными требованиями, обуславливают специфическую гидрогеологическую обстановку на побережье.

По степени размываемости, размокаемости и растворимости горные породы на берегах водохранилищ делятся на следующие группы.

1. Очень легко размываемые породы. К ним относятся тонко-, мелко- и среднезернистые пески и супеси. При изучении размываемости этих пород на первый план выступают энергетическая характеристика волнового воздействия и гидравлическая крупность частиц.

2. Легкоразмываемые породы. Они имеют слабые ионно-электростатические и другие структурные связи, что характерно для лессовых отложений, быстро разрушаются даже в спокойной воде. Эта размываемость фактически целиком определяется размокаемостью.

3. Среднеразмываемые породы. Они весьма разнообразны по петрографо-минеральному составу и размываемости. Это мелкозернистые песчаники, слабосцементированные песчаники, и четвертичные глинистые отложения (от плотных до пылеватых аллювиальных суглинков, сформировавшихся в условиях пойменной фации).

Геологическое строение	Гидрогеологические условия	Ведущие геологические процессы	Тип берега (протяженность, км)
Глины тарханские; известняки и глины мзотиса; глины майкопские	Водоносный горизонт в известняках мзотиса. Верховодка в четвертичных отложениях	Абразия со скоростью до 1,5 м/год, оползни блоковые и выдавливания, крупные	Абразионно-обвальный (6), абразионно-оползневой (24)

4. Трудно размываемые породы. Они имеют не только прочные ионно-электростатические структурные связи, но и структурные связи химической природы. В случае таких отложений (например, мезозойских глин) большое значение имеют процессы выветривания, которые способствуют их размыву. В приурезовой части абразионного уступа в таких породах формируются крутые, часто отвесные склоны. К этой группе относятся также крупные галечники.

5. Группа очень трудно размываемых пород. Состоит из опок, аргиллитов, песчаников, мергелей, глинистых мергелей и др. Исследования в лабораторных условиях показывают, что распад этих пород в воде происходит только при переменном увлажнении и высушивании в местах с ослабленными структурными связями.

6. Практически неразмываемые породы. К ним относятся магматические и метаморфические (крепкие песчаники, известняки, доломиты, гипсы и др.) образования, целиком слагающие береговые склоны. Приурезовая часть таких склонов покрыта глыбами и плохо окатанной галькой местных пород, которые сильно затрудняют дальнейшее действие волн на берег.

Переработка абразионных берегов водохранилищ ведет к формированию двух основных элементов береговой зоны — берегового уступа (клифа) и береговой отмели — и протекает по такой обобщенной схеме [II.52]. По мере заполнения водохранилища и образования озероподобного водоема создаются благоприятные условия для возникновения ветровых волн.

На береговых склонах ветровые волны сначала вымывают волноприбойные ниши или желоба. Часть обломочного материала (наиболее мелкого) уносится волнами и волновыми течениями в сторону открытого водоема, более крупные частицы скапливаются в приурезовой полосе — начинается образование береговой отмели. Волноприбойные ниши, желоба и трещины в нижней части берегового склона ослабляют его устойчивость, вследствие чего развиваются склоновые процессы (осыпи, обвалы, оползни). Формируется береговой обрыв — клиф. Продукты его разрушения под влиянием волнений и вызванных ими течений частично переоткладываются в тело отмели, частично уносятся на другие участки берега, а пылеватые и глинистые частицы в основном поступают в глубь водоема, выпадая на дно, участвуют в процессах заиливания водохранилища. Поскольку этот цикл постоянно повторяется, клиф постепенно отступает в сторону суши, а ширина отмели увеличивается.

Вид отмели зависит от баланса наносов на данном участке берега. При положительном балансе отмель состоит из абразионной и аккумулятивной частей, при отрицательном — она чисто абразионная и по генезису сходна с морским бенчем.

Образование слоя подвижных песчано-галечных фракций на абра-

зионной части абразионно-аккумулятивной отмели или на абразионной отмели наблюдается на более поздних этапах развития берега и свидетельствует о значительном затухании темпов его переработки, а также о начале образования различных аккумулятивных форм (пляжей, кос, пересыпей, террас, перейм и т. д.). Эти формы при достаточном развитии их надводной части полностью предохраняют береговой обрыв от непосредственного контакта с волнами, и склоновые процессы на нем постепенно затухают.

Развитие абразионного берега усложняется при значительных сезонных и годовых колебаниях уровня воды в водохранилище: с понижением его происходит частичный или полный размыв отмели, при очередном его повышении (например, весной) разрушение клифа возобновляется почти с той же интенсивностью.

Главные причинно-следственные связи берегового процесса описываются следующими закономерностями [11.52].

1. Процессу развития берегов водохранилищ свойственно сочетание черт инерционности и изменчивости. Инерционность берегового процесса проявляется в сохранении в течение длительного времени основных черт механизма формирования берега. Изменчивость — это потеря инерционности вследствие естественных причин или хозяйственной деятельности.

Свойство инерционности присуще береговому процессу, потому что многие факторы и условия этого процесса относятся к категории длительных и сами мало изменяются во времени. Так, литологические комплексы пород, слагающих береговые склоны водохранилищ, обычно имеют усредненные характеристики с узким варьированием на больших территориях. Потери инерционности могут произойти в тех случаях, когда характеристики геологического строения резко изменяются. Например, после переработки рыхлых отложений пойменной террасы волнение начинает взаимодействовать со скальными породами плато.

К длительно действующим факторам относится также исходный рельеф водохранилища, сформированный под влиянием иных (не водохранилищных) факторов, в том числе таких, которые продолжают действовать и после сооружения водохранилища. Исходный рельеф на длительное время обуславливает существование высоких и низких берегов, приглубых и отмелых склонов и генеральную ориентацию береговой линии.

2. Деформации берегов могут быть очень разнообразны. Выделяются два больших класса деформаций: однонаправленные и знакопеременные (флюктуации).

Знакопеременные циклические деформации, т. е. периодические колебания морфометрических характеристик береговой зоны относительно среднего значения, вызываются несколькими причинами. Прежде всего следует отметить движение периодических мезоформ береговой зоны (щитовидных отмелей, фестонов и др.) вдоль линии берега, приводящее к периодическому изменению размеров береговой отмели. Следующая причина — циклические колебания климатических характеристик и их производных (характеристик ветроволнового и уровня режима, а также режима движения наносов). Наличие циклов разной длительности позволяет выделить годовые, сезонные и месячные знакопеременные деформации.

3. Большинство факторов берегового процесса (ветер, волнение, жидкий и твердый сток, уровни воды, неоднородность геологического строения) имеют стохастическую природу, поэтому тенденция развития берега имеет нежесткий характер.

4. Береговой процесс не ограничен во времени, поэтому после затухания однонаправленных деформаций наступает не «конечная» стадия развития, а стадия динамического равновесия, при которой берего-

вая зона испытывает только знакопеременные деформации. Состояние динамического равновесия не является завершением берегового процесса, а только одной из его стадий, которую может вновь сменить стадия перестроения (что происходит, например, при изменении водности или твердого стока рек, питающих водоем). Поэтому на озерах, даже с очень длительным периодом их существования, наблюдается абразия берегов.

5. Между скоростью деформаций и скоростью изменений характеристик активных факторов берегового процесса отсутствует линейная связь, причем изменения форм рельефа отстают от изменений водной среды.

6. Процессу развития берегов свойственны стадийность и неодновременность. Геоморфологический облик береговой зоны со временем претерпевает качественные изменения. Первично расчлененный берег, к примеру, выравнивается, абразионные отмели превращаются в абразионно-аккумулятивные, появляются свободные и замыкающие аккумулятивные формы, вторичное расчленение берега и пр.

Таким образом, береговой процесс можно разделить на ряд временных интервалов (стадий), продолжительность которых определяется периодом существования того или иного характерного облика береговой зоны.

Неодновременность берегового процесса заключается в том, что берега водохранилищ неодновременно проходят стадии и этапы своего развития. Даже в пределах одной гидрологической зоны могут быть участки берегов в состоянии динамического равновесия, абразионные берега как с абразионными, так и с абразионно-аккумулятивными отмелями, аккумулятивные берега и т. д.

7. Береговому процессу свойственны зонально-провинциальные и региональные особенности. Последние определяются зонально-провинциальным и региональным характером факторов и условий берегового процесса, в частности длительностью безледоставного периода, геологическим строением береговой зоны, влиянием растительного покрова, жидким и твердым стоками, эрозийными явлениями, ветровым и урочными режимами.

8. Береговой процесс сопровождается дифференциацией обломочного материала, поступающего в береговую зону вследствие разрушения берегов, речной и овражной деятельности, а также деятельности человека. Под действием волн и сопровождающих их течений обломочный материал измельчается, делится на наносы (песчано-алевритовые и более крупные частицы), образующие аккумулятивные формы рельефа, и на более мелкий материал — неберегоформирующие наносы, выносимые за пределы береговой зоны (на дно и в застойные места, где образуют илистые отложения).

Волны также окатывают наносы на подводном береговом склоне и сортируют их по крупности и плотности, что особенно четко выражено на стадии динамического равновесия.

Наиболее масштабные проявления переработки берегов наблюдаются на крупных водохранилищах, где ветер генерирует волны, не уступающие по размерам волнам Азовского моря. На территории Украины наиболее крупные водохранилища составляют Днепровский каскад — Кременчугское, площадь 2250 км²; Каховское, 2150; Киевское, 422; Каневское, 581; Днепродзержинское, 567; Днепровское 410 км². Выделяется также Днестровское водохранилище на р. Днестре, 142 км².

Длина береговой линии водохранилищ Днепровского каскада составляет 3529 км. Из них к настоящему времени 611 км защищены от переработки и затопления инженерными сооружениями, 1589 км являются «нейтральными», т. е. вследствие пологости они не испытывают переработки. На остальных 1329 км происходит переработка берегов.

Особенно сильно разрушались берега в первые годы после заполнения водохранилищ, когда берега, сложенные рыхлыми породами, отступали на 50—100 м/год.

В настоящее время средняя скорость переработки не превышает 5 м/год, максимальная — на отдельных участках достигает 20—30 м/год. К концу XX в. по данным Укргидропроекта потеря земель от переработки берегов превысит 25 тыс. га.

Наиболее распространенные типы перерабатываемых берегов водохранилищ — абразионно-осыпные, абразионно-оползневые и абразионно-обвальные.

В заключение отметим, что среди факторов и условий морской абразии и переработки берегов в последнее время все большее значение приобретают мероприятия по охране геологической среды побережья. На основе инженерных мероприятий для регулирования движения водных масс в зоне разрушения волн и прибоя, а также движения морских наносов, для устранения причин, нарушающих устойчивость крутых надводных (особенно оползневых) склонов, разработаны генеральные схемы, противооползневых и берегозащитных мероприятий на побережьях Черного и Азовского морей, схемы защиты берегов крупных водохранилищ. Опыт эксплуатации десятков километров уже построенных берегозащитных комплексов позволяет сделать ряд предложений для совершенствования их экологических характеристик. Прежде всего необходимо, чтобы при строительстве берегоукрепительных сооружений были бы более полно учтены не только требования охраны геологической среды, но и других компонентов природы [11.138]. В частности, берегозащитные мероприятия не должны приводить к деградации прибрежных биоценозов, ослаблению водообмена в прибрежной зоне, ухудшению санитарного состояния прибрежных вод и береговой полосы. Очень часто таким комплексным экологическим требованиям соответствуют искусственно созданные пляжи, сооружения, моделирующие глыбовые навалы у приглубых берегов, искусственное расчленение береговой линии.

П.1.4.2.3. Эрозионные процессы

На территории Украины широко развиты следующие виды эрозии: русловая постоянных водотоков (рек) — боковая и глубинная (вертикальная); русловая временных водотоков (овражная или линейная); склоновая (микроуступчатая), вызывающая плоскостной смыв (вынос гумуса из почв); эоловая (ветровая). Наибольший практический интерес представляет овражная и плоскостная эрозия.

Размываемость пород зависит от их гранулометрического и минерального составов, объемной массы, характера структурных связей между частицами, влажности, скорости потока, при которой начинается размыв.

Наиболее высокую противозерозионную устойчивость в рельефе оказывает растительность. Сплошной растительный покров (травяной, кустарниковый, древесный) предохраняет территорию от овражной и плоскостной эрозии. Поэтому степень развития эрозионных процессов и пораженности ими территорий трех физико-географических зон Украины (смешанных лесов, лесостепной и степной) различна.

Распространение и интенсивность эрозионных процессов контролируется различиями тектонического, неотектонического и сейсмического режимов этих зон, зависит от геологического строения территории, а также от особенностей геоморфологических палео- и современных условий.

В зоне смешанных лесов преобладают площади с незначительными

углами наклона склонов земной поверхности (0—4°). Здесь отсутствуют местные глубокие базы эрозии, практически повсеместно развит растительный покров. Поэтому плоскостная эрозия в этой зоне не достигает разрывающих скоростей или развита очень слабо. Слабая эродированность земель или полное ее отсутствие характерно для Украинского Полесья. Общее количество эродированных пахотных земель здесь составляет 1—3 %.

Боковая эрозия проявляется в руслах рек Зап. Буга и Стири. Особенно она интенсивна в местах меандрирования, где развиты вертикальные обрывы высотой от 6—7 до 10—15 м.

Эоловая эрозия сильно развита в Ривненской обл. — на площади 13,5 тыс. га (по земельному учету) развеваются пески, что наносит огромный ущерб земельному фонду.

В зоне смешанных лесов овражной эрозией поражены только невысокие лесовые возвышенности и останцы. На Словечанско-Овручской возвышенности (глубина местных базисов эрозии до 100 м), сложной легкоразмываемыми суглинками и супесями, повсеместно развиты овраги V-образной формы в виде узких и глубоких ущелий с крутыми (20—40 м) вертикальными стенками. Пораженность овражной эрозией увеличивается с севера на юг от 10 до 30 %.

На правых склонах рек Днепра, Десны, Случи, Тетерева овраги имеют V-образную форму с крутизной стенок 45—65°, глубиной 8—12 м, длиной от нескольких десятков метров до 2,5 км.

В пределах Новгород-Северской эродированной возвышенности, на правом берегу р. Десны развиты овраги V-образной формы с крутыми стенками высотой 18—20 м, иногда их длина достигает 3—4 км. Общая площадь оврагов 9,2 тыс. га, пораженность до 30 %.

Равнина Малого Полесья также относится к зоне смешанных лесов. Низкие углы наклона склонов (0—4°), незначительные показатели вертикального (0—20 м) и горизонтального (0—2,0 км/км²) расчленения рельефа являются основными факторами слабого развития плоскостной и полного отсутствия овражной эрозии. Средняя эродированность пахотных земель не превышает 1—2 %. Общая площадь средне- и сильноэродированных пахотных земель — около 3 тыс. га.

Лесостепная зона охватывает центральную часть Украины. В геоструктурном отношении к ней относятся центральные части Волыно-Подольской плиты, Украинского щита, Днепровско-Донецкой впадины и южные склоны Среднерусской возвышенности. Эта зона разделяется Днепром на право- и левобережную лесостепь. К правобережной лесостепной зоне относятся возвышенности: Волинская, Подольская, Приднепровская и Приднепровская.

В связи с тем что на Волинской возвышенности основную часть атмосферных осадков (300—500 мм) составляют ливневые дожди, а испарение с поверхности земли достигает 400—420 мм, создается дефицит влаги в почвах и подстилающих породах. Это способствует усилению выдувания почвенного покрова, а затем разрушению его процессами водной эрозии. Изменения морфометрических характеристик рельефа (глубина расчленения 60—100 м, густота горизонтального расчленения 0,2—0,8 км/км²), значительные превышения водоразделов при относительно небольшой их ширине, создающие большие уклоны поверхности (12—20°), предопределили широкое развитие эрозийных процессов, особенно на южных склонах. Глубина каньонообразных оврагов 20—30 м, длина 20—50 м при ширине до 25 м, часто с обрывистыми склонами. Особенно высокая степень пораженности овражной эрозией (до 30 %) на Мизочском участке, между городами Дубно и Острогом. Из 146 оврагов, общая длина которых около 95 км, 98 находятся на сельскохозяйственных угодьях. Возникновение оврагов здесь связано с нарушением земледольования и бесхозяйственным освое-

нием территории. Овраги в плане имеют ветвистую форму с крутыми склонами ($20-90^\circ$), глубина их от 1,5 до 25, чаще 3—6 м, длина от 5,0 до 6,1 км. Плоскостная эрозия развита практически повсеместно. Из почв вымыто до 50 % гумуса, поэтому потери урожая ежегодно составляют 20—25 %.

На Подольской и Приднестровской возвышенностях широкое развитие овражной, плоскостной и боковой эрозии обусловлено глубоко врезанной речной сетью, значительной крутизной речных склонов ($16-30^\circ$), высокой расчлененностью рельефа (горизонтальное — до 2,7 км/км², вертикальное — 40—80 м), наличием в разрезе легкоразмываемых пород, залегающих выше базиса эрозии (неогеновых глин, гипсов, мергелей, известняков, перекрытых четвертичными суглинками, супесями и лессами), а также интенсивным выпадением атмосферных осадков (600—700 мм/год). Пораженность территории овражной эрозией неравномерна и варьирует от 3 до 20 %. Особенно интенсивно овражная эрозия развита на расчлененных возвышенностях Ополья и Приднестровского Подолья. Длина оврагов до 1—1,5 км, ширина днищ 30—40 м. В пределах Голлгоро-Кременецкого низкогорного края пораженность овражной эрозией на отдельных участках составляет 35—40 %.

Боковая эрозия развита в среднем и нижнем течении рек Золотой Липы, Коропца, Стрылы, Серета, Ничлавы, Стыри, Свины и их притоков. На таких участках происходит активная переработка пойменных отложений, надпойменных террас, а местами и коренных склонов.

Эродированность почв наиболее высокая (до 78—85 %) в Тернопольской и Хмельницкой областях — на водоразделах рек Вилии, Горыни, Збруча, Случи. Средне- и сильноосмытые пахотные земли составляют около 400 тыс. га; на Подольской возвышенности (Голлгоры) эродированность земель — 40—50 %.

Приднестровская возвышенность представляет собой глубоко расчлененную лесовую равнину, на которой преобладают восходящие неотектонические движения, обусловившие глубокий эрозионный врез (от 40 до 80 м), густоту овражно-балочной сети (до 1,5 км/км²), значительные углы наклона склонов (до 16°). Поэтому здесь активно развита овражная и плоскостная эрозия.

Овраги в лессах и лессовидных породах имеют V-образную форму с крутыми и отвесными стенками и узким дном, а в неогеновых песках — с широким дном. Глубина оврагов 3—20 м, чаще 5—10 м, длина — от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Плоскостная эрозия проявляется повсеместно, за исключением плато с углами наклона склонов менее 2° . Общая эродированность земель в районе Каневских дислокаций достигает 83 %, средне- и сильноэродированные почвы в отдельных хозяйствах составляют 40—60 %, а вынос гумуса из почвы при крутизне склонов $4-7^\circ$ равен 5—8 т/год.

К левобережной лесостепной зоне относится Приднестровская низменность и южные склоны Среднерусской возвышенности. Приднестровская низменность в геоструктурном плане занимает большую часть Днепровско-Донецкой впадины. Широко развита овражно-балочная сеть на правых склонах левобережных притоков р. Днепра. Склоны оврагов и балок крутые, симметричные, часто покрыты лесом и кустарником. Овраги короткие (50—250 м) и глубокие (до 25 м) с крутыми ($30-40^\circ$), часто вертикальными (в лессовых породах) стенками. Глубина эрозионного вреза долин 60—70 м. Особенно интенсивно овражная эрозия развита на правобережье р. Псла и его притоков.

Плоскостной эрозией поражены водосборы рек Сулы и Псла, правобережье р. Ворсклы. Развитие боковой эрозии на реках Сейме, Суле, Псле является причиной потери устойчивости склонов и активизации

оползневых процессов. Меандрирование русла вызывает размывание правых и левых берегов рек.

Плотность оврагов в среднем составляет 0,1—0,2 оврага на 1 км², средний рост в длину—15 см/год, средний боковой рост—2,5—3,5 см/год.

В пределах Среднерусской возвышенности овражная эрозия особенно развита на реках Красной, Айдаре, Деркуле, Сев. Донце. Глубина оврагов 5—10 м, длина 1,6—3 км, а плоскостной смыв 30—50 %.

Степная зона в геоструктурном отношении охватывает Причерноморскую впадину, Равнинный Крым и Донецкий бассейн.

Причерноморская впадина приурочена к зоне новейших опусканий, поверхность ее наклонена в сторону моря. По отношению к опущенной южной (10—15 м, реже 2—5 м) несколько приподняты западная (120—140 м), восточная (140—170 м) и северная (150—160 м) ее части, где наиболее интенсивно развиты процессы овражной и плоскостной эрозии. Геоморфологически это лессовая равнина—низменность на неогеновом основании, расчлененная долинами рек Днепра, Днестра, Буга и других, впадающих в Черное море. Все реки и лиманы имеют правостороннюю асимметрию с глубиной вреза от 50—80 м на севере и востоке до 20—30 м на юге и западе, что обусловило высокую пораженность плоскостной и овражной эрозией (25—30 %) правых берегов рек и лиманов, сложенных легкоразмываемыми лессовыми суглинками (особенно в Одесской и Николаевской областях). Балки и овраги имеют каньонообразный профиль, длину 2,5—15 км, глубину 20—30 м.

Пораженность овражной и плоскостной эрозией склонов Каховского водохранилища составляет 10—25 %. На береговом уступе Азовского моря развиты овраги с крутыми или отвесными склонами, глубиной 5—10 м, шириной до 20—30 м. Пораженность овражной эрозией достигает 10 %.

Территория Равнинного Крыма является продолжением Причерноморской впадины (степной зоны), на большей части которой участки со средне- и сильносмываемыми почвами не превышают 5 %, на Тарханкутском п-ове—до 10 %, а пораженность овражной эрозией здесь составляет 20—25 %.

Слабоволнистая поверхность равнины Керченского п-ва расчленена неглубокими широкими балками, осложненными останцовыми возвышенностями и замкнутыми понижениями длиной 3—5 км, шириной до 2 км. Значительная расчлененность территории (до 2 км/км²), ливневый характер осадков, бессистемный выпас скота способствуют широкому развитию плоскостной и овражной эрозии. Эродированные площади сельскохозяйственных угодий составляют 10—20 %. Скорость роста оврагов 3—7 м/год. Пораженность плоскостной эрозией достигает 20—30 %, овражной—10 %. Территория Керченского п-ова наиболее подвержена ветровой эрозии. В результате пыльных бурь, повторяющихся примерно семь раз в 10 лет, происходит выдувание верхнего плодородного слоя на 20—30 см, изменение рельефа пашни и опесачивание почв.

В степных и лесостепных областях Украины огромный ущерб земледелию наносит золовая (ветровая) эрозия, проявляющаяся в виде пыльных бурь. Интенсивные пыльные бури были в 1892, 1928, 1960, 1965, 1969 гг. За последние 40 лет они наблюдались 16 раз. В 1960 г. пыльными бурями была охвачена вся южная часть Украины (около 5 млн га). В Крыму, Запорожской и Херсонской областях погибли сельскохозяйственные культуры на площади более 500 тыс. га. Пыльные бури 1969 г. охватили юг Украины площадью почти 350 тыс. км². Пыль была поднята в воздух на высоту до 2 км. Продвигалась она в

северном и северо-восточном направлениях со скоростью 200—300 км/сут. Пагубное действие бурь заключается в выдувании из верхнего гумусового слоя глинозема, содержащего питательные вещества. Поднятые массы пыли засыпают здания, дороги, сельскохозяйственные угодья, нанося ущерб народному хозяйству.

Донецкий бассейн отличается сложностью и своеобразием рельефа, что связано с тектоническими и неотектоническими особенностями его формирования, а также с литолого-фаціальным составом пород. Активизации плоскостной и овражной эрозии здесь способствуют высокая расчлененность рельефа ($2,2\text{--}2,5\text{ км/км}^2$), ливневый характер атмосферных осадков, частые оттепели зимой, бурное весеннее снеготаяние, разреженный растительный покров, пыльные бури, наличие покровных легкоразмываемых пород, многолетнее ведение земледелия на крутых склонах, интенсивное развитие угледобычи и отраслей промышленности, а также сброс сточных вод.

В Донбассе средняя эродированность земель достигает 63 %. Земли, используемые под пашню, эродированы на 56 %, пастбища — на 73 %. Площадь хозяйств с 50%-ной эродированностью угодий составляет 73 %. По данным лаборатории борьбы с водной эрозией почв УкрНИИ почвоведения и гидрохимии, средний прирост оврагов составляет около 1 % занимаемой ими площади, т. е. в Донбассе ежегодно уничтожается 528 га сельскохозяйственных угодий. Рост оврагов увеличивается в период весеннего стока до 0,24 м, а от ливневых дождей — 0,75 м за один сезон, в среднем за год достигает 0,99 м.

Для Украинских Карпат характерны физико-географическая и климатическая вертикальная зональность, разнообразие форм рельефа различного происхождения, сложность геологического строения. Регион включает предгорья (Предкарпатье и Закарпатье), горноскладчатую часть Украинских Карпат и Закарпатскую низменность.

В Предкарпатье входит часть лесостепной зоны предгорий Украинских Карпат, сильно расчлененных р. Прутом и его притоками, а также правыми притоками Днестра (реки Стрыла, Свича, Ломница, Быстрица и др.). В Предкарпатском прогибе выделяются водотоки с тенденцией на отдельных участках к усилению или ослаблению эрозионной деятельности и с относительно постоянным режимом. Так, истоки правых притоков р. Прута (реки Дерелуй, Брусница, Гнилица) в связи с усилением интенсивности неотектонических движений от платформенных к горной части Украинских Карпат поднимаются с большей скоростью (на 0,5—1,0 мм/год), чем их устья, что способствует усилению эрозионных процессов. На левых притоках Прута, испытывающих более интенсивное поднятие устьевой части, происходит снижение активности эрозионных и оползневых процессов. Пораженность плоскостной эрозией составляет 20—70 % (Черновицкая обл.), овражной эрозией — 8—35 %. Особенно сильно поражены овражной эрозией правый берег р. Прута, а также водораздел рек Прута и Днестра. На этих же реках развита боковая и донная эрозия.

Горноскладчатая зона Украинских Карпат относится к области устойчивых послепозднеолигоценовых поднятий, скорость которых достигает 15 мм/год. Значительная высота (гора Говерла, 2061 м) и крутизна склонов, влажный климат (800—1200 мм/год), обводненность пород, высокая сейсмичность (6—7 баллов), мощная кора выветривания, интенсивное эрозионное расчленение — сочетание этих природных факторов обусловили пораженность оползневыми процессами и низкую степень пораженности плоскостной и овражной эрозией.

Незначительные превышения (4—20 м) и слабая расчлененность рельефа, нисходящие неотектонические движения, развитие лесной и травянистой растительности, малый поверхностный сток — основные факторы слабого развития эрозионных процессов в Закарпатской низ-

менности и преобладания процессов аккумуляции и заболачивания. Пораженность плоскостной эрозией здесь до 1—3 %, овражная эрозия отсутствует.

Горный Крым в геоструктурном отношении соответствует складчато-глыбовому альпийскому сооружению — мегантиклинорию. В плиоцен-четвертичное время здесь произошло своеобразное поднятие с амплитудой на разных участках 0,3—1,4 мм/год. Это вызвало интенсификацию процессов денудации, в частности глубокое эрозионное расчленение, характерное для современного рельефа Горного Крыма. Относительная приподнятость территории в сочетании с близостью общего базиса эрозии обусловила значительные уклоны местности на небольших расстояниях, что способствовало интенсивному развитию овражно-балочной сети (2,8—3,5 км/км²).

Скальные и полускальные верхнеюрские отложения в западной части Горного Крыма обладают высокой устойчивостью к эрозионным процессам, что и обеспечило их сохранность в виде столовых гор (яйл). Главную гряду слагают породы таврической серии — флишевая формация триаса и юры, в которой чередуются тонкочешуйчатые аргиллиты, алевролиты и окварцованные песчаники. Обнажаясь, они быстро превращаются в рыхлый элювиально-делювиальный покров, с которым связана высокая плоскостная и овражная эрозионная пораженность центральной части Горного Крыма (по сравнению с западной). Глубина эрозионного вреза в оползневых накоплениях до 35 м, форма вреза щелевидная, иногда V-образная, крутизна склонов оврагов до 75°. Глубина овражно-балочной сети до 25 м. Рост овражно-балочной системы составляет 0,8—9,0 в среднем 2,56—3,24 м/год.

Пораженность овражной эрозией территории Горного Крыма различная — от слабой (менее 10 %) на востоке до средней (около 20 %) на юго-западе и сильной (30—50 %) в центральной частях. Пораженность плоскостным смывом изменяется от слабой (менее 10 %) на севере, средней (20—25 %) в центре и на юго-западе до сильной (около 40 %) на северо-востоке Горного Крыма.

Таким образом, по активности эрозионного расчленения большинство природных регионов Украины характеризуются сложными и весьма сложными условиями. Поэтому с эколого-геологических позиций эрозионные процессы должны учитываться в качестве одного из ведущих инженерно-геологических показателей при строительном и народнохозяйственном освоении территорий.

II.1.4.2.4. Западные морфоскульптуры

С позиций экологии, эффективного строительного и народнохозяйственного использования земельных ресурсов важное значение имеют западные морфоскульптуры — гомогенные и гетерогенные поды, блюдца, западины, воронки, поля и др. Они существенно усложняют инженерно-геологические условия массивов.

Морфоскульптуры различаются по масштабам площадного распространения, генезису, морфологии, составу и свойствам слагающих грунтов; неодинаковы их парагенетические связи с покровной толщей или залегающими ниже коренными комплексами. Наконец, они существенно различны по инженерно-геологическим параметрам, диагностике использования в качестве оснований сооружений, а также как составляющие современного и древних ландшафтов при мелиоративном и других видах народнохозяйственного использования площадей.

По происхождению и истории формирования рассматриваемые морфоскульптуры полигенетичны (табл. II.17). Западины, воронки, поля — это морфоскульптуры карстового происхождения, прослеживаются

Таблица 11.17. Морфогенетическая классификация западных морфоскульптур (Составили И. И. Молодых, Э. Т. Палиенко)

Морфология западных морфоскульптур как отрицательных форм рельефа замкнутой конфигурации	Современные и плейстоцен-четвертичные рельефообразующие геологические процессы	Районы развития морфоскульптур в современном рельефе или в виде fossilized геологических тел

А. Гомогенные морфоскульптуры преимущественно округлые, реже овальные на горизонтальных и слабоуклонных (слабосточных) поверхностях

- 1. Микроблюдца*** размером от 8—12 до 30—50 м в поперечнике, плотность размещения 150—200 форм и более на 1 км², расстояния между микроблюдцами по полигонам 30—100 м. Ограниченно здесь же развиты одиночные блюдца размером до 75—150 м в поперечнике, глубиной до 0,5—1,0 м

В песчаных, супесчаных и суглинистых отложениях водно-ледниковых аллювиальных и лессовых равнин с суглинистым покровом за счет термокарстовых и других процессов (деградации в межледниковья и в голоцене повторно-жильных льдов и льдонасыщенных пород)

Киевская (районы городов Переяслава-Хмельницкого, Василькова и др.) и Черниговская (в бассейнах рек Десны, Убеди и др.) области; Житомирское Полесье; левобережье среднего течения р. Днепра. Развиты в современном рельефе
- 2. Блюдца*** размером преимущественно от 20—40 до 100—150 м в поперечнике, плотность размещения до 60—84 форм на 1 км², расстояния между блюдцами по полигонам 50—100 м и более. Ограниченно здесь развиты спорадические формы — до 100—200 м в поперечнике, глубиной до 2—3 м

В активно просадочных лессовых породах субаэриальных равнин (супесях, легких и средних суглинках) за счет: а) субтермокарстовых процессов при деградации повторно-жильных льдов, дополненных просадочными деформациями лессового типа на завершающих стадиях формирования рельефа; б) то же, но в условиях опесчаненных разновидностей

Киевская обл. (районы городов Яготина, Белой Церкви, Василькова, Кагарлыка и др.); левобережье среднего течения р. Днепра, Центральное Причерноморье (междуречье Молочная — Днепр — Юж. Буг и др.). В современном рельефе; на юге перигляциальной области южнее языка днепровского оледенения в виде fossilized тел в dp, bg и tl слоях лессов

Морфология западных морфоскульптур как отрицательных форм рельефа замкнутой конфигурации	Современные и плиоцен-четвертичные рельефообразующие геологические процессы	Районы развития морфоскульптур в современном рельефе или в виде fossilized геологических тел
3. Б л ю д ц а * размером преимущественно от 40—50 до 100—300 м, плотность размещения от 7—10 до 30 форм на 1 км ² , расстояния между блюдами по полигонам — от 75—100 до 300 м. Присутствуют одиночные спорадические формы размером до 300—500 м, глубиной до 2—3 м, реже до 5 м	То же, что в пункте 2, а	Северо-Западное Причерноморье (междуречье Днестр — Дунай). В современном рельефе, очень редко в виде fossilized геологических тел
4. П о д ы * размером от 600—800 м до 2—4 км в поперечнике, расстояния между подами по полигонам 500—800 м и более, глубиной 2—3 м, реже до 5 м	В непросадочных лессовых породах субэвразийских равнин (лессовидных тяжелых суглинках и глинах) за счет термокарстовых процессов при деградации сегрегационных льдов	Междуречья Молочная — Днепр — Ингулец — Юж. Буг. В современном рельефе и в виде fossilized геологических тел
5. З а п а д и н ы, в о р о н к и, в а н н ы ** размером от 5—10 до 100 м и более, глубиной от 1—5 м до 10—20 м и более	а) Понижения в покрывающих карстующиеся породы связанных в рыхлых комплексах плейстоцена (за счет провалных явлений покровного чехла) б) Понижения в виде карстопоявлений на участках, лишенных покровной толщи в) Понижения в лессовидных покровных отложениях, в результате выщелачивания гипсового гипса	Для пунктов а и б — в регионах с наличием карстующихся отложений на территории всей Украины; для пункта в — склоны пологих балок Припяти. В современном рельефе
Б. Гетерогенные морфоскульптуры овальной, вытянутой или неправильно очерченной конфигурации на горизонтальных и слабоуклонных (слабосточных) поверхностях		
6. М и к р о з а п а д и н ы в пределах волнистой равнины; размеры понижений преимущест-	В тонкопесчаных накоплениях в пределах ледниковых, водно-ледниковых и аллювиаль-	В бассейнах рек Тетерева, Ужа, Десны, Убеди и др.

Морфология западных морфоскульптур как отрицательных форм рельефа замкнутой конфигурации	Современные и плиоцен-четвертичные рельефообразующие геологические процессы	Районы развития морфоскульптур в современном рельефе или в виде fossilized геологических тел
венно от 30—50 до 100 м, глубиной до 3 м, реже до 5 м	ных равнин за счет: а) эоловых, дефляционных и аккумулятивных процессов; б) палеопроцессов — образование полигенных древних неровностей в коренном ложе, перекрытом осадочным покровом (эрозионные, дефляционные, карстовые процессы), или структурно-обусловленные формы; в) вытаивания мертвого льда (формы, известные в литературе как «золи»)	В современном рельефе
Блюда вытянутой или серповидной формы, размерами по малой оси 50—150 м, по большой 300—600 м, глубиной до 2—3 м, реже до 5 м	В активно просадочном лессовом покрове за счет просадочных деформаций и генерализации серии гомогенных блюд по ложбинам стока. В проходных долинах в пределах ледниковых и водно-ледниковых равнин за счет: а) реликтов ледниковой деятельности; встречаются понижения медальонного типа; б) вытаивания мертвого льда (формы, подобные «золям»)	Для пункта а — междуречья Днепр — Молочная, Днепр — Бугский лиман, Алкалия — Днестр — Дунай; для пункта б — в бассейнах рек Тетерева, Ужа, на междуречьях Днепр — Супой, Сула — Псел и др. В современном рельефе
8. Поды округлые, овальные, от 4 до 12—15 км в поперечнике, глубиной 3—5 м, реже до 8 м	На первоначальных этапах — образование серии от 4 до 8 малых гомогенных подов термокарстового типа (рассмотрены выше — пункт 4), на заключительных стадиях формирования современного рельефа за счет блоковых опусканий про-	Междуречье Молочная — Днепр, одиночные формы на междуречье Ингул — Ингулец. В современном рельефе и в виде fossilized геологических тел

Морфология западных морфоскульптур как отрицательных форм рельефа замкнутой конфигурации	Современные и плиоцен-четвертичные рельефообразующие геологические процессы	Районы развития морфоскульптур в современном рельефе или в виде fossilized геологических тел

исходила генерализация серии гомогенных подов в единое понижение

9. Поды меридионально вытянутые, по большой оси — до нескольких километров, по малой — от 500—800 м до 2—4 км; овальные (в поперечнике преимущественно до 5—8 км), глубиной от 3—5 м до 10 м и более

Перестройка речной сети, отшнурование лиманов в древних ландшафтах при эвстатических колебаниях уровня Черного моря и изменении базиса эрозии

Районы Приславья на междуречье Днепр — Молочная. В современном рельефе и в виде fossilized геологических тел

Примечание. Одной звездочкой отмечены блюдца и поды в виде микро-рельефа с четко выраженным сотовидным размещением и близостью размеров и конфигураций; двумя звездочками — морфоскульптуры карстового типа на горизонтальных и слабоуклонных расчлененных поверхностях, включая покатые. Сотовидность размещения зависит от региональных особенностей карстующихся комплексов (может и отсутствовать).

в районах карстующихся пород и в общем наименее сложны в плане инженерно-геологической оценки по сравнению с подами и блюдцами. Последние в свою очередь парагенетически связаны с различными стратиграфическими составляющими покровной толщи и представляют собой образования реликтового термокарста в виде остаточного-полигонального западного микро-рельефа [II.66].

Установлены следующие три морфогенетические разновидности подов и блюдцев как специфических геологических образований, присущих перигляциальным областям покровного и горного (карпатского) оледенений:

1. Поды и блюдца как составляющие современного ландшафта. Они широко распространены на значительной части междуречных пространств. В региональном плане они отсутствуют на междуречьях с уклонными и эрозионно расчлененными поверхностями (по этой причине здесь не было условий для формирования реликтового термокарста), в Равнинном Крыму (т. е. вне перигляциальной области покровного оледенения) и Северном Причерноморье между балкой Барабой и долиной р. Тилигула (рис. II.1). В последнем случае территория представляла собой своеобразную «мертвую» зону, куда не распространялись суровые криогенные условия для образования реликтового термокарста, с одной стороны, от перигляциальной области покровного, с другой — со стороны горного (карпатского) оледенения.

2. В палеоландшафтах плейстоценового лессового покрова восточной и центральной частей Причерноморской впадины (перигляциальная область покровного оледенения) широко развиты fossilized (погребенные) формы реликтового термокарста в виде геологических тел

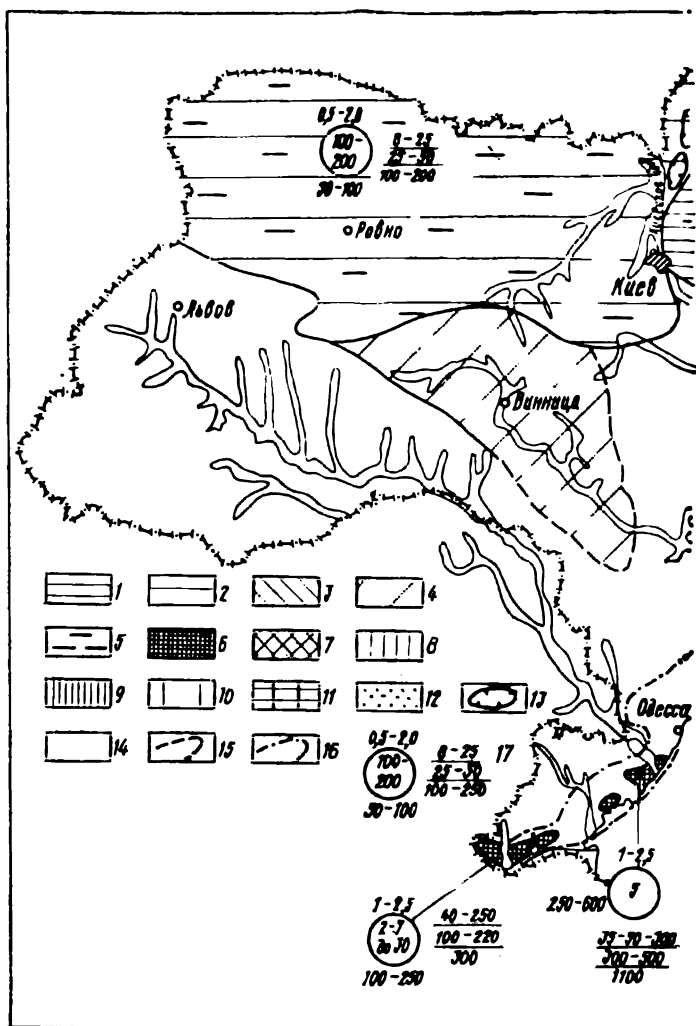
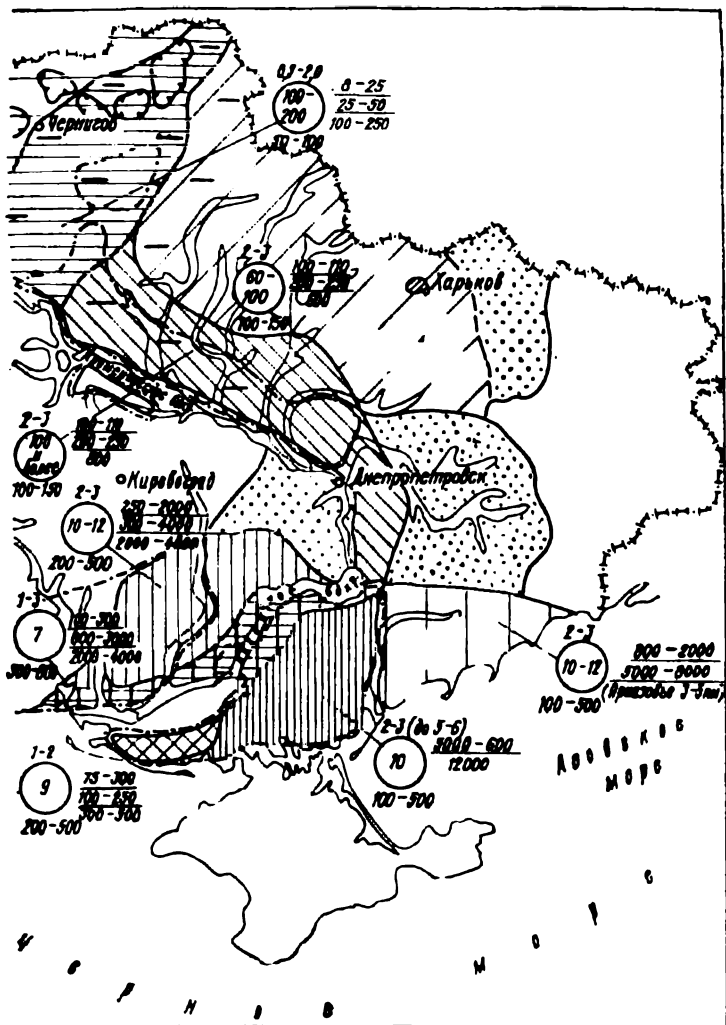


Рис. 11.1. Схема распространения инженерно-геологических параметров

Укра

Остаточно-полигональный микрорельеф в современном ландшафте: 1 — микроблюда аллювиальных супесей; 2 — то же, в водно-ледниковых и аллювиальных по малых и средних (до 75 м в поперечнике) размеров, реже крупных (75—150 м); микрорельефа (встречаются крупные формы), 5 — серповидные и овальные замкну «мертвых» льдов; 6 — блюдца преимущественно средних и крупных размеров. 7 — преобладают блюдца крупных размеров; 8 — поды в тяжелых суглинках 800 до 3000 м в поперечнике, гетерогенные формы ограничены; 11 — блюдца, надпойменных террас и в долине пра-Днепра; 12 — территории, по которым нет рах «лессовых островов», размеры форм преимущественно 20—50 м, плотность остаточно-полигональные морфоскульптуры (блюдца и поды) отсутствуют; 15 — тур; 17 — цифры на рисунке: сверху — глубина блюдец и подов, м; в центре ва — размеры форм, м (верхняя цифра — основных, средняя — чаще встречаю



остаточно-полигонального западного микрорельефа на территории.

ца и блюдца в субэвразийских лессовых отложениях, реже в водно-ледниковых и родах (северо-западнее г. Киева — в субэвразийских лессовых породах; 3 — блюдца 4 — то же, но преобладают участки с локальным и лоскутным размещением понижения на участках проходных долин, возможно за счет вытравливания Остаточного-полигонального микрорельефа в современном и древнем ландшафтах; и глинах; 9 — то же, а также поды гетерогенного типа; 10 — то же, размером от реже поды преимущественно в современном ландшафте в пределах современных детальных сведений; 13 — площади развития микроблюдца и блюдца в конту- до 200—280 форм на 1 км², глубина от 0,25—0,50 до 2,0 м; 14 — площади, где границы района; 16 — границы площадей с детальным исследованием морфоскульп- круга — количество форм на 1 км²; внизу — расстояния между формами, м; спра- щивая, нижняя — максимальных)

оглеенных пород. Они увязываются с определенными стратиграфическими комплексами верхнего, среднего и нижнего плейстоцена — криогенные процессы, накопление повторно-жильных и сегрегационных льдов происходили в соответствующие ледниковья, а образование реликтового термокарста и формирование геологических тел оглеенных пород — в последующие межледниковья и в голоцене.

3. В восточной и центральной частях Причерноморской впадины кроме гомогенных (до 2—4 км в поперечнике) подов в современном ландшафте развиты западинные морфоскульптуры — крупные понижения до 15—20 км в поперечнике. Мы их считаем гетерогенными (рис. II.1). Они образовались в результате блоковых тектонических опусканий на завершающих этапах четвертичного формирования рельефа отдельных регионов Северного Причерноморья. В этих крупных морфоскульптурах специальными исследованиями [II.66, II.69] выявлена серия от 2—3 до 8 малых fossilized гомогенных подов термокарстового типа. Последние разделены породами нормального разреза субэвразального плейстоцена.

Выявлены региональные отличия морфологии, геологической принадлежности и инженерно-геологических параметров (табл. II.17), а также зональные особенности гомогенных подов и блюдц. Это касается (рис. II.1) размеров, плотностей распространения и расстояний между ними по полигонам. На основании разработанной классификации (табл. II.17) и площадного картирования морфоскульптур (рис. II.1) установлены следующие закономерности:

1. Гомогенные поды и блюдца индивидуальны по принадлежности к определенным в инженерно-геологическом отношении литолого-генетическим комплексам лессовой толщи. Микроблюдца развиты в северной части Украины, преимущественно на аллювиальных и моренно-зандровых равнинах. В покровной толще здесь преобладают лессовидные верхнелейстоценовые субэвразальные, реже субаквальные супеси и легкие суглинки, часто с примесью тонкопылеватых песков. Блюдца в виде сотовидного микрорельефа характерны для массивов с просадочными и активно просадочными лессовыми субэвразальными супесями, легкими и средними суглинками верхнего и среднего плейстоцена. Гомогенные поды парагенетически связаны с толщей лессовидных, преимущественно тяжелых суглинков и глин всех трех отделов плейстоцена (восточная и центральная части Причерноморской впадины). Их более крупные размеры по сравнению с блюдцами (табл. II.17) объясняются спецификой палеогеографии и палеокриогенеза на юге перигляциальной области покровного оледенения [II.66] в условиях распространения дисперсных тяжелых суглинков и глин.

2. Четкая избирательность регионально развитого микрорельефа от уклонности (сточности) поверхности современного ландшафта. Регионально развитые гомогенные поды, блюдца, микроблюдца приурочены к горизонтальным и слабоуклонным (слабосточным) поверхностям с уклонами до 0,002. На поверхностях преимущественно до 0,006 встречаются локально развитые формы или площади мозаичного распространения. Для карстовых западин, воронок, полей в отличие от подов и блюдц уклонность рельефа не является диагностическим признаком; они могут быть развиты на сильно сточных и даже покатых поверхностях.

Системность выражается также для разных междуречий в близости размеров блюдц, их конфигураций и плотности распространения.

3. С позиций инженерной геологии поды и блюдца относятся к сложным природно-техническим системам по морфологическим параметрам, разной уклонности, плотности заложения, связям с ложбинами стока и разнотипности слагающих пород в отличие от сопредельных разрезов субэвразальной толщи. Породы геологических тел оглеения

в их контурах представляют собой в различной степени деградированные лессовые отложения в условиях устойчивого гидроморфизма (стадия термокарстовой и посттермокарстовой трансформации вещественного состава и плотностных свойств). В контурах блюдец и подов развиты грунты, отличающиеся от покровной толщи более тяжелым составом, глинистостью, плотностью, набухаемостью, увлажненностью, низкой водопроницаемостью; они не склонны к просадкам.

4. Установлен своеобразный характер контакта по периметру морфоскульптур гомогенного типа с вмещающей лессовой толщей. В условиях просадочных лессовых пород Северо-Западного Причерноморья контакт геологического тела оглеения блюдец нечеткий, представляет собой зону мощностью 1—3 м со взаимными переходами субазальных лессов и деградированных оглеенных пород [II.66]. В северной половине территории Украины, где вмещающие породы представлены опесчанистыми непросадочными лессовидными супесями на аллювиальных и водно-ледниковых песках, по периметру блюдец в верхней части их склонов на глубинах 2,1—3,6 м от поверхности почвенно-растительного слоя картируется зона открытых или закальматированных трещин [II.67]. Интенсивная проницаемость их полостей свидетельствует о том, что, начиная с голоцена, склоны блюдец были зонами интенсивного влагопереноса, т. е. инфильтрации поступающих с водораздельных пространств ливневых и паводковых вод.

В связи с совершенствованием природоохранных мероприятий необходимо учитывать две закономерности относительно западных морфоскульптур.

1. Являясь замкнутыми по конфигурации местными базисами эрозии, поды и блюдца — это своеобразные ловушки в современном ландшафте, перехватывающие паводковые и ливневые воды. В результате на таких площадях происходят вымокания сельскохозяйственных культур. По данным Укргипроводхоза для северной половины территории республики потери урожая часто составляют 25—40 %. Если учесть, что только в Киевской, Черниговской и Житомирской областях на блюдца приходится до 550 тыс. га и более угодий (а в целом по Украине до 1,5 млн га), то не вызывает сомнения масштабность отрицательной их роли для сельскохозяйственного производства и осуществления водных мелиораций.

Осуществляемые планировочные работы для нивелирования микро-рельефа далеко не для всех регионов эффективны. Многочисленны примеры, когда контуры таких морфоскульптур в лессовом покрове за короткий срок восстанавливались и даже значительно увеличивались по периметру относительно прежних, сформированных природой размеров блюдец.

К негативным проявлениям морфоскульптур относится то, что залегающие в их контурах влагоемкие тяжелые по составу активно набухающие грунты способствуют, во-первых, нарушению сроков весенней обработки угодий. Это исключает использование большегрузной обрабатывающей техники. Во-вторых, за счет влагоемких набухающих глинистых грунтов в контурах блюдец формируются сезонные и даже многолетние верховодки. За счет высокой влагоемкости оглеенных пород свободные уровни верховодок, как правило, четко не картируются разведочными и даже режимными скважинами. Чаще они фиксируются как грунты мягкопластичной и текучей консистенции. К сожалению, при детальном съемках для целей мелиорации и инженерно-геологических изысканий такие верховодки (или горизонты водонасыщенных пород, обнаруживаемых по соответствующей им консистенции) в контурах блюдец и подов нередко пропускаются. Это приводит к ошибкам отражения природных условий и прогноза техногенных воздействий.

Нельзя не обратить внимания на негативную роль западных морфоскульптур в связи с проблемой охраны геологической среды. Поды и блюдца аккумулируют огромные объемы паводковых, ливневых и оросительных вод. Через эти местные базисы эрозии (как своеобразные «окна») активно при значительных градиентах напора осуществляется влагоперенос в залегающие ниже аллювиальные песчано-галечные отложения. Последние часто являются коллекторами грунтовых вод, и эти воды используются в населенных пунктах для водоснабжения. С водораздельного плато в эти местные базисы потоками воды перераспределяются сельскохозяйственные удобрения, отходы животноводческих ферм, жидкие продукты производства. В виде растворов все они активно вовлекаются в процесс инфильтрации, загрязняя продуктивные водоносные горизонты.

Интенсивность вертикального перетока подтверждается динамикой подошвы загрязнения радионуклидами в породах блюдец на примере Киевской и Черниговской областей. Нами установлено, что если зона загрязнения в 1989 г. ограничивалась на водораздельном плато 5—15 см, то непосредственно в днищах блюдец с апреля 1986 г. она опустилась на отдельных участках до 1 м и более. Таким образом, существует опасность последующего загрязнения продуктивных для водоснабжения многих городов подземных вод. Проводимые с 1986 г. специальные исследования по динамике такого загрязнения подтверждают идею об активной роли блюдец как «окон» для направленного влагопереноса и загрязнения подземных вод растворами химических реагентов.

II. При строительном освоении территорий площади с региональным распространением западных морфоскульптур (подов, блюдец) продолжают относиться к категории «неудобий». Здесь на ограниченных площадях в современном ландшафте сочленения разнотипные в инженерно-геологическом отношении породы (субэвральные лессовые и гидроморфные оглеенные). В восточной и центральной частях Причерноморской впадины инженерно-геологические условия усложняются распространением геологических тел оглеения гомогенных подов и блюдец, находящихся в толще всего плейстоцена в фоссилизированном состоянии. Это требует более детальных исследований и изысканий для их выявления, геологического картирования и прогноза устойчивости оснований возводимых сооружений.

Для регионов с гетерогенными крупными подами значительная специфика оценки оснований сооружений создается наличием в их контурах субэвральные лессовых разрезов фоссилизированных геологических тел гомогенных подов, требующих также более тщательного картирования.

II.1.4.2.5. Просадки лессовых пород

К лессовым породам относятся лессы и лессовидные супеси, суглинки и глины. Лессы имеют палевый и серовато-желтый цвет, высокую пористость (более 40—42 %), большое количество макропор. По составу это пылеватые супеси, легкие и реже средние суглинки, обогащенные карбонатами, лишенные слоистости, а также линз терригенного материала, сравнительно однородные по гранулометрическому составу, активно размокаемые. При подтоплении и переувлажнении они дают активные просадки и послепросадочные деформации. Лессовидные разности сложены чаще средними и тяжелыми суглинками и глинами со слабо выраженным лессовым обликом, непросадочные в условиях природных давлений.

Лессовые грунты относятся к категории динамически неустойчивых

оснований. Согласно СНиП II/Б.2-62, они при переувлажнении или замачивании дают дополнительное уплотнение, которое выражается в изменении структуры, уменьшении объема грунта и называется просадкой. В последующем на отдельных массивах активно проявляются послепросадочные деформации. Грунтовые условия строительных площадок или геологических массивов для народнохозяйственного освоения в зависимости от возможности просадки грунта под влиянием массы при замачивании или под воздействием искусственных факторов подразделяются на соответствующих картах. Обычно выделяются три разновидности площадей: 1 — непросадочные лессовидные грунты, когда относительная просадочность по лабораторным данным менее 0,01 при бытовой нагрузке; 2 — когда суммарная просадка лессовидных пород не превышает 5 см (I тип грунтовых условий по просадочности) при бытовой нагрузке; 3 — когда в комплексах пород преобладают типичные лессовые породы (лессы); суммарная просадка превышает 5 см (II тип грунтовых условий по просадочности). На территории Украины наибольшие установленные значения просадки достигают 2,0—2,6 м.

В историческом аспекте лессовые массивы до недавнего времени испытывали техногенные воздействия субрегионального плана при народнохозяйственном освоении и локального — как основания возводимых сооружений. Тогда глубина техногенного воздействия была невелика — свойства пород изменялись незначительно. На современном этапе интенсивное развитие народного хозяйства привело к формированию сложной структуры неоднородных, разнонаправленных и активных воздействий на геологическую среду, объединяемых понятием техногенной нагрузки.

На лессовых массивах геологическая среда претерпевает существенные, порой необратимые изменения отдельных составляющих за счет резкой (в геологическом времени) эволюции природной обстановки. При высоком уровне техногенной нагрузки лессовые территории представляют собой благодаря упомянутой инженерно-геологической специфике сложные природно-технические геосистемы. В их естественных границах состояние компонентов геологической среды (в том числе возникновение и активизация опасных геологических процессов и явлений) во многом зависит от деятельности человека — переувлажнения или подтопления территорий, нарушения поверхностного стока, создания прудов, водохранилищ, ирригационных и гидротехнических сооружений и др.

С помощью системного инженерно-геологического анализа определены основные факторы эволюционного развития лессовых массивов и геосистем в целом. Таких факторов три — зональный и два региональных.

Зональный фактор играет ведущую роль при формировании специфики лессовых массивов с учетом меридиональной и широтной приуроченности регионов к различным перигляциальным областям покровного и горного (карпатского) оледенений. От этого зависит процесс лессообразования — седиментогенез и последующие преобразования осадков на стадиях диагенеза. Фактор является определяющим не только с позиций накопления мелкозема, но, главное, в формировании так называемого лессового габитуса и просадочности (как следствия разуплотнения при криогенном воздействии, по Е. М. Сергееву [II.105], первично сформировавшейся породы). В перигляциальных условиях господствовал суровый континентальный климат. В субэаральных фациях плейстоцена за счет этого преобладали преимущественно облегченные по составу, типичные лессовые просадочные отложения (супеси, легкие и средние пылеватые суглинки). Такие условия существовали во многих регионах Украины, в том числе и на юге (за ис-

ключением Крыма). В Равнинном Крыму, т. е. вне перигляциальной области покровного оледенения, формировались «теплые» лессы в условиях более влажного и теплого средиземноморского климата. Поэтому здесь сформировались лессовидные породы преимущественно непросадочные, реже для них характерен I тип грунтовых условий по просадочности.

Особенности строения многослойных лессовых пород и различия их просадочности во многом определяют два региональных фактора.

1. Специфика геологического развития выделяемых природно-территориальных комплексов (ПТК). В последующем под ПТК будем подразумевать регионы с определенной общностью присущих им природных условий как закономерного следствия происхождения и последующей истории развития, тектонической и палеогеографической эволюции. Все это определило не только циклическую смену межледниковий и ледниковий, но прежде всего общность седиментогенеза осадков и мощностей, в разных регионах юга Восточно-Европейской платформы.

Среди субазральных фаций формировались разнотипные (в перигляциальных областях) по составу, текстурно-структурным признакам и свойствам породы: в межледниковья — преимущественно глинистые лессовидные, тяжелые по составу суглинки и глины, относящиеся к I и реже II типам грунтовых условий по просадочности; в ледниковья — преобладали пылеватые типично лессовые, активно просадочные супеси, легкие и средние суглинки (II тип грунтовых условий по просадочности).

2. Специфика формирования лессовых массивов как ПТК в различных геоморфологических условиях, неодинаковых по амплитуде и направленности неотектонических движений, по денудации и расчлененности рельефа — на континентальной плиоценовой равнине, на комплексах плиоцен-четвертичных (в Северном Причерноморье) и четвертичных террасах долин рек.

Природное разнообразие лессового покрова, слагающих его пород и их просадочности, обусловленное воздействием зонального и регионального факторов, проанализированы с позиций системного анализа. Согласно разработанной инженерно-геологической типизации на территории Украины выделены девять природно-территориальных комплексов:

1. Северная часть территории республики — Украинское Полесье (19 % общей площади Украины). Лессовый покров мозаичного и «островного» типов, преимущественно в виде локальных возвышенностей на моренно-зандровой и аллювиальной равнинах. Мощность лессового покрова в основном от 5 до 13 м. Породы часто обогащены тонкопесчаным материалом, непросадочные, реже относятся к I типу грунтовых условий по просадочности.

2. Левобережье Среднего Приднпровья — условно от г. Киева до г. Днепропетровска, а также на правобережье р. Днепра, в низовьях р. Тясмина, между городами Черкассами и Чигирином. Лессовый покров развит на надпойменных речных террасах, реже на континентальной плиоценовой равнине. Субазральные его фации относятся (по УРМСК) преимущественно к доднепровскому времени, непросадочные и слабопросадочные характеризуются I, реже II типом грунтовых условий по просадочности. Мощность покрова до 8—10 м, с севера на юг она увеличивается. На междуречье Сула — Хорол — до 15—20 м.

3. Западные склоны Среднерусской возвышенности — Сумская, Харьковская и Луганская области. Лессовый покров залегает преимущественно на континентальной плиоценовой равнине, в основании его — красно-бурые «скифские» глины. Этих пород нет в поймах рек и на первых надпойменных речных террасах. В Сумской обл. (Полесье) лессовая толща залегает на водно-ледниковых песчано-глинистых отло-

жениях. Мощность покрова в Сумской обл. преимущественно 8—10 м, в Харьковской и Луганской областях (где подстиляется «скифскими» глинами) — резко увеличивается до 21—26 м. Стратиграфический разрез лессового покрова почти полный, с чередованием слоев лессов и ископаемых почв. Лессовые породы характеризуются в основном I, а на водоразделах — II типами грунтовых условий по просадочности.

4. Причерноморская впадина, включающая перигляциальные области покровного и горного (карпатского) оледенений, отличается комплексом особенностей. Многослойный лессовый покров широко и полно представлен на континентальной плиоценовой равнине, плиоценовых комплексов и четвертичных надпойменных речных террасах. Лессовых пород нет в поймах рек и балок, на современных косах и пересыпах. В контурах подов и блюдцев лессовые породы существенно деградированы, преимущественно непросадочные и слабопросадочные (в последнем случае только в блюдцах).

На континентальной плиоценовой равнине лессовые породы залегают на красно-бурых «скифских» глинах, а в местах их отсутствия — на разнотипных отложениях палеогена и неогена. В контурах плиоцен-четвертичных морских и четвертичных речных террас они подстилаются лиманно-аллювиально-морскими и аллювиальными песчано-глинистыми отложениями.

В стратиграфическом разрезе Причерноморской впадины прослеживается четкая смена слоев лессов и ископаемых почв, различающихся по литологии, плотности, лессовому габитусу. Соответственно первые сложены легкими и средними наиболее просадочными суглинками и супесями; вторые — лессовидными средними и тяжелыми суглинками и глинами.

Данный регион характеризуется наиболее полным для территории Украины разрезом лессового покрова с соответствующим разнообразием состава, свойств и относительной просадочности отдельных комплексов пород и толщи в целом. Специфика многослойного ее строения и просадочности подтверждается данными табл. II.18, II.19.

Мощность лессового покрова в зависимости от гипсометрического положения и расчлененности рельефа на водораздельных пространствах составляет в полном разрезе от 18—20 до 30—35 м, на террасах р. Дуная — до 40—50 м.

5. Лессовые породы делювиального типа на террасах рек Днестра, Юж. Буга, Днепра, Сев. Донца и др. В отличие от водораздельных пространств междуречий делювиальные комплексы не имеют четкой стратиграфической смены (рис. II.2), наибольшая их мощность — у тылового шва террас. Породы активно просадочные, максимальные значения суммарной просадочности при природной нагрузке достигают 1,2 м.

6. Равнинный Крым также имеет многослойный лессовый покров. Как отмечалось, он сформировался вне перигляциальной области покровного оледенения, поэтому здесь слои лессов близки по составу, плотностям и деформационным характеристикам к отложениям сопредельных в разрезе ископаемых почв [II.97]. Породы преимущественно непросадочные (I типа) и реже слабопросадочные, относящиеся ко II типу грунтовых условий по просадочности.

7. Правобережная Приднепровская возвышенная лессовая равнина, расположенная в центральной части Украинского щита — от городов Житомира, Фастова, Киева на севере до северной границы Причерноморской впадины на юге. Сюда же входят южные части Житомирской и Киевской областей, а также Винницкая, Черкасская, Кировоградская, Днепропетровская и Запорожская области.

Для этого ПТК лессовый покров не везде одинаков по многослойности и однородности пород. Наиболее полный разрез прослеживается

Таблица 11.18. Физико-механи

Отдел антропоге- на	Стратигра- фический слой	Литологиче- ские разно- видности грунтов	Пластич					
			Предел текучести, %		Предел пластич			
			1	2	1			
Верхний	Причерно- морский	Суглинки средние	$\frac{31,8-38,2}{35,2}$	93	$\frac{1,8}{5,1}$	$\frac{18,2-22,3}{20,5}$	95	
		Суглинки тяжелые	$\frac{36,8-42,5}{39,0}$	19	$\frac{2,7}{7,0}$	$\frac{19,7-23,9}{21,4}$	19	
	Дофинов- ский	Суглинки средние	$\frac{31,1-37,5}{34,2}$	40	$\frac{2,1}{6,1}$	$\frac{17,2-21,8}{19,3}$	40	
		Бугский	Суглинки легкие	$\frac{27,8-32,4}{28,8}$	108	$\frac{1,3}{4,4}$	$\frac{16,9-20,3}{18,3}$	108
		Суглинки средние	$\frac{31,0-34,1}{32,6}$	9	$\frac{0,8}{2,6}$	$\frac{17,7-19,9}{18,9}$	9	
	Витачевский	Суглинки средние	$\frac{31,8-38,2}{35,1}$	32	$\frac{1,8}{5,0}$	$\frac{18,9-23,0}{20,4}$	32	
		Суглинки тяжелые	$\frac{35,7-41,4}{39,3}$	64	$\frac{1,5}{3,8}$	$\frac{19,4-22,6}{21,0}$	64	
	Удайский	Суглинки средние	$\frac{32,6-37,1}{34,4}$	10	$\frac{1,6}{4,5}$	$\frac{17,8-22,0}{19,7}$	10	
	Средний	Прилукский	Суглинки средние	$\frac{31,9-39,1}{35,7}$	6	$\frac{2,4}{6,9}$	$\frac{19,8-23,7}{21,6}$	6
			Суглинки тяжелые	$\frac{37,9-42,1}{39,9}$	52	$\frac{1,3}{3,5}$	$\frac{19,8-23,6}{21,3}$	52
Тясминский		Суглинки средние	$\frac{29,9-35,5}{32,4}$	6	$\frac{2,2}{6,8}$	$\frac{16,0-21,9}{18,6}$	10	
		Кайдакский	Суглинки средние	$\frac{31,1-34,4}{32,8}$	6	$\frac{1,3}{3,9}$	$\frac{17,7-21,3}{19,4}$	6
Суглинки тяжелые			$\frac{38,8-43,8}{41,3}$	21	$\frac{1,7}{4,1}$	$\frac{20,4-23,7}{22,1}$	21	
Днепров- ский		Суглинки легкие	$\frac{27,1-31,9}{29,4}$	6	$\frac{1,4}{4,9}$	$\frac{17,8-21,2}{19,0}$	6	
		Суглинки средние	$\frac{31,5-34,7}{32,9}$	16	$\frac{1,0}{2,9}$	$\frac{17,5-19,4}{18,5}$	16	
Нижний		Завадов- ский	Суглинки тяжелые	$\frac{38,1-45,5}{41,8}$	171	$\frac{1,9}{4,6}$	$\frac{20,7-24,5}{22,5}$	171
	Тилигуль- ский	Суглинки легкие	$\frac{25,2-29,9}{28,4}$	6	$\frac{1,7}{6,2}$	$\frac{16,8-19,9}{18,2}$	6	
		Суглинки средние	$\frac{30,0-35,3}{32,3}$	10	$\frac{1,5}{4,6}$	$\frac{17,1-20,9}{18,7}$	23	

ческие свойства лессовых пород

ность			Естественная влажность, %		Гигроскопическая влажность, %	
сти, %	Число пластичности					
2	1		1	2	1	2
$\frac{1,24}{6,0}$	$\frac{12,1-16,9}{14,7}$ 93	$\frac{9,8-23,8}{16,6}$ 144	$\frac{3,7}{22,0}$	$\frac{2,1-4,8}{3,4}$ 49	$\frac{0,7}{21,8}$	
$\frac{1,4}{6,8}$	$\frac{16,0-19,9}{17,6}$ 19	$\frac{11,8-20,4}{15,5}$ 23	$\frac{2,6}{17,0}$	$\frac{3,8-5,1}{4,3}$ 7	$\frac{0,05}{1,2}$	
$\frac{1,2}{6,2}$	$\frac{12,1-16,4}{14,9}$ 40	$\frac{11,4-21,7}{17,2}$ 46	$\frac{3,0}{17,4}$	$\frac{2,0-3,8}{3,0}$ 15	$\frac{0,6}{19,7}$	
$\frac{1,0}{5,6}$	$\frac{7,9-12,0}{10,5}$ 108	$\frac{9,3-28,2}{17,3}$ 163	$\frac{3,5}{20,4}$	$\frac{1,1-3,1}{2,1}$ 62	$\frac{0,6}{28,2}$	
$\frac{0,7}{3,8}$	$\frac{12,1-15,5}{13,7}$ 9	$\frac{11,9-29,5}{21,1}$ 11	$\frac{6,6}{31,2}$	$\frac{1,5-3,6}{2,4}$ 5	$\frac{0,9}{38,7}$	
$\frac{1,1}{5,6}$	$\frac{12,8-16,0}{14,7}$ 32	$\frac{14,3-22,1}{18,5}$ 92	$\frac{2,2}{11,8}$	$\frac{2,8-4,9}{3,7}$ 13	$\frac{0,6}{17,2}$	
$\frac{0,9}{4,4}$	$\frac{16,4-19,3}{18,3}$ 64	$\frac{14,9-22,2}{18,5}$ 92	$\frac{1,7}{9,3}$	$\frac{3,2-6,1}{4,6}$ 30	$\frac{0,3}{6,1}$	
$\frac{1,4}{7,3}$	$\frac{12,8-15,7}{14,7}$ 10	$\frac{16,0-24,4}{19,5}$ 9	$\frac{3,0}{15,3}$	$\frac{3,0-4,4}{3,7}$ 7	$\frac{0,5}{13,2}$	
$\frac{1,3}{6,1}$	$\frac{12,1-16,0}{14,1}$ 6	$\frac{13,4-23,8}{18,5}$ 10	$\frac{2,9}{15,8}$	$\frac{2,8-6,2}{4,8}$ 4	$\frac{1,2}{25,8}$	
$\frac{1,2}{5,7}$	$\frac{17,4-19,8}{18,6}$ 52	$\frac{15,8-22,3}{18,6}$ 59	$\frac{1,8}{9,9}$	$\frac{3,4-5,6}{4,7}$ 20	$\frac{0,6}{13,4}$	
$\frac{1,9}{10,4}$	$\frac{12,7-15,0}{13,8}$ 6	$\frac{11,6-22,1}{17,3}$ 10	$\frac{2,6}{14,8}$	$\frac{2,4-3,2}{2,8}$ 4	$\frac{0,3}{10,7}$	
$\frac{1,6}{8,1}$	$\frac{12,9-14,6}{13,4}$ 6	$\frac{15,2-20,7}{17,6}$ 8	$\frac{1,9}{10,9}$	$\frac{3,1-3,8}{3,4}$ 3	$\frac{0,3}{8,5}$	
$\frac{0,9}{4,3}$	$\frac{17,1-21,0}{19,2}$ 21	$\frac{16,5-20,7}{18,7}$ 31	$\frac{1,25}{6,7}$	$\frac{3,0-5,9}{4,7}$ 8	$\frac{0,9}{20,2}$	
$\frac{1,4}{7,2}$	$\frac{8,6-11,7}{10,4}$ 6	$\frac{14,5-27,8}{19,9}$ 14	$\frac{4,1}{20,6}$	$\frac{1,7-3,1}{2,4}$ 3	$\frac{0,6}{23,7}$	
$\frac{0,6}{3,4}$	$\frac{12,4-15,2}{14,4}$ 16	$\frac{13,1-26,5}{18,8}$ 17	$\frac{3,4}{18,2}$	$\frac{2,2-3,6}{3,0}$ 6	$\frac{0,5}{17,0}$	
$\frac{1,0}{4,7}$	$\frac{17,0-21,5}{19,3}$ 171	$\frac{16,7-22,6}{19,3}$ 171	$\frac{1,6}{8,2}$	$\frac{4,1-7,2}{5,7}$ 69	$\frac{1,0}{17,6}$	
$\frac{1,0}{5,5}$	$\frac{8,4-12,0}{10,2}$ 6	$\frac{17,8-28,9}{21,4}$ 5	$\frac{4,3}{20,0}$	$\frac{3,0-4,0}{3,4}$ 5	$\frac{0,3}{9,6}$	
$\frac{1,0}{5,3}$	$\frac{12,1-15,2}{13,6}$ 23	$\frac{16,6-25,0}{21,2}$ 21	$\frac{2,5}{11,7}$	$\frac{3,0-4,8}{3,8}$ 10	$\frac{0,6}{16,9}$	

Отдел антропо- гена	Стратигра- фический слой	Литологи- ческие разно- видности грунтов	Пластич			
			Предел текучести, %		Предел пластич	
			1	2	1	
Нижний	Тилигуль- ский	Суглинки тяжелые	$\frac{35,4-43,8}{37,9}$	10	$\frac{2,5}{6,6}$	$\frac{18,9-24,5}{21,0}$ 10
	Лубенский	Суглинки тяжелые	$\frac{39,7-44,9}{42,3}$	75	$\frac{1,7}{4,0}$	$\frac{20,8-24,1}{22,5}$ 75
		Глины	$\frac{44,3-51,7}{47,6}$	10	$\frac{2,2}{4,6}$	$\frac{22,9-26,2}{24,6}$ 10
	Сульский	Суглинки средние	$\frac{29,6-35,9}{33,4}$	8	$\frac{1,9}{5,6}$	$\frac{17,5-20,4}{18,9}$ 8
		Суглинки тяжелые	$\frac{41,5-47,3}{44,1}$	7	$\frac{2,7}{6,1}$	$\frac{21,8-25,5}{23,4}$ 7
		Глины	56,5	—	—	26,2
	Мартонош- ский	Суглинки тяжелые	$\frac{41,1-47,1}{44,0}$	22	$\frac{1,7}{4,0}$	$\frac{21,9-28,7}{23,2}$ 22
		Глины	$\frac{47,2-66,4}{54,6}$	10	$\frac{6,4}{12,1}$	$\frac{24,1-33,4}{27,6}$ 10
	Приазов- ский	Суглинки тяжелые	$\frac{36,1-43,2}{38,9}$	4	$\frac{2,8}{7,3}$	$\frac{19,8-24,8}{21,9}$ 4
		Глины	$\frac{45,7-51,3}{48,5}$	2	$\frac{2,8}{5,8}$	$\frac{23,7-25,3}{24,5}$ 2

Отдел антропо- гена	Стратиграфи- ческий слой	Литологи- ческие разно- видности грунтов	Плотность породы, г/см³		Плотность скеле	
			1	2	1	
Верхний	Причерно- морский	Суглинки средние	$\frac{1,58-1,78}{1,69}$	56	$\frac{0,06}{3,5}$	$\frac{1,36-1,57}{1,45}$ 56
		Суглинки тяжелые	$\frac{1,80-1,88}{1,82}$	12	$\frac{0,02}{0,9}$	$\frac{1,59-1,68}{1,60}$ 12
	Дофинов- ский	Суглинки средние	$\frac{1,59-1,79}{1,60}$	26	$\frac{0,06}{3,5}$	$\frac{1,36-1,53}{1,40}$ 26
		Суглинки легкие	$\frac{1,46-1,60}{1,55}$	60	$\frac{0,04}{2,6}$	$\frac{1,24-1,39}{1,32}$ 60
	Бугский	Суглинки средние	$\frac{1,57-1,92}{1,79}$	8	$\frac{0,1}{6,1}$	$\frac{1,39-1,56}{1,45}$ 8
		Суглинки средние	$\frac{1,66-1,81}{1,72}$	22	$\frac{0,04}{2,3}$	$\frac{1,40-1,50}{1,45}$ 22
	Витачев- ский	Суглинки тяжелые	$\frac{1,77-2,02}{1,84}$	29	$\frac{0,06}{3,3}$	$\frac{1,49-1,60}{1,55}$ 23

Ность		Число пластичности	Естественная влажность, %		Гигроскопическая влаж- ность, %	
ности, %	2		1	2	1	2
1,9	16,0—19,3	10	18,5—26,6	2,2	4,7—5,6	0,3
8,9	16,9		23,9	9,1	5,0	6,8
1,0	18,1—20,9	75	17,5—24,7	2,0	5,2—7,5	0,7
4,3	19,8		20,6	9,7	6,2	10,7
1,1	21,9—26,3	10	18,3—27,0	2,7	7,1—8,4	0,5
4,6	23,0		22,0	12,2	7,7	6,2
1,1	12,1—16,0	8	15,1—24,8	3,1	3,6—5,7	0,9
5,8	14,5		19,1	16,1	4,5	19,8
1,1	19,2—21,8	7	17,9—28,1	3,2	4,1—6,2	1,0
4,8	20,7		20,8	15,5	5,2	20,2
—	30,3	3	23,7—27,7	1,6	—	—
			25,8	6,4		
1,0	18,4—21,5	22	18,3—23,2	1,5	5,5—7,0	0,5
4,2	20,8		21,2	7,0	6,1	8,9
3,4	23,0—33,0	10	21,8—27,1	1,9	5,5—7,2	0,7
12,2	27,0		23,4	8,1	6,3	11,1
1,8	16,1—18,8	4	20,8—24,6	1,6	—	—
8,3	17,0		22,9	7,0		
0,8	22,0—26,0	2	22,6—25,5	1,2	—	—
3,3	24,0		23,9	5,0		

Продолжение табл. II.18.

та, г/см ³	Плотность минеральной части, г/см ³		Пористость, %		Коэффициент пористости	
2	1	2	1	1	1	1
0,06	2,70—2,73	56	0,01	42,1—49,6	0,726—0,985	56
4,1	2,71		0,4	45,9	0,854	
0,02	2,7—2,74	12	0,01	40,1—42,3	0,669—0,733	12
1,2	2,72		0,4	40,6	0,683	
0,05	2,69—2,72	26	0,01	43,5—49,4	0,771—0,956	26
3,5	2,71		0,3	46,5	0,865	
0,04	2,69—2,72	60	0,01	48,6—54,8	0,943—1,194	60
3,0	2,71		0,4	50,8	1,03	
0,05	2,69—2,72	8	0,01	42,4—48,5	0,737—0,942	8
3,6	2,71		0,4	45,4	0,850	
0,03	2,70—2,73	22	0,01	44,3—48,0	0,796—0,922	22
2,1	2,71		0,4	46,7	0,875	
0,01	2,70—2,73	23	0,01	41,7—44,9	0,700—0,800	23
0,7	2,71		0,5	43,4	0,760	

Отдел антропо- гена	Стратигра- фический слой	Литологиче- ские разно- видности грунтов	Плотность породы, г/см ³		Плотность скеле	
			1	2	1	
Средний	Удайский	Суглинки средние	$\frac{1,65-1,83}{1,74}$	$\frac{0,06}{3,4}$	$\frac{1,39-1,56}{1,46}$	$\frac{7}{7}$
	Прилук- ский	Суглинки средние	$\frac{1,72-1,85}{1,79}$	$\frac{0,05}{2,6}$	$\frac{1,46-1,52}{1,50}$	$\frac{4}{4}$
		Суглинки тяжелые	$\frac{1,8-1,92}{1,86}$	$\frac{0,03}{1,9}$	$\frac{1,54-1,67}{1,60}$	$\frac{23}{23}$
	Тясминский	Суглинки средние	$\frac{1,55-1,70}{1,65}$	$\frac{0,06}{3,6}$	$\frac{1,33-1,50}{1,43}$	$\frac{4}{4}$
	Кайдакский	Суглинки средние	$\frac{1,66-1,78}{1,74}$	$\frac{0,05}{2,8}$	$\frac{1,44-1,49}{1,46}$	$\frac{4}{4}$
		Суглинки тяжелые	$\frac{1,81-1,94}{1,87}$	$\frac{0,04}{2,1}$	$\frac{1,54-1,63}{1,58}$	$\frac{8}{8}$
	Днепро- вский	Суглинки легкие	$\frac{1,65-1,70}{1,67}$	$\frac{0,02}{1,5}$	$\frac{1,38-1,46}{1,39}$	$\frac{2}{2}$
		Суглинки средние	$\frac{1,62-1,81}{1,71}$	$\frac{0,08}{4,5}$	$\frac{1,43-1,44}{1,43}$	$\frac{4}{4}$
	Завадовский	Суглинки тяжелые	$\frac{1,87-2,01}{1,94}$	$\frac{0,05}{2,4}$	$\frac{1,56-1,81}{1,65}$	$\frac{21}{21}$
	Тилигуль- ский	Суглинки легкие	$\frac{1,62-1,70}{1,67}$	$\frac{0,04}{2,2}$	$\frac{1,37-1,43}{1,39}$	$\frac{3}{3}$
Нижний		Суглинки средние	$\frac{1,68-1,88}{1,75}$	$\frac{0,06}{3,5}$	$\frac{1,41-1,5}{1,46}$	$\frac{4}{4}$
		Суглинки тяжелые	—	—	—	—
	Лубенский	Суглинки тяжелые	$\frac{1,91-2,02}{1,96}$	$\frac{0,05}{2,8}$	$\frac{1,61-1,74}{1,67}$	$\frac{2}{2}$
		Глины	—	—	—	—
	Сульский	Суглинки средние	—	—	—	—
		Суглинки тяжелые	—	—	—	—
		Глины	—	—	—	—
	Мартонош- ский	Суглинки тяжелые	—	—	—	—
		Глины	—	—	—	—
	Приазов- ский	Суглинки тяжелые	—	—	—	—
		Глины	—	—	—	—

Примечания: 1 — в числителе — экстремальные значения показателей свойств, в знаменателе — показатель изменчивости.

га г/см³	Плотность минеральной части, г/см³		Пористость, %	Коэффициент пористости
	1	2		
0,04 2,7	2,70—2,73 2,71	0,01 0,5	42,9—48,5 46,0	0,750—0,942 0,854
0,02 1,5	2,70—2,72 2,71	0,08 0,3	43,7—46,3 44,8	0,776—0,863 0,815
0,04 2,4	2,71—2,73 2,72	0,06 0,2	38,8—43,6 41,4	0,638—0,763 0,709
0,06 3,6	2,70—2,72 2,70	0,01 0,4	44,4—50,7 47,0	0,800—1,030 0,892
0,02 1,4	2,70—2,73 2,71	0,01 0,3	45,4—46,7 46,0	0,831—0,875 0,852
0,03 2,1	2,71—2,74 2,72	0,01 0,3	40,4—43,3 42,2	0,679—0,763 0,731
0,04 2,8	2,69—2,73 2,72	0,02 0,7	46,1—48,3 47,2	0,875—0,909 0,905
0,07 0,5	2,70—2,73 2,72	0,01 0,5	46,7—47,5 47,1	0,875—0,909 0,892
0,07 4,3	2,71—2,75 2,72	0,01 0,5	33,5—42,7 39,4	0,503—0,744 0,645
0,02 1,9	2,68—2,71 2,69	0,01 0,5	47,3—48,5 48,2	0,897—0,950 0,929
0,03 2,2	2,70—2,72 2,71	0,07 0,3	45,0—48,0 46,2	0,820—0,923 0,864
—	—	—	—	—
0,06 3,9	2,71—2,73 2,72	0,01 0,4	35,8—41,0 38,4	0,557—0,696 0,626
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—

в знаменателе — среднее арифметическое значение, справа — объем выборки; 2 — в чис-

Таблица 11.19. Характеристика просадочности многослойного лессового покрова

Стратиграфический слой	Суглин-ки	Бытовое давле-ние, кг/см ²	Относительная просадочность ($\delta_{пр}$) при нагруз-ках, кг/см ²		Метод опре-деле-ния	Класс просадки грунтов при нагрузках, кг/см ²		Начальное давление, кг/см ²
			Бытовой	3,0		Бытовой	3,0	
Пример-номер-ский	Средние	0,2—0,4	0,0—0,008	0,001—0,073	27 *	0,028	14,0**	1,15—1,3
				0,04		73,7		
				0,0—0,088	20	0,031	17,3	
Дофин-новский	Средние	0,4—0,7	0,0—0,007	0,0—0,063	18	0,021	17,3	1,33—1,48
				0,029		73,0		
				0,0—0,078	18	0,024	19,0	
Бугский	Легкие	0,5—1,0	0,01—0,061	0,002—0,143	32	0,034	9,0	0,55
				0,0066		51,5		
				0,016—0,156	26	0,041	10,6	
Витачев-ский	Средние	0,9—1,0	0,002—0,01	0,011—0,071	17	0,068	17,3	1,0—1,25
				0,04		45,7		
				0,0—0,076	11	0,03	26	
Тяжелые		1,1—1,5	0,0—0,008	0,001—0,035	12	0,01	20,0	1,5—1,9
				0,016		60,0		
				0,0—0,066	14	0,019	21,4	
Удаль-ский	Средние	1,2—1,7	0,001—0,026	0,001—0,034	6	0,011	30,0	1,0—1,6
				0,017		65,0		

Припуск- ский	Тяже- лые	1,5—2,0	0,0—0,006	$\frac{0,0-0,043}{0,013}$ 6	$\frac{0,015}{119,5}$ 48,8	II	непросадоч- ные	2,83
				$\frac{0,001-0,018}{0,009}$ 15	$\frac{0,005}{55,5}$ 13,3	I	Непросадочные	
				$\frac{0,01-0,027}{0,008}$ 13	$\frac{0,008}{100,0}$ 28,5	II	непросадоч- ные, реже слабопроса- дочные	
Тысяч- ский	Средние	1,5—1,9	0,002—0,04	0,022	—	I	Непросадочные, слабо- и сред- непросадоч- ные	1,3—1,9
				$\frac{0,01-0,07}{0,042}$ 3	—	II	непросадоч- ные	
Кайдак- ский	Тяже- лые	2,0—2,2	0,0—0,01	$\frac{0,003-0,015}{0,007}$ 4	$\frac{0,005}{62,9}$ 31,4	I	Непросадочные, реже слабопроса- дочные	$P_{\text{быт}}$
				$\frac{0,008-0,026}{0,015}$ 3	—	II	непросадочные	
Днепро- ский	Легкие	1,7—2,0	0,01—0,062	$\frac{0,026-0,06}{0,043}$ 2	—	I	Слабо-, средне- и сильнопро- садочные	0,57
				0,076	—	II	непросадоч- ные	
	Средние	1,9—2,2	0,015—0,061	$\frac{0,01-0,059}{0,039}$ 3	—	I	Слабо-, средне- и сильнопро- садочные	1,0—1,2
				$\frac{0,013-0,072}{0,041}$ 4	—	II	непросадоч- ные	
Завалов- ский	Тяже- лые	2,4—2,5	1,0—0,001	$\frac{0,0-0,005}{0,002}$ 10	$\frac{0,002}{100}$ 80	I	Непросадочные	—
				$\frac{0,0-0,005}{0,002}$ 10	$\frac{0,002}{100}$ 90	II	непросадоч- ные	

* В числителе — пределы колебаний, в знаменателе — среднее арифметическое, справа — количество определений; ** В числителе — среднеквадратическое отклонение, в знаменателе — показатель изменчивости, цифра справа — точность определения среднего арифметического; *** I — просадочность определялась по методу «одной» кривой, II — по методу «двух» кривых.

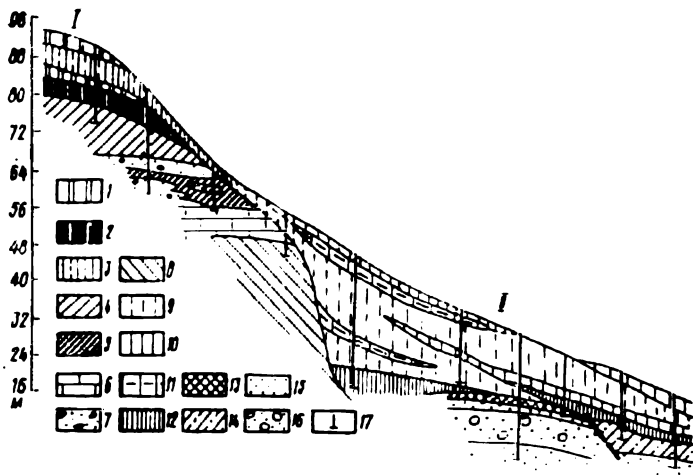


Рис. 11.2. Особенности строения лессовых пород эолово-делювиального (I) и делювиального (II) типов.

Эолово-делювиальные (I) лессовые отложения на междуречье Днестр—Барабой. Суглинки: 1 — средние; 2 — тяжелые; 3 — легкие; коренные плиоценовые отложения: 4 — глины; 5 — красно-бурые; 6 — глины; 7 — известняки; 8 — глины; 9 — пески со щебнем; 10 — глины мзотиса. Делювиальные (II) лессовые отложения III—IV надпойменных днестровских террас (район поселков Маяки—Беляевка): 9 — супеси; 10 — суглинки средние; 11 — суглинки тяжелые; подстилающие аллювиальные отложения; 12 — суглинок тяжелый; 13 — чередование средних и легких суглинков тонкослоистых; 14 — суглинок тяжелый, опесчаненный; 15 — песок; 16 — песок с галькой; 17 — опорные разведочные выработки.

в районе городов Днепропетровска и Запорожья (здесь он близок по характеристике к приведенным в табл. II.18, II.19). В северной половине Украины местами субазральные фации отсутствуют (или существенно трансформированы) в пределах доднепровского временного интервала осадконакопления; здесь также наблюдается опесчаненность разреза. На Украинском щите ряд слоев выпадает из разрезов, слои лессов переработаны процессами почвообразования. На водоразделах они залегают на «скифских» глинах, в местах их отсутствия — на разновозрастных отложениях неогена и палеогена, коре выветривания кристаллических пород; в долинах рек — на аллювиальных, аллювиально-делювиальных песчано-глинистых отложениях. Мощность лессового покрова изменяется от 3—8 м на речных террасах до 12—25 м на водоразделах, увеличение мощности происходит в направлении с севера на юг.

Лессовые породы здесь относятся к I и II типам грунтовых условий по просадочности. Наиболее высокие ее значения отмечаются на правом склоне р. Днепра, условно по линии городов Ржищева, Миронки, Звенигородки, Кировограда, Пятихаток, Николаева. В зоне сочленения с Воыно-Подольской возвышенностью резко изменяются мощности лессового покрова — до 5—10 м, где он залегает на озерно-ледниковых отложениях, особенно в контурах древних проходных долин. Суммарная просадочность здесь не превышает 3—5 см, что позволяет отнести лессовые породы к I типу грунтовых условий по просадочности.

8. Волыно-Подолля во многом специфична с позиций парагенетических связей лессового осадконакопления, расчлененности территории, полноты разреза и однородности слагающих накоплений. На Волинской возвышенности верхне-среднелейстоценовый лессовый покров залегает на мергельно-меловых отложениях верхнего мела. Мощность лессового покрова здесь 5—22 м, породы непросадочные или слабопросадочные I и очень редко II типа грунтовых условий по просадочности. Для Ростоця и Ополья мощность лессового покрова на водораздельных пространствах от 3—5 до 10—12 м. Здесь он залегает на разных отложениях неогена. Лессовые породы непросадочные, реже — только I типа грунтовых условий по просадочности.

9. В Предкарпатье и Закарпатье лессовый покров существенно разнообразен и неоднороден по составу и мощности. Среди пород здесь преобладают глины, супеси и суглинки. Лессовый покров преимущественно залегает на надпойменных речных террасах. Мощность его изменяется от 0,5—3 до 8—12 м. Увеличение мощности (от 0,5 до 12 м) лессовых пород отмечается от предгорий и водоразделов к долинам. Породы непросадочные и слабопросадочные, преобладает I тип грунтовых условий по просадочности.

Итак, просадки проявляются в результате естественного подтопления или переувлажнения лессовых массивов, а также техногенного влияния таких факторов. Водонасыщение или переувлажнение минеральной массы породы вызывает уменьшение объема, уплотнение, и в итоге возникают просадочные деформации. Относительная просадочность прямо зависит от степени влажности грунта и его пористости (от степени разуплотненности).

Масштабы и интенсивность просадок наряду с инженерно-геологическими особенностями толщи определяются величиной зоны аэрации, т. е. мощностью лессовых пород, располагающихся в разрезе выше уровня грунтовых вод. В качестве граничного условия учитывается, что залегающая ниже лессовая толща водонасыщена, и поэтому в ней просадочные свойства деградированы, или же — на определенной глубине залегают лессовые разности, сохранившие признаки и свойства лессовости.

Для оценки просадочности с позиций инженерной геологии нами охарактеризованы природные особенности выделенных в пределах Украины ПТК: характер многослоистости лессового покрова, преобладающие значения его мощностей, наконец, типы грунтовых условий по просадочности. Для оценки мощностей лессовых пород, склонных к просадкам, как известно, необходимы данные о глубинах залегания грунтовых вод, характере обводнения и степени деградации. Эти сведения здесь не приведены из-за весьма широкого их разнообразия даже на одном массиве. Информация о пределах изменений уровней грунтовых вод в данном случае не является репрезентативной, поскольку для каждого осваиваемого участка необходимы конкретные сведения об их положении в разрезе.

Есть основания утверждать, что в многослойном лессовом покрове в определенных природных условиях может сохраняться способность отдельных комплексов пород к просадкам, несмотря на их залегание ниже уровня грунтовых вод. Так, породы тилигульского лесса (нижний плейстоцен) на глубине более 15—20 м при относительной мощности более 1,5—2,5 м имели [И.68] пористость 45—49 % и относились по просадочности к II типу грунтовых условий. Последнее особенно следует иметь в виду при оценке послепросадочных деформаций.

П.1.4.2.6. Карст и природные полости (пещеры)

Карст — сложный геологический процесс, в котором в зависимости от условий среды участвуют различные элементарные процессы. Основной среди них, инициирующий на разных стадиях прочие процессы, — растворение горных пород природными водами. Этот процесс обычно сопровождается выносом дисперсных остаточных продуктов и механическим воздействием движущихся вод на породы, т. е. их эрозивной деструкцией.

Вынос вещества из системы под воздействием коррозии и эрозии сопровождается формированием свободных объемов (полостей) в пространстве карстующихся пород. По мере их развития инициируется и усиливается действие прочих элементарных процессов (суффозии, гравитационной деструкции и др.), возникают различные формы их проявления (провалы, обвалы, просадки и др.). Это происходит как в карстующейся толще, так и в смежных отложениях (особенно перекрывающих), выражается в образовании специфических форм рельефа поверхности.

Движущей силой карстового процесса является водообмен. Важнейшее и уникальное свойство карстовых водообменных систем заключается в том, что активная циркуляция вод ведет к прогрессирующему повышению проницаемости пород, изменению структуры водообмена и его интенсификации. Природная водопроводящая система ландшафта развивается преимущественно под земной поверхностью.

Карстогенная эволюция геологической среды ведет к прогрессирующему нарастанию ее структурной неоднородности и связанной с этим неоднородности разных свойств пород, в частности водопроницаемости и физико-механических свойств. В этом состоит главная причина высокой чувствительности эколого-геологических систем к различного рода воздействиям, возникновения разнообразных и острых экологических проблем в карстовых регионах. Специфика природных условий и процессов требует особых подходов к природопользованию и охране геологической среды в карстовых регионах.

Карст развивается в породах, широко распространенных в осадочном чехле: карбонатных (известняки, доломиты, мел-мергельные толщи), сульфатолитах (гипсы, ангидриты), галолитах (каменная соль и др.). Растворимость в природных условиях известняка, гипса и каменной соли можно представить соотношением $1 : 10^2 : 10^4$ [П.1.14], что во многом определяет потенциальную интенсивность соответствующих литологических типов карста.

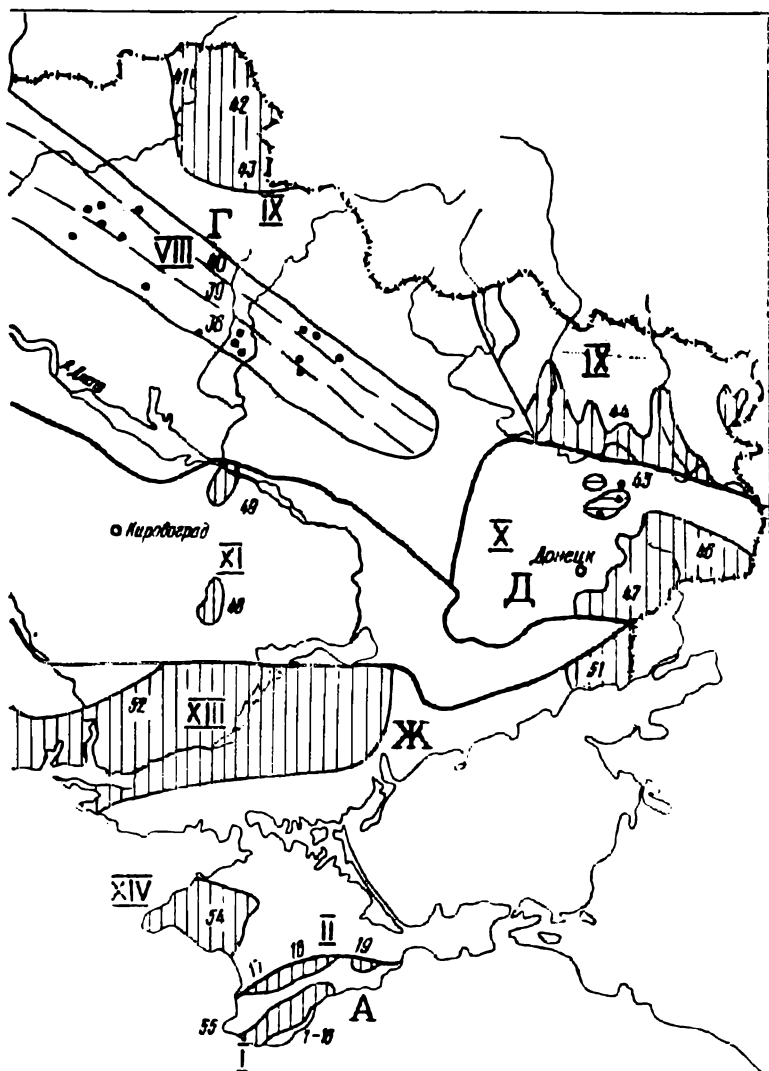
Распространение и типы карста. По оценкам Д. Форда [П.1.13], карбонатные породы, выходящие на земную поверхность или залегающие неглубоко под проницаемым покровом, занимают примерно 12 % свободной от льда суши. Около 7—10 % территории суши характеризуется активным развитием карбонатного карста, который выражается в особенностях гидрологии и рельефа. Площадь распространения гипсо-ангидритов и галолитов охватывает примерно 25 % континентальной суши. Сульфаты и галолиты выходят на поверхность на значительно меньшей площади, но карст в таких породах в межпластовых условиях развит очень широко.

В Украине карстовыми процессами охвачено свыше 35 % территории. В схеме районирования карста республики [П.1.24, П.1.35] выделяются 15 карстовых областей, а в них — 55 карстовых районов суммарной площадью 206 530 км² (табл. П.1.20). Карст развит во всех основных геоструктурных регионах (рис. П.1.3).

Активизация карста в естественно-исторических условиях происходила в неоген-четвертичный период в областях активных и умеренных дифференцированных поднятий, с которыми связан переход из покры-

Таблица 11.20. Характеристика карстовых областей Украины (по [11.24, 11.35] с дополнениями)

Карстовая область	Стратиграфическое положение карсту- ющихся пород	Литологический тип карста	Количество районов	Площадь, км ²	Количество карстовых пещер
Горно-Крымская	Верхняя юра, ниж- ний мел	Карбонатный	16	1180	900
Предгорно-Крымская	Верхний мел, па- леоген, неоген	»	3	2150	20
Карпатская	Верхний триас, юра, нижний мел	»	1	120	20
Закарпатская	Неоген	Соляной	3	140	3
Прикарпатская	»	»	2	240	—
Западно-Полесская	Верхний мел	Карбонатный	4	45 000	—
Подольско-Буковинская	Силур, девон, верх- ний мел, неоген	Сульфатный, кар- бонатный	8	28 000	130
Днепроовско-Донецкая	Девон, верхний мел	Соляной, карбонат- ный	3	38 600	—
Северо-Восточная	Верхний мел	Карбонатный	4	19 300	—
Донбасская	Карбон, пермь, верхний мел	Карбонатный, суль- фатный, соляной	3	11 200	6
Криворожско-Кременчугская	Протерозой	Карбонатный	2	900	4
Восточно-Подольская	Неоген	»	1	16 200	20
Причерноморско-Азовская	»	»	3	37 700	15
Равнинно-Крымская	»	»	2	5800	11
Всего			55	206 530	1084



п) [II.24, II.35]).

Инженерно-геологические типы карста: 3 — карбонатный; 4 — сульфатный; 5 — соляной. **Инженерно-геологические горные складчатые сооружения:** В — Волинно-Подольская плита с Галицко-Волынским сооружением; Е — Украинский шит; Ж — Причерноморская впадина. **Карстовые районы:** III — Карпатская; IV — Закарпатская; V — Прикарпатская; VI — Западно-Северо-Восточная; X — Донбасская; XI — Криворожско-Кременчугская; XII — Восточно-Северо-Восточная; XIII — Криворожско-Кременчугская; XIV — Восточно-Крымская. **Карстовые районы (арабские цифры на схеме):** 1 — Нижнесухорецкий; 2 — Центральный Айпетринский; 3 — Восточный Айпетринский; 4 — Ялтинский; 5 — Нирукский; 6 — Карабийский; 7 — Восточно-Крымский; 8 — Агармышский; 9 — Ишский; 10 — Тербалинский; 11 — Солотвинский; 12 — Прикарпатский; 13 — Калужский; 14 — Гологоро-Розточенский; 15 — Приднестровский; 16 — Покутский; 17 — Толтровый; 18 — Юго-Восточный; 19 — Центральный; 20 — Северо-Восточный; 21 — Западный; 22 — Юго-Восточный; 23 — Южный; 24 — Криворожский; 25 — Кременчуг-Черноморский; 26 — Тарханкутско-Новосетовский; 27 — Севастопольский

той в полупокрытую или открытую стадию развития [II.35]. В современных условиях во многих районах Украины активизация карста происходит под воздействием интенсивной техногенной деятельности.

Особенности взаимодействия техногенных систем с геологической средой в карстовых регионах. Эколого-геологические проблемы в карстовых регионах часто приобретают особую остроту в связи со спецификой механизма взаимодействия техногенных систем с геологической средой, что в целом определяется свойствами карстовых систем.

Проблемы охраны водных ресурсов. Около 25 % населения Земли, включая население многих крупных городов и обширных сельскохозяйственных районов, используют карстовые подземные воды [II.131]. В естественных условиях карстовые воды обычно имеют высокое качество, однако в отличие от других водообменных систем они обладают очень ограниченной способностью к очищению от загрязнений. В районах, в которых преобладает канализированный подземный сток, карстовые воды не менее чувствительны к загрязнениям, чем поверхностные. Частое очаговое поглощение поверхностных водотоков приводит к легкому смешиванию загрязненных поверхностных вод с подземными.

В карстовых районах для водоснабжения часто используются крупные источники. Это удобный, но небезопасный вариант водоснабжения, поскольку карстовые системы обычно имеют обширные области питания, на которых трудно контролировать источники загрязнения.

В платформенных карстовых регионах у карстовых водоносных горизонтов, не имеющих покровных водонепроницаемых толщ, область питания совпадает с обширной площадью распространения. В таких условиях проблема контроля источников загрязнения особенно остра, в частности при высокой плотности населения и хозяйственной деятельности, характерных для Украины.

Обычными источниками загрязнения в карстовых районах являются местные мусорники и скотомогильники, часто устраиваемые в карстовых воронках, утечки из септических емкостей, сточных канализаций, хранилищ горюче-смазочных материалов. Особую проблему составляют индустриальные отходы и стоки, стоки от животноводческих ферм и смывание минеральных удобрений с полей и необорудованных мест хранения.

Случаи загрязнения карстовых вод установлены во многих районах, особенно в Подольско-Буковинской, Западно-Полесской, Причерноморско-Азовской, Равнинно-Крымской карстовых областях.

Деградация почв. Способность карстовых дренажных систем принимать и транспортировать взвешенные частицы обуславливает опасность деградации и потери почвенного покрова. Корневые системы лесной, кустарниковой и травянистой растительности удерживают почву от смыва и удаления через карстовые поглотители. Под воздействием лесоразработок, выпаса скота и распахки угодий могут происходить необратимые потери почв.

Деградация почвенного покрова отмечалась на многих карстовых массивах (яйлах) Горно-Крымской карстовой области под воздействием интенсивного выпаса скота, на обширных территориях Подольско-Буковинской карстовой области — под воздействием распахки земель. Для предотвращения негативных последствий вокруг всех карстовых воронок должны быть охранные зоны, не подлежащие распахке, что практически не соблюдается.

Карстовые и суффозионно-карстовые проседания и провалы. Карст серьезно усложняет хозяйственную деятельность, в частности из-за трудно прогнозируемого по времени и месту развития провально-просадочных деформаций. По оценкам Д. Форда [II.131], общая стоимость противокарстовых превентивных мер или восстановительных ра-

бот на карстовых территориях Земли достигает нескольких миллиардов долларов в год.

Хозяйственная деятельность часто активизирует карстовый процесс. Если в 1960-х гг. в Украине было известно 109 провально-просадочных деформаций поверхности, возникших в связи с хозяйственным освоением территории (Донбасс, Горный Крым, Полесье), то в начале 1980-х гг. только в пределах 10 участков высокой техногенной нагрузки насчитывалось более 2000 таких деформаций [11.35]. Это сопровождается разрушением различных сооружений, разрывами коммуникаций, осложнениями в эксплуатации горных выработок, потерями водных ресурсов, утечками из водохранилищ и каналов, потерями сельскохозяйственных угодий.

Наиболее развиты деформации в районах, где закарстованные породы залегают под неконсолидированным покровом. Причины и механизмы их развития разные. К локальным простым воздействиям относится увеличение нагрузки и техногенное снижение поверхности (выемка горных пород). Такие воздействия могут вызвать провалы кровли полостей или деформации, связанные с дифференциальным уплотнением рыхлого покрова, залегающего на неравномерной поверхности закарстованных пород.

Сложные воздействия связаны с изменением условий водообмена и уровня подземных вод. Воздействия, увеличивающие гидравлические градиенты и водообмен в системе, усиливают перенос осадков и вызывают образование провалов. Таким образом, и увеличение объема питания (инфильтрации), и водоотбор из системы ведут к усилению провально-просадочных процессов.

Увеличение объема питания и его локализация (фокусировка) происходят при перепланировке поверхности, асфальтировании, застройке, устройстве градиент, дренажных систем, утечках из водохранилищ, каналов и трубопроводов. Локализованная инфильтрация в рыхлом покрове усиливает суффозионный вынос материала в полости подстилающих карстующихся пород. Твердые покрытия и сооружения действуют как защитный покров, часто позволяющий развиваться крупным пустотам в рыхлом материале прежде чем происходит провал.

Основная причина развития суффозионно-карстовых деформаций — снижение уровня вод под воздействием избыточного водоотбора или водоотлива при горных работах. Особенно опасны ситуации, когда уровень подземных вод смещается из неконсолидированного покрова в закарстованную толщу. В районах интенсивной техногенной нагрузки отмеченные два фактора (снижение уровня вод и концентрация стока) часто совпадают. Провально-просадочные деформации под воздействием этих факторов распространены на многих участках Подольско-Буковинской, Западно-Полесской, Северо-Восточной, Донбасской и Равнинно-Крымской карстовых областей.

Изменения водообмена и активизация карста под воздействием горных работ. В условиях карста горные работы вызывают особенно глубокие и обширные изменения водообмена и негативные последствия.

В зоне сочленения юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы с Предкарпатским краевым прогибом проводится в больших масштабах добыча самородной серы, гипса, глин и других полезных ископаемых в условиях карбонатно-сульфатного карста в неогеновых отложениях. В естественно-исторической обстановке в карбонатно-сульфатной миоценовой толще преобладают напорные воды с замедленной циркуляцией. Для обеспечения открытых горных работ проводится интенсивный водоотлив, суточный объем которого может достигать 100 тыс. м³/сут (Язовское серное месторождение) и даже 288 тыс. м³/сут (Николаевский карьер глини). При этом пьезометрическая или урвненная поверхность подземных вод снижается на де-

сятки метров (до 90 м на Язовском месторождении), очаги разгрузки превращаются в очаги питания, происходит перехват поверхностного стока (доля поглощенных речных вод здесь достигает 25 % водоотлива), формируются обширные депрессионные воронки площадью до 100 км² (Язовское месторождение) и даже до 400 км² (Кривское месторождение гипса), резко увеличивается скорость движения подземных вод (до 2,5 км/сут на Язовском и до 10,2 км/сут на Николаевском месторождении). В результате резкой активизации водообмена, в который вовлекаются поверхностные воды и воды смежных водоносных горизонтов, возрастает агрессивность подземных вод, увеличивается проницаемость карстующихся пород за счет коррозионного расширения трещин и полостей и вымывания из них заполнителя, происходит провалообразование с нарушением покровной толщи и деформациями земной поверхности, разрушением сооружений и коммуникаций. Интенсивность растворения сульфатных пород подземными водами, составляющая 0,2—0,4 мг/(сут·см²) в естественно-исторических условиях достигает 1,3 мг/(сут·см²) (Язовское месторождение) и даже 28,2 мг/(сут·см²) (Николаевское месторождение) в условиях техногенной активизации карста [II.42]. Обширные и разнообразные негативные последствия такого интенсивного воздействия на геологическую среду заставляют разрабатывать и осуществлять сложные и дорогостоящие противокарстовые мероприятия (Язовское месторождение) или прекращать разработку карьеров и восстанавливать гидрогеологические условия (Николаевское месторождение).

Значительная активизация соляного карста происходит в результате дренажа надсолевых вод и рассолов на Калушском месторождении калийных солей (Предкарпатье) и на Солотвинском месторождении каменной соли (Закарпатская карстовая область), обширного провалообразования при добыче соли подземными выработками и рассолпромыслами в Бахмутской котловине (Донбасская карстовая область).

Карстовые пещеры. В Украине известно около 1100 карстовых пещер. В горноскладчатых областях (Горный Крым), где зона вертикальной нисходящей циркуляции подземных вод имеет большую мощность, развиты преимущественно вертикальные полости (колодцы и шахты), однако нередки и сложные полости, фрагменты которых сформированы в древних или современной зонах горизонтальной циркуляции вод. В платформенных регионах преобладают горизонтальные, часто ярусные пещеры, сформированные в условиях межпластовых напорных водоносных горизонтов, затем сдренированные и переведенные в реликтовое состояние [II.43], либо сформированные в зоне аэрации и колебания уровня подземных вод.

Наибольшее количество пещер изучено в Горно-Крымской (около 900) и Подольско-Буковинской (около 130) карстовых областях. Преобладают малые (протяженностью до 100 м или глубиной до 20 м) и значительные (протяженностью 100—500 м или глубиной 20—100 м). К крупным относятся пещеры протяженностью свыше 500 м и (или) глубиной более 100 м [II.23]. Таких пещер на Украине известно 60, что составляет 5,5 % общего количества. Крупные пещеры имеются в Горно-Крымской (45), Подольско-Буковинской (13) и Причерноморско-Азовской (2) карстовых областях.

Глубочайшие пещеры Украины находятся в Горно-Крымской карстовой области (табл. II.21), длиннейшие пещеры (табл. II.22) сосредоточены главным образом в Подольско-Буковинской карстовой области, где они сформированы в миоценовой гипсовой толще. Пять длиннейших пещер этого региона являются одновременно длиннейшими гипсовыми пещерами мира. Их суммарная протяженность 400 км, что сравнимо с суммарной протяженностью всех остальных пещер бывшего СССР.

Таблица II.21. Глубочайшие карстовые пещеры Украины

Карстовая пещера	Карстовый район	Глубина, м	Протя- женность, м	Объем, тыс. м³
Каскадная	Центральный Айпетринский	630	1100	50,0
Солдатская	Карабийский	500	2100	16,3
Нахимовская	»	372	460	8,6
Дружба	»	270	500	2,6
Молодежная	»	260	280	3,4
Ход Конем	Чатырдагский	210	250	1,8
Вдовиченко	Центральный Айпет- ринский	205	250	2,5
Севастопольская	То же	200	255	3,0
Бездонная	Чатырдагский	195	410	32,0
Гвоздецкого	Карабийский	191	335	74,0

Таблица II.22. Длиннейшие карстовые пещеры Украины

Карстовая пещера	Карстовые область и район	Протя- женность, м	Амплиту- да, м	Объем, тыс. м³
Оптимисти- ческая	Подольско-Буковинская, Приднестровский	180 000	20	490,0
Озерная	То же	107 300	20	640,0
Золушка	Подольско-Буковинская, Бу- ковинский	82 000	30	665,0
Млынки	Подольско-Буковинская, Приднестровский	22 400	10	60,0
Кристалльная	То же	22 000	10	110,0
Красная	Горно-Крымская, Восточно- Крымский	13 700	135	200,0
Вертеба	Подольско-Буковинская, Приднестровский	7820	10	47,0
Атлантида	То же	2525	20	11,4
Буковинка	Подольско-Буковинская, Буковинский	2408	12	10,0
Угринь	Подольско-Буковинская, Приднестровский	2120	10	5,0

Карстовые пещеры образуют особую природную среду со специфическими свойствами всех ее компонентов — внутреннего рельефа, отложений, микроклимата, подземных вод, фауны и флоры. К числу таких свойств относятся ограниченность объема, полная темнота, высокая влажность, постоянство температуры, ограниченность органического материала. Эта среда является экологически уникальной, что обуславливает высокую специализацию и уязвимость пещерных организмов (свыше 900 видов и подвидов). Пещеры содержат выдающиеся разнообразие минеральных образований (свыше 105 видов), многие из которых

редкие. Стабильность среды пещер в масштабах геологического времени обусловила их свойство накапливать и сохранять разнообразные свидетельства о прошлых эпохах: о животном и растительном мире, климате, деятельности подземных вод, жизни древнего человека и т. п. Пещеры часто представляют собой коллекторы высококачественных карстовых вод, которые в некоторых районах служат основным источником водоснабжения. Таким образом, пещеры — это особые природные комплексы, имеющие большую научную, культурно-просветительскую, эстетическую и рекреационную ценность.

Среда пещер ввиду своей ограниченности и низкой энергетичности легко уязвима и не обладает способностью к самовосстановлению. Насущностью геологическими, минеральными, биологическими, историко-культурными достопримечательностями — все это обуславливает принадлежность пещер к природным ресурсам повышенной ценности и осуществление по отношению к ним адекватной и специализированной природоохранной политики. Так, в США в 1988 г. был принят федеральный закон по охране пещерных ресурсов.

Негативное воздействие на среду пещер оказывают горнодобывающая деятельность (разработка вмещающих пород с разрушением или полным уничтожением пещер, изменение водообмена при водоотливе), гидротехническое строительство, строительство и неправильная эксплуатация экскурсионных объектов на базе пещер, загрязнение карстовых вод, массовая неконтролируемая рекреационная активность. Массовый самостоятельный туризм в последнее десятилетие превратился в наиболее мощный и всепроникающий фактор негативного воздействия на пещеры. Проблема охраны пещер особенно актуальна для Горно-Крымской и Подольско-Буковинской карстовых областей.

В Украине 15 карстовых пещер имеют статус памятников природы государственного значения, 55 пещер являются памятниками природы местного значения. Около 500 пещер также входят в состав природно-заповедных территорий более высокого ранга: Карпатского заповедника, Ялтинского горно-лесного заповедника, Крымского заповедно-охотничьего хозяйства, геологического заказника «Горный карст Крыма».

II.2. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

II.2.1. Сельскохозяйственное производство

Сельскохозяйственное производство — наиболее древняя в истории человечества и наиболее широко распространенная природно-техногенная система, в которой весьма отчетливо проявляется взаимосвязь и взаимозависимость между природной и техногенной составляющими.

Возможность ведения сельскохозяйственного производства и его эффективность обусловлены двумя в одинаковой мере важными и необходимыми для его развития группами факторов: составом, состоянием и качеством объектов геологической среды (почвенного покрова, грунтовых и подземных вод) и климатическими особенностями территории (суммой и режимом выпадения осадков, интенсивностью инсоляции). Основной элемент первой группы — почвенный покров. На территории Украины он представлен серыми лесными, оподзоленными, типичными черноземами, дерново-подзолистыми, каштановыми и другими типами почв, характеризующимися различным составом, механическими, физико-химическими свойствами и естественным плодородием.

По степени естественной увлажненности на территории Украины выделяются четыре зоны: избыточного, достаточного, неустойчивого и

недостаточного увлажнения, что в сочетании с особенностями почвенного покрова предопределяет агроклиматические условия сельскохозяйственного производства. Эти условия накладывают определенный отпечаток на специализацию производства и выражаются в том, что в северных областях в общем его объеме несколько выше удельный вес животноводства, в южных — растениеводства (табл. II.23). В свою очередь под влиянием многих природных и социальных факторов в растениеводстве сформировалась более дробная специализация на уровне административных районов и их групп — с повышенным удельным весом зернопроизводства, технических культур, овощеводства, садоводства, виноградарства, рисоводства. Адаптация производства к природным особенностям предопределила внедрение специфического комплекса технологических процессов и определенного типа воздействия последних на геологическую среду.

Однако сочетание благоприятных с позиций сельскохозяйственного производства показателей этих факторов встречается довольно редко. Поэтому наряду с выполнением обычных технологических операций (подготовка почвы, сев, уход за посевами, их охрана от сорняков и болезней, уборка урожая) проводится комплекс мер, направленных на корректировку показателей ведущих факторов в желательном направлении. Характер этих мер в разных агроклиматических условиях различен и отличается зональностью: в северных и центральных областях преобладают, например, осушение земель и известкование почв, в южных — орошение и гипсование. Вся совокупность воздействий может быть разделена на три основные группы — механические, химические, а также воздействия, изменяющие условия увлажнения и режим влажности почв и пород зоны аэрации.

Мощность зоны техногенного воздействия не ограничивается почвенным слоем и глубиной уровня грунтовых вод. Во всех регионах она определяется глубиной эксплуатационных скважин, с помощью которых организовано хозяйственное и питьевое водоснабжение сельских районов, т. е. составляет 50—350 м, что сопоставимо с другими природно-техногенными системами.

В геологической среде усиливаются природные неблагоприятные процессы или генерируются новые, вследствие чего эта среда претерпевает изменения в составе, свойствах и состоянии, приобретает иные качества (табл. II.23). К приобретенным качествам относится токсикогенность геологической среды — способность загрязненных почв и донных отложений оказывать угнетающее действие на соприкасающиеся или проживающие в них живые организмы (растения, микрофауну, ихтиофауну и др.). Количественные показатели перечисленных в табл. II.23 изменений варьируют в широком диапазоне значений и определяются, с одной стороны, особенностями геологической среды (например, уклонами распаханых склонов, механическим и минеральным составом почвенного покрова, естественной защищенностью подземных вод и т. д.), с другой — характером, интенсивностью и продолжительностью техногенного воздействия (нормами расхода воды и сроком эксплуатации оросительных систем, суммарной ретроспективной нагрузкой стойких в геологической среде пестицидов и т. п.).

Для поддержания на необходимом уровне плодородия почв и его подъема, защиты сельскохозяйственных культур от болезней, сорняков и вредителей, улучшения физико-химических характеристик почвенного покрова на территории Украины ежегодно применяется до 19 млн т минеральных удобрений, 130 тыс. т пестицидов и значительная масса химических мелиорантов (гипса, фосфогипса, извести). Химизация сельскохозяйственного производства продолжается непрерывно в течение десятилетий, характеризуется региональным масштабом

Таблица 11.23. Основные закономерности взаимодействия сельскохозяйственного производства с геологической средой

Отрасль производства	Технологический процесс, вид мелiorации	Характер воздействия на геологическую среду	Генерируемые и (или) интенсифицируемые процессы	Изменения в составе, состоянии и свойствах геологической среды
Растениеводство	Вспахивание почвенного покрова (в том числе на склонах)	Уменьшение плотности сложения (разрыхления)	Интенсификация водной и ветровой эрозии	Удаление верхнего наиболее богатого гумусом слоя почвы, образование смытых почв, аккумуляция продуктов разрушения земель в прилегающих эрозийных врезках, заливание малых рек, повышение базиса разгрузки грунтовых вод, подтопление населенных пунктов, подтопление и заболачивание земель; перенос ливневыми и талыми водами загрязнения в эрозийные врезки и их аккумуляций
Внесение минеральных удобрений	Изменение состава за счет внесения биогенов и вредных примесей	Изменение химического состава за счет внесения биогенов и вредных примесей	Включение в латеральную и вертикальную миграцию	Обогащение донных отложений водоемов биогенами — эвтрофикация водоемов, загрязнение донных отложений водоемов кадмием, хромом, стронцием, ураном, радием, торием и другими вредными примесями (формирование токсикогенной среды), загрязнение подземных вод нитратами
Использование химических средств защиты растений	Изменение химического состава за счет внесения тяжелых металлов и синтезированных органических соединений	Изменение химического состава за счет внесения тяжелых металлов и синтезированных органических соединений	Екклюзия по латерали и вертикальному направлению	Загрязнение почвенного покрова — развите фитотоксичности почв; угнетение микрофлоры (стерилизация почв — торможение почвообразовательных процессов); загрязнение горных пород и грунтовых вод; формирование запасов стойких токсических веществ в пере-

Уборка урожая	Изъятие биомассы культурных растений	Уменьшение запасов органического углерода и питательных веществ в почве	Снижение естественного плодородия — одного из главнейших свойств почвенного покрова	крывающих горных породах и загрязнение продуктивных водоносных горизонтов
Водные мелиорации	Изменение водного баланса за счет увеличения расходной части	Осушение почвогрунтов	Интенсивная минерализация органической части почв, ее гидрофобизация, обесструктурирование и дефляция, подкисление почвенных растворов, вынос за пределы почвенного слоя илстой фракции и питательных веществ, увеличение проницаемости, генерирование H_2 и переход H_2 и O_2 в грунтовые воды, а на участках вертикального дренажа — также в подземные воды; уплотнение и усадка органических почв (торфяников)	
Животноводство	Увеличение приходной части водного баланса	Родонасыщение пород, увеличение инфильтрационного питания грунтовых вод и их перетока в подземные воды	Формирование новых грунтовых потоков, подъем уровня грунтовых вод, подтопление, заболачивание; увеличение запасов грунтовых и подземных вод, выщелачивание водорастворимых солей из почвогрунтов, их миграция в грунтовые и подземные воды; загрязнение геологической среды средствами химической сельскохозяйственного производства; просадочные явления	
	Концентрированное нагроуждение территории твердыми и жидкими отходами	Включение в латеральную и вертикальную миграцию отходов и их компонентов	Загрязнение почвенного покрова, грунтовых и подземных вод аммонием, нитратами, бактериальное загрязнение грунтовых вод	

воздействия, а также специфическим спектром преднамеренно рассеиваемых в окружающей среде химических элементов и соединений.

С минеральными удобрениями в геологическую среду вносятся калий, фосфор, азот, а также многочисленные примеси, среди которых в геохимическом отношении особый интерес представляют тяжелые металлы. Последние в различных концентрациях попадают в удобрения из исходного сырья. Токсические примеси содержат также широко применяемый в зоне распространения почв со щелочной реакцией фосфогипс (табл. II.24).

Таблица II.24. Металлы, содержащиеся в средствах химизации сельскохозяйственного производства

Технологическая группа средств химизации	Металл
Пестициды	Ртуть, медь, железо, алюминий, цинк, олово, мышьяк, свинец
Минеральные удобрения (фосфорные)	Медь, цинк, кадмий, хром, кобальт, свинец, никель, ванадий, стронций, уран-238, торий-232, радий-226, свинец-210, полоний
Химические мелиоранты: фосфогипс	Марганец, стронций, натрий, калий, барий, редкоземельные элементы
тоماشлак	Хром, фосфор, железо, свинец, кальций

Применяемые на территории Украины пестициды по природе действующего вещества относятся к трем группам: 1) препараты растительного, грибного и бактериального происхождения; 2) неорганические препараты меди, железа и др.; 3) органические препараты, созданные в результате промышленного органического синтеза — органические соединения хлора, фосфора, ртути и т. д. Техногенная нагрузка на геологическую среду формируется главным образом за счет действующего вещества препаратов второй и третьей групп.

Пестициды примерно 200 наименований и препаративных форм, которые используются на территории Украины, обладают различной стойкостью в окружающей среде: период их полураспада варьирует от нескольких недель до двух лет и более [II.11]. В геологической среде, в частности в горных породах и подземных водах, продолжительность полураспада существенно увеличивается. Эта особенность предопределяет возможность продолжительной миграции в геологической среде преимущественно стойких и очень стойких пестицидов третьей группы. С геохимических позиций к очень стойким следует отнести неорганические пестициды, в состав которых входят металлы. К категории очень стойких в геологической среде относится также азот в нитратной форме, который непосредственно содержится в азотных удобрениях либо образуется при окислении аммонийного азота.

В связи с недостаточной геохимической изученностью геологической среды агрохозяйственных ландшафтов не представляется возможным дать в настоящее время развернутую оценку последствий химизации сельскохозяйственного производства. Очевидно, однако, что в ряде случаев могут быть весьма завышены фоновые значения концентраций некоторых элементов и сформированы положительные геохимические аномалии. Проиллюстрируем эту возможность на примере анализа грузовок меди и фтора из техногенных источников по Одесской обл.

При среднем содержании меди в почвах на уровне 15 мг/кг [II.108] ее запасы в полуметровом слое почвы составляют около 100 кг/га. Следовательно, в почвах садов и виноградников в течение периода их эффективного плодonoшения концентрации меди могут потенциально удваиваться (рис. II.4).

Основными техногенными источниками поступления фтора в геологическую среду являются фосфогипс и фосфорные удобрения. В зависимости от специализации сельскохозяйственного производства отдельных районов Одесской обл. за период с 1980 по 1988 г. средняя нагрузка на 1 га пахотной земли варьировала от 151 до 496 кг (в пересчете на P_2O_5), а средняя нагрузка фосфогипса — от 65 до 2120 кг. Если учесть, что гипсование проводилось не на всей площади пахотных земель, а только на части, то фактическая нагрузка фосфогипса за девять лет составила от 3365 до 10 000 кг/га. При этом наибольшее количество фосфогипса (из расчета на 1 га) было внесено на поля Дунай-Днестровской оросительной системы в целях восстановления плодородия почв (утраченного вследствие использования для орошения некачественной воды из озера Сасык) и снижения ее повышенной щелочности.

По нашим оценкам, с фосфорными удобрениями и фосфогипсом на 1 га пахотных земель области было внесено от 2,9 до 503 кг фтора. Фактическая нагрузка фтора на почвы Дунай-Днестровской оросительной системы составила около 210 кг/га, в том числе 200 кг/га за счет использования фосфогипса.

Нашими исследованиями на участках с высокой нагрузкой фтора установлено, что запасы его водорастворимых форм в слое 0,0—0,5 м составляют 14 кг/га. Запасы кислоторастворимых форм в том же слое достигают 110 кг/га. При этом отмечается тенденция уменьшения концентраций водорастворимого и увеличения концентраций кислоторастворимого фтора к подошве почвенного слоя. Концентрация фтора в грунтовых водах, которые находятся здесь на глубине 5—18 м, не превышают 1 мг/л и не отличаются от фоновых.

Все изложенное позволяет сделать следующие выводы: 1) в районах интенсивного использования фосфогипса происходит загрязнение почвенного покрова фтором; 2) почвенный покров (черноземы южные мицеллярно-карбонатные) и подстилающие лессовидные суглинки являются барьером, который препятствует загрязнению грунтовых вод фтором; 3) в условиях значительного резерва карбонатов около 90 % фтора участвует во вторичном, «техногенном» минералообразовании; в водных растворах в результате его соединения с кальцием образуется труднорастворимое соединение (флюорит), что подтверждается исследованиями Ф. И. Тютюновой [II.116].

В геологической среде агрохозяйственных ландшафтов Украины выявлен также комплекс стойких и очень стойких пестицидов преимущественно хлорорганического состава: ДДТ и его метаболитов, а также α - и γ -изомеров ГХЦГ (гексахлорциклогексана).

Динамические запасы этих пестицидов в почвенном покрове отличаются значительной изменчивостью и зависят как от ретроспективных, так и от современных нагрузок, а также от литологических особенностей горных пород и типов почвенного покрова. В некоторых исследованных районах юга Украины они составляют 0,2—3 кг/га и более. При этом от 15 до 70 % общей массы пестицидов приходится на сумму ДДТ, массовое использование которого прекращено в 1972—1973 гг. Это подтверждает высокую степень устойчивости препарата не только в биосфере в целом, но и в геологической среде как ее составной части.

Инфильтруясь с поверхностными водами, пестициды проникают в подпочвенные слои, загрязняя горные породы. Исследования зерна

скважин, пройденных до глубины 6—30 м в лессовидных породах и глинах плиоцена, позволили оценить запасы хлорорганических пестицидов в одном из районов их интенсивного использования. По шести скважинам среднее значение оказалось равным 0,1 кг/га на 1 м разреза глинисто-суглинистой толщи, перекрывающей продуктивные водоносные горизонты.

В растворенном виде и с твердым стоком пестициды и тяжелые металлы с обработанных и удобренных полей переносятся в подчиненные элементы агроландшафтов и накапливаются в донных отложениях водоемов и водотоков (остаточные концентрации при этом варьируют от десятков до десятых и сотых долей микрограмма в 1 кг). В целом отмечается уменьшение остаточных концентраций суммы хлорорганических пестицидов в ряду водных объектов: реки — пруды — лиманы — морские заливы (за исключением заливов с замедленным водообменом, в которые сбрасываются загрязненные воды из оросительных систем) — участки открытого шельфа — котловина Черного моря. Среди различных генетических и литологических типов донных осадков наиболее высокие остаточные концентрации выявлены в терригенных тонкодисперсных осадках.

Остаточные концентрации примерно 20 пестицидов (хлор- и фосфорорганические соединения, симметричные триазины) выявлены в грунтовых водах и подземных водах напорных водоносных горизонтов.

Таким образом, сельскохозяйственное производство в связи с его химизацией превратилось в мощный фактор преобразования химического состава всех компонентов геологической среды. Внесение в нее химических элементов и соединений, в том числе синтезированных, проводится в таких количествах, которые не могут быть вовлечены в полный объем в биогеохимический цикл. Как следствие, происходит их накопление в почвах, донных отложениях, горных породах, грунтовых и подземных водах. В результате геологическая среда как часть биосферы не только загрязняется, но приобретает в региональных масштабах новое свойство — токсикогенность, что в экологическом плане представляет угрозу для биосферы в целом.

II.2.2. Промышленно-городские агломерации

Приведем справочные данные и краткий анализ эколого-геологической ситуации для наиболее урбанизированных территорий Украины. К сожалению, из-за отсутствия эколого-геологического мониторинга в городах нет полной информации о характере и динамике развития неблагоприятных и опасных процессов. Однако даже разрозненные данные, накопленные в процессе практической работы, позволяют судить о тенденциях и масштабах изменений, происходящих в литосфере под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Разнообразная и интенсивная инженерно-хозяйственная деятельность человека приводит к изменениям природной среды в городах. Темпы и глубина их воздействия приобретают все более опасный для человека характер. Поэтому вполне закономерно выделение из наиболее важных тем Программы ООН по окружающей среде темы «Населенные пункты».

Нет сомнений в том, что в решении наиболее актуальных инженерных и экологических задач, связанных с созданием благоприятных условий для жизнедеятельности человека в городах, большую роль должна играть инженерная геология. Практика строительства и специальные научные исследования [II.47, II.48, II.85, с. 12—14, 17—24 и др.] свидетельствуют об изменениях рельефа, геологического строения, состояния поверхностной и подземной гидросферы, свойств горных пород, характера и интенсивности геодинамических процессов.

В Украине насчитывается 327 городов, которые нуждаются в защите от тех или иных опасных природных или природно-техногенных геологических процессов, причем во многих из них одновременно развиваются несколько видов опасных процессов. Так, 244 города подвержены подтоплению грунтовыми водами, в 144 наблюдаются активные оползневые смещения, в 50 — просадки грунтов оснований, в 12 — оседания поверхности над горными выработками и т. д. Всего в Украине известно около 80 видов геологических процессов. Значительную часть из них составляют опасные и неблагоприятные для жизнедеятельности человека. Естественно, что характер и интенсивность развития процессов зависят от природных геологических особенностей регионов и инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Украинский шит. В пределах Украинского шита расположены крупные города и предприятия горнодобывающей, металлургической, машиностроительной и других видов промышленности. Преобразующее влияние инженерно-хозяйственной деятельности на геологическую среду особенно ярко проявляется в промышленных центрах Приднепровья (города Киев, Днепропетровск, Кривой Рог, Запорожье и др.).

Современные процессы техногенного осадконакопления интенсивно происходят в Криворожском бассейне, где отвалы горнодобывающих предприятий составляют площадь около 50 км², хвостохранилища — 47,1 км². Мощность отложений в отвалах достигает 110 м.

В городах Киеве, Днепропетровске, Днепродзержинске и Запорожье техногенные отложения представлены в основном насыпными и намывными разновидностями. Участки их распространения существенно изменяют инженерно-геологические условия территории. Например, в г. Днепропетровске такие участки занимают 12 км², в г. Днепродзержинске — 5 км².

В Приднепровье на намывных грунтах широко ведется гражданское и промышленное строительство. Намывные отложения, представленные в основном мелкими песками, формировались при инженерной подготовке пойменных территорий. Средняя мощность их составляет 4—5 м, максимальная — около 11 м (г. Днепродзержинск).

Насыпные отложения большой мощности формируются обычно в балках и оврагах вблизи промышленных предприятий. Они характеризуются неоднородным составом и рыхлым сложением. Мощность их редко превышает 20 м.

Основные причины деформаций зданий и сооружений, возводимых на насыпных грунтах [11.49]: 1) переменная мощность слоев насыпного грунта, что особенно неблагоприятно проявляется при большой разнице сжимаемости насыпных и подстилающих грунтов природного сложения; 2) неравномерная сжимаемость насыпных грунтов в плане и по глубине, что особенно неблагоприятно в случаях разных нагрузок на фундаменты; 3) недоучет при проектировании дополнительных осадок от самоуплотнения грунта, особенно при наличии увлажнения и воздействии динамических нагрузок, а также при наличии органических включений; 4) недостаточная мощность грунтовой подушки; 5) неполная прорезка насыпных грунтов сваями; 6) завышение несущей способности свай из-за неверных прогнозов условий их работы (изменения консистенции грунтов, проявления негативного трения при самоуплотнении, воздействия динамических нагрузок, воздействия технологических растворов и др.); 7) низкое качество грунтовых подушек; 8) назначение конструктивных мероприятий без расчета конструкций на возможные неравномерные осадки.

Практика устройства оснований и фундаментов на насыпных грунтах показывает, что при достаточном инженерно-геологическом обосновании эффективными методами их подготовки могут быть: а) доуплотнение тяжелыми трамбовками, глубинными вибраторами, глубин-

ными взрывами, грунтовыми сваями из прочного материала; б) устройство грунтовых подушек в пределах деформируемой зоны основания, получаемой послойной отсыпкой местных (щебень, песок, глина) грунтов с последующим их послойным уплотнением укаткой или трамбованием; в) прорезка насыпных грунтов сваями или фундаментами глубокого заложения; г) усиление конструкций фундаментов (монолитные железобетонные ленты, плиты).

В большинстве случаев эти мероприятия не исключают необходимости усиления надфундаментальных конструкций.

Положительный и отрицательный опыт строительства на насыпных грунтах разного происхождения, состава и сложения имеется во всех индустриальных центрах. Необходимо отметить, что с недооценкой свойств насыпных грунтов связаны большие затраты на ремонтно-восстановительные работы, а с недооценкой свойств намытых супесчаных грунтов был связан катастрофический селя, который произошёл 13.03.1961 г. в г. Киеве, когда после прорыва дамбы по тальвегу оврага Бабий Яр на Подол хлынула масса грунта 700 тыс. м³.

Замечено, что планировка территории путем подсыпки и засыпки балок и оврагов затрудняет поверхностный сток и способствует подтоплению прилегающих участков.

Площадь подтопленных участков (уровень грунтовых вод находится на глубине до 2 м) в г. Днепропетровске составляет около 6,3 тыс. га (18,2 % городской территории), а на площади свыше 2 тыс. га происходит интенсивный подъем уровня грунтовых вод (УГВ). В г. Киеве подтоплено 8,7 тыс. га. Техногенный водоносный горизонт формируется в основном на неогеновых красно-бурых глинах, являющихся региональным водоупором. Средняя скорость подъема УГВ здесь составляет 0,39 см/год. Вместе с тем на участках интенсивных утечек из водонесущих коммуникаций подъем УГВ достигает 3 м/год.

Аналогичная ситуация наблюдается в г. Запорожье. Процесс подтопления территории начался еще в 1930-е гг. в связи с созданием Днепрогэса, водохранилища объемом 3 млрд м³, и повышением уровня воды в нем более чем на 35 м. В дальнейшем процессы подтопления развивались под воздействием факторов, типичных для крупных индустриальных городов. Уже в 1980-х гг. актуальным стал вопрос защиты городской территории от подтопления, так как ежегодный ущерб от него превышает 20 млн руб.

Инфильтрация загрязненных вод приводит к изменению качества подземных вод. На отдельных участках в городах отмечено повышение минерализации в 5—10 раз, увеличение содержания азотистых соединений (до 372 мг/л), марганца (до 9,5 мг/л), фтора (до 4,8 мг/л), а также цинка и свинца. Ухудшение качества подземных вод и воды в р. Днепре происходит за счет ежесуточного сброса только в районе г. Днепропетровска, 7,3 млн м³ промышленных стоков. Здесь всего 15 % промышленного водопотребления удовлетворяется за счет оборотного цикла.

С подтоплением и локальным замачиванием лессов и лессовидных суглинков, имеющих в данном регионе мощность до 50 м, связаны процессы просадки грунтов, которые находятся в напряженном состоянии от внешней нагрузки или собственной массы грунта.

Наиболее опасны для зданий и сооружений по абсолютной величине максимальной просадки и по степени ее неравномерности случаи повышения влажности при аварийном замачивании и инфильтрации воды сверху [11.41]. Аварийное увлажнение грунтовой толщи может происходить из точечных, линейных, плоских в плане и объемных источников. Проникая в лессовую толщу сверху, вода распространяется и перемещается сверху вниз и в стороны от источника, образуя

локальную, не всегда симметричную увлажненную зону. На характер формирования и размеры увлажненной зоны влияют фильтрационные свойства грунта, размер источника инфильтрации, напор, неоднородность строения и состава пород, рельеф, наклон отдельных слоев, положение УГВ, водоупоров и прочее.

Способность лессовых пород давать просадку под нагрузкой при замачивании определяет технологию строительства в этом регионе, так как в Запорожской и Днепропетровской областях около 80 % объектов строится в грунтовых условиях II типа по просадочности. Причем на отдельных участках просадка только под нагрузкой собственной массы грунта может превысить 1—1,5 м. С просадками связаны многочисленные деформации конструкций зданий и сооружений. В населенных пунктах Днепропетровской и Запорожской областей таких зданий и сооружений насчитывается свыше 10 тыс. Причиной такой ситуации явился и тот факт, что до середины 1970-х гг. около 50 % зданий и сооружений были построены практически без специальных противопросадочных мероприятий или эти мероприятия оказывались недостаточно эффективными. Допущенные при этом ошибки: занижение значений возможной просадки, недоучет сил негативного трения и завышение несущей способности свай, недоучет вероятности неравномерного замачивания и др. Подобные ошибки не исключены и в настоящее время. Так, уже в середине 1980-х гг. при застройке микрорайона «Тополь» в г. Днепропетровске по ряду зданий была допущена неполная прорезка сваями просадочной толщи, выполнен недостаточный объем мероприятий по защите территории от подтопления, в конструктивных решениях не была учтена возможность неравномерных осадок, что в конечном счете привело к деформациям зданий и сооружений и большим затратам на ремонтно-восстановительные работы. В другом случае деформации комплекса зданий на одном из заводов в г. Днепрорудное Запорожской обл., кроме отмеченных выше причин, были обусловлены нарушениями технологии строительства, состоящими в периодическом затапливании котлована вблизи здания административно-бытового корпуса и низком качестве уплотнения грунтовой подушки под фундаментом столовой.

Вопросы проектирования и строительства в грунтовых условиях I типа по просадочности, а также II типа (при просадке под действием собственной массы до 15 см) к настоящему времени можно считать в принципе решенными, и задачи заключаются только в выборе и реализации наиболее экономичных вариантов оснований и фундаментов. При просадочной толще более 15—20 м и просадке под влиянием собственной массы более 25 см возникают дополнительные трудности. Поэтому в последнее время особое внимание уделялось решению именно этих вопросов.

На современном уровне фундаментостроения применяются такие методы [11.37]: устранение просадочных свойств грунтов предварительным замачиванием, в том числе с гидровзрывом; уплотнение грунтов сверхтяжелыми трамбовками массой 15—25 т (в перспективе до 100 т); создание грунтовых подушек с элементами жесткости; глубинное уплотнение грунтов с проходкой скважин тяжелыми снарядами или взрывом, с последующей набивкой их материалом необходимой прочности; проведение мероприятий для снижения сил негативного трения (антифрикционные обмазки, эластичные оболочки) при использовании свайных фундаментов; закрепление грунтов путем нагнетания силиката натрия или других растворов. Все это не исключает необходимости применения дополнительных конструктивных мероприятий. Для выравнивания деформированных зданий проводят регулируемое замачивание оснований или поддомкрачивание строительных конструкций.

Защита отдельных подземных сооружений от подтопления грунтовыми водами обычно обеспечивается гидроизоляционными покрытиями, что мало эффективно, или устройством пластовых и пристенных дренажей. Защита ранее построенных объектов эффективно осуществляется с помощью лучевых дренажей. Для защиты городских территорий, даже в слабopроницаемых грунтах, хороший эффект может дать горизонтальный систематический дренаж. Например, дренаж в пос. Долгинцево, вблизи г. Кривого Рога, построенный в 1979 г. в лессовидных обводненных суглинках.

В целом проблема защиты урбанизированных территорий, отдельных зданий и сооружений в регионе еще далека от разрешения. Наряду с другими воздействиями увеличение влажности и обводненности грунтов вблизи крутых склонов оврагов и балок приводит к активизации гравитационных процессов. В этом отношении характерны территории городов Киева и Днепропетровска, где на склонах крутизной и более 15° развиваются крупные оползни, размерами до 500×600 м и более. Общая площадь оползневой зоны в г. Киеве достигает 4 тыс. га. Около 40 % этой зоны имеет техногенный характер, хотя борьба с оползнями не прекращается с XI—XII вв. и осуществляется путем выполаживания склонов, сооружения подпорных стенок (общей протяженностью около 5 км), организации поверхностного стока, дренирования подземных вод (общая протяженность дренажных систем около 45 км, а суточный объем дренажных вод около 10 тыс. м³), облесения. Затраты на стабилизацию склонов составляют много миллионов рублей (детальной схемой защиты г. Киева от опасных геологических процессов к 2000 г. предусмотрены затраты 397,4 млн руб.). Несмотря на это, за послевоенный период на территории г. Киева произошло свыше 300 смещений оползневого характера, и к концу 1980-х гг. из 120 крупных оползней только 25 % можно считать полностью стабилизировавшимися.

Для таких городов, как Киев и Днепропетровск, характерны процессы, связанные с подземным строительством пещер, дренажных штолен, метрополитена. При проходке подземных выработок зафиксированы случаи прорыва плывунов и механической суффозии, вывалы блоков пород, пучение глин, сдвигание пород и проседание поверхности земли, дегидратационно-гравитационные оседания. С этими процессами связаны деформации зданий Киево-Печерской лавры, Андреевской церкви и многих объектов современной постройки.

В районах разработки железорудных и марганцеворудных месторождений Украинского щита широко развиты процессы нарушения напряженного состояния массивов горных пород при проходке подземных горных выработок. Например, в Криворожском бассейне, где имеется 24 шахты для добычи железной руды (глубиной от 300 до 1200 м), площадь шахтных полей достигла 74,5 км², а суммарная площадь зафиксированных участков оседания земной поверхности — 16,4 км². В Никопольском марганцеворудном бассейне суммарная площадь подработки составляет 47,1 км².

Откачка воды из шахт и карьеров приводит к депрессионному характеру режима подземной гидросферы.

Донбасс. Повышение геодинамической активности наблюдается на территориях всех крупных городов. В Донбассе, где 86 % городского населения, неблагоприятные процессы, осложняющие строительство и эксплуатацию промышленных и гражданских объектов, связаны со следующими факторами: 1) разномно-блоковой структурой массивов горных пород с волновым характером перемещения блоков; 2) крутым падением многослойной, литологически неоднородной и неравномерно выветрелой толщи каменноугольных отложений; 3) подработкой территории горными выработками, в том числе наличием заброшенных

мелких выработок на незначительных глубинах (20—30 м); 4) близким к поверхности залеганием растворимых пород на окраинах Донбасса (соль, гипс, известняк), что при изменении гидродинамического режима способствует развитию карста (особенно в районах Карфагенского и Славянского рассолопромыслов); 5) широким распространением и значительными мощностями (до 128 м) насыпных отложений разного происхождения, состава и свойств (отвалы из шахт и карьеров, хвостохранилища, отходы металлургической и химической промышленности и др.); 6) формированием депрессионных воронок за счет откачки из шахт свыше 0,5 млн м³ воды в сутки; 7) загрязнением поверхностных и подземных вод стоками предприятий; 8) подтоплением свыше 30 % городских территорий.

В украинской части Донбасса добывается ежегодно свыше 200 млн т угля, извлекается более 400 млн т породы, откачивается около 1 км³ воды. Площади, подработанные горными выработками, составляют около 8,25 % территории Луганской и 7,83 % Донецкой областей. Подработка ведется не только вблизи, но и в границах населенных пунктов. Сдвигание массивов горных пород, вызванное подработкой, сопровождается образованием мульд проседания и провалов поверхности, трещин растяжения, зон сжатия и дробления пород, что приводит к деформациям существующей застройки и усложняет новое строительство. Проникновение метана по трещинам в подвалы жилых домов и подземные сооружения создает дополнительную опасность. Увеличение затрат на строительство над горными выработками в Донбассе превышает 130 млн руб. в год, и 20 млн руб. ежегодно расходуется на послеосадочный ремонт. Увеличиваются и другие затраты. Например, за последние 15—20 лет расходы на водоподготовку для питьевого водоснабжения увеличились в 1,5—2 раза.

Одним из ведущих процессов, изменяющих инженерно-геологические условия городов Донбасса, является техногенное осадконакопление. Только от горнодобывающей промышленности в отвалы ежегодно поступает около 25 млн т отходов, которые сокращают площадь плодородных земель. В Донецкой обл. техногенное осадконакопление в среднем происходит со скоростью 10 см/год. Площади карьерных полей здесь превышают 130 км², а площади, занятые различными отвалами и терриконами,—свыше 220 км². В г. Донецке площади, занятые терриконами, составляют 15 км². Важно и то, что породы терриконов, подвергаясь физическому и химическому выветриванию, переносятся на большие расстояния, загрязняют атмосферу, почвы, поверхностные и подземные воды. Некоторые терриконы содержат до 30 % угля и 6 % серы, что способствует самовыгоранию. При этом температура внутри террикона достигает 1200 °С, и при попадании ливневых вод иногда происходят взрывы.

Рекордную высоту и объем имеет террикон шахты Привольнянской в Луганской обл. (128 м и 2200 тыс. м³).

Проводимые в настоящее время работы по рекультивации и образованию биологически активного субстрата на отходах горнодобывающей промышленности остаются пока сложными и дорогостоящими, поэтому все большее значение приобретает забуртовка отработанных пространств, в том числе с разборкой старых терриконов.

Интенсивное развитие техногенного осадконакопления и литогенеза в Донбассе происходит также за счет промышленных отходов в виде шлаков, зол, хвостов обогатительных фабрик, отходов химической, металлургической, пищевой и текстильной промышленности, а также за счет хозяйственно-бытовых отходов. Процесс накопления и преобразования их приводит как к изменениям состава и свойств грунтов верхней части литосферы, так и к изменениям гидрохимического режима поверхностной и подземной гидросферы.

Существенные неблагоприятные изменения инженерно-геологических условий при строительном освоении Донбасса связаны с подтоплением. На конец 1980-х гг. в Луганской обл. было подтоплено 31,8 тыс. га, а в Донецкой — свыше 30 тыс. га, причем значительная часть приходится на городские и другие урбанизированные территории.

Потери из водонесущих коммуникаций и нарушения поверхностного стока во многих случаях вызывают повышение УГВ или образование новых водоносных горизонтов (особенно в насыпных грунтах) на глубинах около 1,5 м от поверхности. Это приводит к снижению эксплуатационной пригодности многих тысяч зданий и сооружений. Особенно неблагоприятные последствия техногенных изменений режима подземной гидросферы проявляется в г. Луганске, где площадь подтопленных участков превышает 4 тыс. га. Причем в пойме р. Луганки оказались подтопленными (и периодически затопляемыми) заводские территории.

Площадь подтопленных участков в г. Донецке составляет 5180 га (31 %), а в г. Макеевке — 1690 га (42 %).

Моноклинальное залегание неоднородных пород и небольшая мощность покровных четвертичных отложений в центральной части Донбасса создают специфическую пестроту в образовании локальных водоносных горизонтов на территории с депрессионным режимом подземной гидросферы. Известны случаи, когда в контурах одного здания выделялись уже подтопленные и неподтопленные участки.

Высокая проницаемость трещиноватых пород (песчаников, алевролитов и др.) способствует активному загрязнению водоносных горизонтов за счет интенсивной инфильтрации поверхностных и грунтовых вод.

Высокая степень загрязнения поверхностных и подземных вод — источников питьевого водоснабжения — происходит за счет откачки и сброса высокоминерализованных шахтных вод, промышленных стоков металлургических, химических и других предприятий. Общая минерализация шахтных вод, поступающих в отстойники, составляет от 6,0 до 29,0 г/л.

Загрязняющее влияние таких химических комбинатов, как «Краситель» (г. Рубежное), «Азот» (г. Северодонецк) и «Лиссода» (г. Лисичанск), проявляется на площади свыше 150 км² и на глубинах более 50 м. Минерализация грунтовых вод непосредственно на территории этих предприятий местами увеличивается до 30—50 г/л. Опасность представляют также случаи утечек или аварийных прорывов загрязненных вод из шламонакопителей и отстойников.

С откачкой более 500 тыс. м³ воды в сутки из 300 шахт Донбасса связаны процессы дегидратационно-гравитационного оседания некоторых участков поверхности, которые в сочетании с оседаниями при обрушении кровли отработанных угольных пластов приводят к многочисленным случаям деформаций. Это наблюдалось при подработке сооружений прокатного производства Донецкого металлургического комбината, моста через р. Кальмиус, здания института ДонНИИЧермет, здания брикетной фабрики и десятков жилых домов.

На склонах глубоких балок и оврагов нередки проявления гравитационных процессов. Например, в г. Лисичанске насчитывается 25 крупных циркуобразных оползней, площадью до 15 тыс. м² и объемом 20—30 тыс. м³.

Окраинные части региона представляют собой закарстованные территории. В юго-западной части карст приурочен к пермской гипсово-ангидритовой толще и нижнекарбонным кавернозным известнякам и доломитам, а в северной — к меловым породам. Опасные проявления карста, активизированного в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека, чаще всего наблюдаются в виде разруше-

ния дамб обвалования прудов-отстойников, шламонакопителей, реже — в оседании железнодорожных насыпей. В районе г. Славянска, где длительное время действовали рассолопромыслы, образовались карстовые воронки диаметром до 50 м, глубиной 4—9 м и мулды проседания диаметром до 3 км. В настоящее время здесь создана гидротехническая система для защиты геологической среды от подтопления и засоления. Эта система должна также обеспечить поддержание лечебных свойств воды в озерах курорта.

Геологические особенности Донбасса определяют необходимость применения при изысканиях эманационной, магнитометрической и газовой (метан, углекислый газ) съемок, электропрофилирования, глубокого бурения и выполнения большого объема полевых испытаний свойств элювиальных и насыпных грунтов. В последнее время при строительном освоении много внимания уделяется выявлению так называемых геодинамических зон, представляющих собой сложно построенное в пространстве современное поле напряжений, и комплексному структурно-геодинамическому крупномасштабному картированию.

Важная и трудно решаемая задача при изысканиях на подрабатываемых территориях — определение зоны изменения свойств грунтов и параметров этих изменений, так как снижение показателей прочностных и деформационных характеристик может достигать 20 %.

При исследовании коры выветривания карбоновых отложений возникает необходимость изучения пород по зонам: глыбовой, обломочной, тонкого дробления.

Особенностью строительства на подрабатываемых территориях является то, что неблагоприятными в отношении работы конструкций оказываются скальные и плотные глинистые грунты.

Снижение геодинамической активности, связанной с подработкой, проще всего достигается путем полной закладки выработанного пространства, как это выполнено в центральной части г. Донецка. В конкретных случаях снижение влияния горизонтальных и вертикальных подвижек горных пород достигается конструктивными мероприятиями, устройством подушек в основаниях под фундаментами, а также такими методами, как поддомкрачивание, регулирование высоты свайных оголовков, вдавливание фундаментных плит и др.

Днепроовско-Донецкая впадина. В связи с гражданским и промышленным строительством на осваиваемых территориях Днепроовско-Донецкой впадины развивается комплекс инженерно-геологических процессов: происходит обмеление речных русел, повышение отметок (подъемка и намыв до 3—5 м) пойменных участков, снижение активности эрозийных процессов и сокращение общей протяженности эрозийной сети, повышение устойчивости склонов. Например, в г. Харькове общая площадь заболоченных участков за последнее столетие сократилась с 20 до 3,4 км², а общая протяженность балок и оврагов уменьшилась на 26,7 км (13,5 %); глубина регулируемых плотинами рек (Уды, Лопани, Харькова, Немышля) снизилась до 0,5—1,5 м [II.110].

Характерной особенностью подземной гидросферы данного региона является ее сравнительно быстрая реакция на техногенные воздействия [II.85, с. 147—148], которая отмечается в снижении или повышении уровней подземных вод, изменении их химического состава и, как правило, повышении агрессивности к бетонам. Глубина воздействия может быть представлена несколькими этапами. В г. Харькове четко выделяются три этапа воздействия на подземные воды. В сеноман-нижнемеловом и юрском водоносных горизонтах, используемых для централизованного водоснабжения (глубина залегания 600—1000 м), максимальное снижение пьезометрических уровней составляет 100—130 м при темпах снижения 3—4 м/год. Бучак-каневский и мело-мергельный водоносный горизонты, залегающие на глубинах 20—100 м,

имеют снижение соответственно 15—20 и 50—60 м/год. Наибольшему влиянию техногенных факторов подвержены водоносные горизонты палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений, так как на многих участках при застройке ухудшается поверхностный и подземный стоки, нарушается естественный режим влажности (за счет поливов, асфальтовых покрытий, потерь из водонесущих сетей и др.) и, как следствие, повышается УВГ или возникают новые водоносные горизонты.

В г. Харькове с засыпкой балок связано подтопление многих участков (например, микрорайон 656 на Салтовском жилом массиве). При намыве песков в пойме р. Харькова образовался новый водоносный горизонт на участках строительства микрорайонов 519 и 522, что в свою очередь способствовало развитию подтопления на более высоких террасах. Облицовка набережных в центральной части города привела к повышению УВГ и затоплению подвалов зданий на прилегающих участках. Отмечаются отдельные случаи барражного влияния свайных фундаментов при большой протяженности свайного поля и заглублении свай в водоупорные слои. В целом по территории г. Харькова площадь подтопленных участков за последние два десятилетия увеличилась с 2 до 10 тыс. га. Соответствующие темпы развития подтопления отмечены и в городах центральной части региона — Полтаве, Лубнах, Хороле, Карловке, Краснограде и др. Причем природные факторы — неоднородность лессовой толщи по водопроницаемости и близкое к поверхности залегание водоупора — являются только способствующими.

Накопленный опыт строительства позволяет сделать вывод о том, что гидрогеологические условия городских территорий в Днепроовско-Донецкой впадине имеют природно-техногенный характер и отмечаются повышением уровня, снижением амплитуды сезонных колебаний и повышением степени минерализации грунтовых вод, образованием локальных водоносных горизонтов. Это вызывает необходимость осуществления специальных мероприятий для защиты территорий, отдельных зданий и сооружений от подтопления. Наиболее эффективным для локальной защиты строящихся объектов на лессовых террасах является пластовый дренаж, а для защиты объектов существующей застройки — кольцевой или лучевой дренажи. Для защиты территорий чаще всего применяются комбинированные дренажи.

В данном регионе распространены просадочные грунты в основном I типа грунтовых условий по просадочности, но на отдельных участках встречается и II тип с просадкой грунтов под влиянием собственной массы до 15 см. С подтоплением связано обводнение и ослабление структурной прочности лессов и лессовидных суглинков. Нарушаются водно-коллоидные и неводостойкие цементационно-кристаллизационные связи и снижается молекулярно-контактное сцепление. Снижение их несущей способности приводит к удорожанию нового строительства или деформациям и снижению эксплуатационной пригодности построенных зданий и сооружений. Поэтому на участках с мощностью просадочных грунтов более 5—6 м строительство ведется преимущественно на свайных фундаментах, прорезающих просадочную толщу. При меньшей мощности просадочных грунтов широко применяется подготовка оснований трамбованием.

С проходкой наземных и подземных выработок в городах повышается активность процессов и явлений, вызванных изменением напряженного состояния массивов горных пород. Еще в конце XIX в. были отмечены проседание и провалы земной поверхности над древними подземными ходами в городах Харькове и Полтаве (отдельные проявления наблюдаются и в настоящее время).

В последнее время увеличение количества случаев проседаний и

провалов связано со строительством коллекторов большого диаметра и метрополитена. Были зафиксированы проседания до 140—160 мм. Такие процессы характерны для участков, где проходка осуществляется с водопонижением, и они имеют в основном дегидратационно-гравитационный характер. На участках, где происходят неожиданные вывалы или вынос обводненных грунтов в тоннель, процессы имеют провальный характер (например, у киноконцертного зала «Украина» в г. Харькове). Для устранения образовавшихся пустот и исключения возможности провалов обычно проводится тщательное торкретирование бетоном затюбингового пространства или нагнетание заполняющих и закрепляющих растворов через скважины.

На состоянии грунтов в основаниях зданий и сооружений большое негативное влияние оказывают вибродинамические нагрузки. Например, деформации корпуса цеха окомкования Полтавского горно-обогатительного комбината (г. Комсомольск), где произошли дополнительные осадки (20 см) свай, погруженных в мелкие водонасыщенные пески.

Предкарпатский регион. В данном регионе наиболее широко распространены инженерно-геологические процессы, связанные с нарушением режима подземной гидросферы и нарушением напряженного состояния массивов горных пород.

Нарушения режима подземной гидросферы чаще всего связаны с развитием горнодобывающей промышленности. В районах распространения известняков, гипсов и ангидритов тортона и сармата, мергельно-меловых пород верхнего мела, каменной соли, залегающей в толще глин молассовой формации, интенсивный водоотлив из открытых и закрытых горных выработок приводит к созданию депрессионных воронок и активизации карстовых процессов. Это характерно для Стебникского и Калуш-Голынского месторождений калийных солей, Язовского месторождения серы и др. Общая площадь депрессионной воронки в Предкарпатском сероносном бассейне достигла 100 км² при объеме водоотлива 62,3 млн м³/год.

Дополнительными импульсами в развитии карстовых процессов застроенных территорий были потери из водонесущих сетей, прудов-накопителей и хвостохранилищ. Активизация карста и связанных с ним проседаний и провалов наблюдаются в городах Немирове, Тереховле, Гусятине, Залещиках и др. Техногенная активизация карста создает угрозу гражданским и промышленным сооружениям юго-западной части г. Львова. Из разряда весьма неустойчивых к разряду катастрофических перешли участки, расположенные в зоне влияния карьера Язовского месторождения серы (площадь карьера превышает 3 км²). Здесь расположен поселок и санаторий «Шкло», западная часть г. Новояворска, промышленные, транспортные и другие сооружения. В районе разрабатываемых полей Калушского месторождения калийной соли наблюдаются интенсивное оседание поверхности, измеряемое несколькими метрами (прогнозируемое 7—9 м), с образованием бессточных обводняемых и заболачиваемых понижений. Как при интенсивном водоотливе и оседании поверхности вблизи наземных и под наземными выработками, так и при произвольном затоплении отработанных выработок происходят существенные изменения гидродинамического и гидрохимического режимов, что, безусловно, активизирует процессы карстообразования. Так, на территории рудника «Калуш» за период с 1975 по 1986 г. произошло шесть крупных провалов. Были разрушены склады готовой продукции и деформировано здание административно-бытового корпуса химической фабрики рудника. На участке Хотинского поля этого рудника отселению и сносу подлежит около 200 зданий.

Отрицательное влияние на гидрохимический режим подземных и поверхностных вод оказывает строительство на закарстованной терри-

тории хвостохранилищ и складов с отходами химического производства. Нарушения при строительстве и эксплуатации хвостохранилища Стебникского калийного завода привели к разрушению и выбросу 5 млн т отходов с минерализацией около 300 г/л. В результате были загрязнены воды рек Быстрицы, Днестра и подземные воды в бассейнах этих рек. Нанесен материальный ущерб промышленности и сельскому хозяйству в 62 млн руб. (общий экологический ущерб значительно больший).

Изыскания и строительство на закарстованной территории имеют ряд особенностей. Важнейшим является соблюдение этапности в выполнении работ, т. е. последовательный переход от изучения фондовых и топографических материалов к рекогносцировочному обследованию, геофизическим и буровым работам с последовательным сгущением сетки изученности участка застройки. При проектировании и строительстве зданий и сооружений обычно исходят из двух основных требований [II.113]: предотвращения возможности катастрофических разрушений и обеспечения рентабельности строительства. Соблюдение этих требований гарантируется выбором под застройку наименее опасных участков и применением специальных мероприятий, которые делятся на два основных вида: влияющие на естественный ход карстовых процессов (противофильтрационные завесы, организация поверхностного стока, закрепление массива и заполнение карстовых пустот тампонажными растворами и др.) и защищающими (усиление конструкций и фундаментов).

Наличие в зоне влияния инженерно-хозяйственной деятельности переслаивающейся толщи суглинков и песков озерно-ледникового происхождения, подстилаемых нижнесарматскими монтмориллонитовыми глинами и прослоями песков, создают условия для развития оползней различной формы и глубины захвата. Так, на территории г. Черновцов выявлено 64 оползневых участка. В центральной и юго-западной частях города в последнее время в результате активизации оползневых смещений разрушено около 30 жилых домов и нанесен серьезный ущерб четырем промышленным предприятиям. Ежегодный материальный ущерб составляет более 3 млн руб.

Весьма интенсивны оползневые процессы в Тернопольской и Львовской областях. Здесь только в трех административных районах зафиксировано свыше 300 оползневых участков общей площадью около 750 км². Причина оползней заключается в основном в подрезке склонов и обводнении грунтов на них. Поэтому главные мероприятия по борьбе с оползнями состоят в выполаживании или террасировании склонов, осушении или защите от обводнения массива горных пород. При проектировании также учитывается возможность приложения дополнительных статических или динамических нагрузок как на отдельные слои, так и на массив в целом, и необходимость строительства удерживающих сооружений.

Причерноморская впадина. Интенсивный уровень строительного освоения с высоким воздействием на окружающую среду, а также природные особенности этой среды предопределили здесь развитие целого комплекса инженерно-геологических процессов и явлений. В числе наиболее опасных необходимо выделить изменения режима подземной гидросферы и оползневые процессы.

Известно, что в некоторых городах данного региона за последние два десятилетия существенно (в среднем на 10—20 м, а во многих пунктах на 30—40 м) снизились уровни артезианских вод.

Средний отбор подземных вод по Крыму превысил запасы на 215 тыс. м³/сут, а по Одесской обл.— на 396 тыс. м³/сут.

В г. Мелитополе пьезометрический уровень снижен почти на 80 м, а диаметр депрессионной воронки достиг 60 км. Основное влияние на

формирование депрессии оказал интенсивный водоотбор из палеоцен-среднеэоценового водоносного горизонта и водопонижение в районе Белозерского железорудного месторождения.

С интенсивным водоотбором связано не только ухудшение качества подземных вод, но и повышение активности развития глубинного карста.

Одновременно с этим в крупных городах с развитой сетью водонесущих коммуникаций отмечается формирование новых (техногенных) водоносных горизонтов. Примером может быть г. Одесса, где в течение многих лет общие потери из водонесущих коммуникаций составляли около 25 % [II.16]. С формированием новых горизонтов в городах связано затопление подвалов, просадки или набухание грунтов, деформации зданий старой застройки, активизация оползневых процессов, а с перетоком техногенных вод в лежащие ниже водоносные горизонты — ухудшение качества подземных вод и активизация карстово-суффозионных процессов. Борьба с подтоплением ведется разными способами, в том числе путем устройства поглощающих скважин и колодцев, дренажных галерей и др. Например, в г. Одессе в качестве пластовой дрены, через которую отводится свыше 60 тыс. м³ воды в сутки, используется слой понтических известняков.

В последнее десятилетие обострилась проблема, связанная с подтоплением г. Бердянска, где из 8265 га городской территории подтоплено 1680 га. В зоне подтопления находится 1750 государственных и частных домов, причем часть из них — в аварийном состоянии. В прибрежной части города ситуация усугубляется нагонными явлениями при штормах, характерными для Азово-Черноморского бассейна. С 1988 г. начаты работы для создания схемы защиты города от опасных геологических процессов.

Интенсивное развитие оползней наблюдается практически по всему побережью Черного и Азовского морей. В зависимости от геологических особенностей этих участков образуются разные морфогенетические типы оползней (ступенчатые, полуцирки, фронтальные, оползневые потоки) с разными глубиной захвата (до 30—40 м) и объемом оползневой массы (до 1,5—2,0 млн м³). Смещение оползней происходит чаще всего по плоскостям скольжения в красно-бурых глинах и понт-мэотических глинисто-карбонатных породах.

Инженерно-геологические исследования [II.85, с. 162—163], выполненные в целях создания схемы защиты городов и поселков побережья Черного и Азовского морей, показали, что оползни приурочены к определенным геодинамическим зонам, а оползневая активность имеет циклический характер.

В Причерноморской впадине отмечены также многочисленные случаи, когда импульсом к нарушению устойчивости склонов была хозяйственная деятельность человека. Примерами крупного ущерба от необоснованных строительных мероприятий на оползнеопасных склонах могут быть такие случаи, как разрушение в 1960—1970 гг. десятков зданий пионерских лагерей на участке сел Юрьевка — Приморская, пансионата «Космос», городских очистных сооружений в г. Бердянске и многих других объектов на побережье Азовского моря.

Борьба с оползнями на освоенных и осваиваемых участках побережья ведется путем устройства берегозащитных сооружений, планировки склонов, организации поверхностного стока, дренирования отдельных участков и устройства удерживающих сооружений. Практикой доказано, что эффективной борьба бывает только в тех случаях, когда выполняется весь комплекс перечисленных мероприятий. При этом затраты на обеспечение устойчивости склонов могут составить 2—5 млн руб. на 1 км (по Одесскому побережью в среднем 3,5 млн руб. на 1 км).

II.2.3. Объекты энергетики

Современный уровень научно-технической революции (НТР) во всех странах сопровождается ростом энергопотребления и энергопроизводства. Глобальный характер НТР обуславливает (согласно экспертным оценкам) удвоение энергопроизводства каждые десять лет. Большинство специалистов полагают, что за период 1980—2000 гг. энергопотребление увеличится втрое. Это может означать, что к 2010 г. человечество израсходует столько же энергоресурсов, сколько их было использовано за всю историю человечества.

Все это обуславливает устойчивый рост влияния энергообъектов на окружающую среду, ее важнейшую часть — геологическую среду. Таким образом, развитие энергетики имеет сегодня не только технико-экономические и социальные аспекты, но и экологические. В настоящее время в структуре энергетической отрасли Украины преобладают тепловые станции, меньшее значение имеют гидростанции и АЭС. Каждый тип станции, взаимодействуя с геологической средой, формирует специфичную геолого-техногенную систему (ГТС), находящуюся в квазистационарном взаимодействии с сопряженными средами — атмосферой, гидросферой, биосферой.

В данном разделе приводится обобщенная эколого-геологическая оценка ГТС тепловых станций и гидростанций. Следует отметить, что эколого-геологическое изучение тепловых электростанций (ТЭС) в Украине до настоящего времени было разрозненным, причем преобладали исследования атмосферных и водных воздействий. Примером комплексного эколого-геологического изучения ТЭС могут быть исследования, выполненные на Трипольской ГРЭС (руководитель Л. С. Галецкий, ответственные исполнители В. И. Почтаренко, В. А. Сляднев). На основании изложенного представляется целесообразным при исследовании влияния ТЭС (ГРЭС) на окружающую среду дать обобщенную характеристику их воздушных выбросов (атмосферохимического влияния) и расширенную характеристику методики и основных результатов отмеченных эколого-геологических работ на Трипольской ГРЭС.

Гидроэнергетические объекты. До недавнего времени считалось, что гидроэнергетика не приносит вреда окружающей среде. При этом, как показывает анализ долговременной эксплуатации Днепровского каскада водохранилищ, не учитывается комплекс их влияния на экологические параметры геологической среды. Основные виды процессов, протекающих в геолого-техногенных системах гидроэлектростанций, могут быть разделены на группы:

1. Гидрогеологические, обусловленные подпором поверхностных вод и региональным повышением уровней подземных вод, прежде всего грунтового водоносного горизонта, а также уменьшением мощности зоны аэрации и снижением ее защитной способности. Следствие этих процессов — усиление взаимодействия поверхностных и подземных вод, ускоренная миграция техногенных загрязнений и увеличение загрязнений как поверхностных, так и подземных вод зоны интенсивного водообмена.

2. Инженерно-геологические, проявляющиеся в активизации экзогенных геологических процессов (оползни, суффозия, просадки и др.). Ведущий фактор изменения инженерно-геологических условий — подтопление в зоне активного влияния подпора водохранилища. Следствием этого является резкое изменение влаготеплопереноса в зоне аэрации, снижение физико-механических свойств грунтов (прочности, сцепления и др.). Комплексное проявление данных процессов в массивах пород речных долин в сейсмоактивных регионах юга Украины сопровождается, по оценкам исследователей Института геологических

наук АН Украины, Института минеральных ресурсов Госкомгеологии Украины, снижением сейсмостойкости сооружений на 1—2 балла.

Новым экологическим аспектом влияния ГЭС на геологическую среду, по нашему мнению, является вторичное перераспределение токсических металлов, радионуклидов ЧАЭС и других АЭС, техногенных соединений при орошении земель, эксплуатации инфильтрационных водозаборов, полей фильтрации и других объектов. В результате происходит формирование техногенных геохимических аномалий в почвогрунтах и водоносных горизонтах зоны интенсивного водообмена, ухудшаются экологические условия формирования поверхностных и подземных вод.

Тепловые энергетические объекты (на примере Трипольской ГРЭС). Установлено, что 90 % общих выбросов в атмосферу составляют продукты сгорания органического топлива, значительная доля которых связана с предприятиями теплоэнергетики. С дымами ТЭС в воздух поступает многокомпонентный загрязнитель, содержащий пылевидную золу, оксиды серы, азота, углерода, бенз(а)пирен и другие полициклические углеводороды, а также ряд тяжелых металлов — свинец, ванадий, хром, никель и др. Территории, прилегающие к станциям, при нарушении режима сгорания топлива интенсивно загрязняются, и проблема защиты их стоит очень остро.

По данным Минэнерго Украины, на 1990 г. эксплуатировались 65 тепловых электростанций. Их годовой суммарный выброс в атмосферу составил 2693 тыс. т, в том числе золы — 579,48 тыс. т, диоксида серы — 1676,7, диоксида азота — 421,4, оксида углерода (только по двум станциям) — 15 тыс. т.

Одним из объектов, негативно воздействующих на среду обитания, является Трипольская ГРЭС, расположенная в 40 км южнее г. Киева. Здесь эксплуатируются шесть энергоблоков, общей мощностью 1800 МВт. Четыре блока работают на угле с подсветкой мазутом, два блока — на мазуте и газе. Объем дымовых газов, поступающих в атмосферу через две трубы высотой 180 м, более 7 952 400 м³/ч. По данным инвентаризации 1986 г., через трубу, технологически связанную с энергоблоками, работающими на угле, в атмосферу за год выбрасывается 35 423 т золы, 87 578 т диоксида серы, 16 139 т диоксида азота. Выбросы через вторую трубу (блоки, работающие на мазуте) составляют 97 т золы, 17 899 т диоксида серы, 4693 т диоксида азота. Оксиды серы и азота поступают в атмосферу без очистки. Видимое отрицательное воздействие ГРЭС на окружающую среду выражается в угнетении лесной растительности и гибели огородных сельскохозяйственных культур (преимущественно огурцов).

Организации Госкомгеологии Украины планомерно наращивают объемы как региональных эколого-геологических работ, так и специальных исследований в пределах отдельных промышленно-городских агломераций, промышленно-территориальных комплексов и отдельных крупных промышленных объектов с неблагоприятной экологической обстановкой. В их задачу входит оценка состояния прежде всего геологической среды, а также сопредельных сред: атмосферы, растительности, поверхностных вод. Таким объектом стала Трипольская ГРЭС, где центральной тематической экспедицией ГлавКГУ Укргеологии (ныне ГПП Геопрогноз Госкомгеологии Украины) для решения этих задач был выполнен комплекс крупномасштабных эколого-геохимических исследований. Геохимическому площадному опробованию подверглись главные составные части природных и техногенных ландшафтов: почвогрунты, природные и технологические воды, донные отложения гидросети, растительность, снежный покров, приземная атмосфера, продукты сгорания. Изучение приземной атмосферы в районе

ГРЭС выполнено НИИ общей и коммунальной гигиены Минздрава Украины.

В качестве научно-методической основы исследований были использованы разработки организаций и научных учреждений Министерства геологии СССР и Минздрава СССР [II.12, II.60 — II.64, II.115]. На первом этапе исследований была составлена ландшафтно-геохимическая карта района, в основу которой положены материалы геолого-съемочных работ, изысканий института Укрземпроект и выполненных авторами настоящего раздела полевых наблюдений. Эта карта послужила основой для определения плотности сети и размещения пунктов эколого-геохимического опробования, а также интерпретации экологических данных. При составлении карты использован опыт ИГФМ АН Украины и Центральной тематической экспедиции ГлавГГУ Укргеология по ландшафтно-геохимическому районированию территорий.

Опробование различных природных сред выполнено в два этапа: на первом — непосредственно на площадке и прилегающей к ней территории, на площади 10 км², по более плотной сети, соответствующей ориентировочно масштабу 1:10 000; на втором — площадь исследований была расширена в целях прослеживания геохимических потоков загрязнения и сеть опробования разрежена до условного масштаба 1:25 000 — 1:50 000. Общая площадь исследований составила 256 км².

Опробование почв и растительности было сопряженным — в каждой точке наблюдения отбор проб из почв сопровождался отбором проб растительности. На территории, непосредственно прилегающей к Трипольской ГРЭС, опробование осуществлялось по сети 1×1 км с детализацией 100×100 м в зоне влияния золошлаковых отвалов. Кроме того, комплексное опробование выполнено в профильном варианте по периметру золошлаковых отвалов с шагом 50 м и вдоль дренажной канавы ГРЭС с шагом 20 м.

Почвы изучались повсеместно по верхнему органогенному горизонту — А₀А₁. По нескольким пикетам опробованы почвенные горизонты по всему вертикальному разрезу, вплоть до почвообразующих отложений, для выяснения степени загрязнения почвогрунтов на глубину. Масса пробы составляла 200 г. Обработка проб выполнялась путем их ситования до получения фракции — 0,07 мм.

Основными объектами биологического изучения были пробы 2—3-летних веток древесной растительности, кора сосны и стебли дикорастущих трав. Для изучения накопления микроэлементов в корневой системе дикорастущих многолетних трав (пырея) выполнено исследование гумусовой составляющей почвенных горизонтов. Материал биогеохимических проб (500 г) подвергался озолению и ситованию. В дальнейшем проводился анализ золы.

В районе Трипольской ГРЭС изучались также различные категории вод. Опробование технологических вод осуществлялось по периметру отстойников с шагом 250 м из дренажной канавы, а также в плане сравнения из отстойников картонно-бумажного комбината. В ходе работ особое внимание уделялось изучению природных вод в зоне влияния золошлаковых отвалов ГРЭС. Опробованию подвергались поверхностные воды р. Стугны, мелкие водоемы и болота, кроме того, подземные воды грунтового водоносного комплекса и подземные воды напорных водоносных горизонтов (централизованное водоснабжение г. Украинки). Для этого использовались эксплуатационные скважины централизованного водоснабжения г. Украинки, наблюдательные скважины ГРЭС, колодцы и эксплуатационные скважины частного сектора, копуши в пойме р. Стугны. При исследовании вод Каневского водохранилища особое внимание уделялось участку складирования топлива ГРЭС и зонам отдыха. Кроме р. Стугны опробовались воды р. Красной и ее притоков, а также р. Бобровицы. Для изучения возможности

изменения макро- и микросостава вод во времени, заверки гидрохимических аномалий, выполнялось режимное опробование на отдельных водопунктах в разное время года (осень — лето).

В ходе полевых работ опробованы донные отложения водных систем. Исследованы основные водотоки района, прибрежная часть Каневского водохранилища, мелкие водоемы в зоне влияния золошлаковых отвалов, а также пруды-отстойники и дренажная канава ГРЭС. Расположение золошлаковых отвалов в долине р. Стугны определило особое внимание к этому водотоку. Река Стугна изучена на отрезке от моста (автомагистраль Киев — Обухов) до устья с шагом опробования 100 м и сгущением до 50 м вдоль правого берега (в зоне влияния золошлаковых отвалов). В пробу отбиралась илесто-песчаная фракция донных отложений прибрежной части водотока. Для изучения распределения загрязнения по профилю реки отобраны пробы вдоль ее фарватера. Опробование донных отложений прудов-отстойников выполнено с шагом 50 м. Обработка проб донных отложений проводилась путем их ситования до фракции $< 0,07$ мм. Для изучения нагрузки, оказываемой станцией на прилегающую территорию (площадь 256 км²), проведено опробование снега по сети 1×1 км.

Учитывая неравномерность распределения загрязняющих веществ в вертикальном разрезе снегового покрова, осуществлялся отбор проб по всей его мощности с площади 1 м², что позволило получить представительную характеристику за период от снегостава до момента опробования. Объем пробы снега обеспечивал получение 10 л талой воды. Снеговая вода фильтровалась через особо плотный фильтр. Полученная твердая фракция (пылевой материал из снегового покрова) взвешивалась, а затем, как и фильтрат, подвергалась полуколичественному спектральному анализу. Кроме того, выполнен полный химический анализ снеговой воды.

Приземную атмосферу исследовали сотрудники НИИ общей и коммунальной гигиены Минздрава Украины. Определены содержания химических примесей в воздухе рабочей зоны ГРЭС и за ее пределами, а также в выбросах труб. Проведены подфакельные и наветренные замеры на разных расстояниях от источника. При выборе мест отбора проб учитывались особенности расположения предприятия, характер и размеры застройки, возможный перечень вредных веществ, выделяющихся при технологических процессах, режим работы оборудования, расход и вид топлива, скорость и направление ветра, атмосферное давление, температура воздуха. Отбор осуществлялся в соответствии с «Руководством по контролю за загрязнением атмосферы» [II.99] аспирационным комплексным хроматографическим методом, основанным на пропускании заданных объемов воздуха через ту или иную поглотительную среду. Продолжительность отбора не превышала 30 мин.

Вокруг основного направления розы ветров непосредственно через рабочую зону станции были проведены газортутные исследования с помощью прибора АГП-01.

Каждый из перечисленных видов исследований сопровождался повторным отбором проб (не менее 25—30 пунктов) для контроля. Опробование топлива и продуктов сгорания проводилось также дважды, с интервалом шесть месяцев, с каждой разовидности отобрано по 30 проб. Изучались уголь и угольный шлак, поступающие в основном из Донецкого бассейна, а из продуктов сгорания — золошлаковые смеси (отвалы, образующиеся около отстойника, по сети 50×50 м, по поверхности и с глубины 1 м) и зола с электрофильтров. Масса проб не превышала 200 г.

Обработка геохимических, литохимических, гидрохимических и био-

геохимических проб осуществлялась по принятой в «поисковой» геохимии методике [11.38].

Пробы почв, донных отложений, коренных пород, сухих остатков вод, аэрозольных примесей в снеге, твердого топлива, шлаков, золы были подвергнуты приближенно-количественному спектральному анализу на 40 элементов. После первого этапа полевых работ наиболее высокие концентрации элементов, образующих контрастные аномалии, резко превышающие геохимический фон или предельно допустимые концентрации и отнесенные к интенсивным загрязнителям, заверены количественными анализами. Использовались методы пламенной фотометрии, нейтронно-активационный, хроматографический и др.

Пробы почв, донных отложений, угля, шлама, золошлаковой смеси и золы с фильтров пылеуловителей дымовых труб по наиболее представительным пикетам и отдельным профилям проанализированы на радиоактивность. В первую очередь все образцы были подвергнуты γ - и β -радиометрическому анализу в целях обзорного изучения распространения загрязнения по всей исследуемой площади, затем для детализации аномалий — количественному и люминесцентному определению урана.

В пробах вод методом жидкостной хроматографии были также определены содержания фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), метафоса, фозолон, рогора, пестицидов из группы хлорорганических соединений ДДТ, ДДД, ДДЭ, ГПХ, ГХЦГ (γ , α) в соответствии с обязательным минимумом ГОСТа и нормами охраны вод от загрязнения.

Для определения химических примесей в воздушной среде пробы анализировались количественно на содержание следующих ингредиентов: взвешенные твердые вещества (пылевидная зола), сернистый ангидрид, оксиды азота и углерода, бенз(а)пирен.

Интерпретация результатов включала:

1. Статистическую обработку аналитических данных по всем опро-
бованным средам с расчетом фоновых (в пределах однородных ландшафтов), минимально-аномальных (для оконтуривания аномалий) концентраций элементов и коэффициентов контрастности K_k аномалий: $K_k = C_{i\max}/C_f$.

2. Выделение по коэффициенту контрастности ассоциаций элементов-загрязнителей.

3. Определение коэффициентов опасности (K_o) или показателей загрязнения (ПЗ) для элементов-загрязнителей по средам, по которым имеются значения предельно допустимых концентраций ПДК (воды, некоторые элементы в почвах): $K_o = iC_{i\max}/ПДК$.

4. Расчет суммарных показателей загрязнения (СПЗ или Z_o) для ассоциаций элементов-загрязнителей, $СПЗ = \sum_{i=1}^{i=n} C_{i\max}/ПДК$. Если по химическим элементам нет данных о ПДК, то $Z_c = \sum_{i=1}^n (K_k - n)$, где n — количество химических элементов, для которых K_k больше 2.

5. Расчет суммарного показателя загрязнения по снегу (Z_p) определялся по формуле: $Z_p = \sum_{i=1}^n (K_p - n)$, где K_p — коэффициент увеличения общей нагрузки загрязнения ($P_{общ}$) в конкретном пункте на единицу площади в единицу времени ($P_{общ} = C \cdot P_n$ мг/(км²·сут)) по отношению к такой нагрузке в фоновых областях: $K_p = P_{общ}/P_{фон}$.

6. Районирование территории по опасности загрязнения: допусти-

мое — Z_c менее 16; умеренно опасное — $Z_c = 16-32$; опасное — $Z_c = 32-128$; чрезвычайно опасное — Z_c более 128. В основу районирования положена классификация химических элементов и веществ по классам опасности: первый класс (наиболее опасный) — мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен; второй класс — бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром; третий класс — барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, аутофенон.

Результаты исследований иллюстрируются комплектом эколого-геохимических карт для различных опробованных сред, а также картами суммарных показателей загрязнения, сводными картами техногенной нагрузки на окружающую среду и районирования прилегающей к ГРЭС территории по степени опасности загрязнения.

Результаты эколого-геохимических исследований по оценке техногенных изменений в районе ГРЭС свидетельствуют, что практически вся обследованная площадь загрязнена широким комплексом химических веществ. Уровень загрязнения отдельных сред или площади в целом зависит от ландшафтных условий и расположения источников техногенной нагрузки.

Наиболее интенсивно и почти по всем средам загрязнены центральные участки площади (промышленная площадка, отстойник, отвалы золошлаков). Самые обширные ареалы образуют элементы-загрязнители (ванадий, литий, молибден, германий, галлий, селен, титан, никель, свинец, кобальт, медь, хром, барий) в наземных частях растений (стебли трав) и снеговом покрове. Особенно контрастны они около золоотвалов и вдоль речных долин, к которым приурочены основные направления местных ветров. В почвенном покрове ареалы фрагментарны, небольшого размера и мало контрастны ($Z_c \approx 8$ — допустимый уровень загрязнения). Маломощные они и по вертикали — 5–10 см. Мало контрастно загрязнение донных отложений гидросети, но чрезвычайно опасного уровня оно достигает в осадках отстойника, особенно по таким элементам, как литий, молибден, свинец, медь, германий.

Подземные и поверхностные воды загрязнены только в районе промышленной площадки. Превышают предельно допустимые концентрации в технологических водах (отстойник, дренажная канава, копуши около золошлаковых отвалов) следующие ингредиенты: сульфат-ион, аммоний, общая жесткость, литий (до уровня промышленных рассолов), молибден, ванадий, медь, цирконий, германий, мышьяк, фтор, селен, ртуть. Воды протекающих в районе ГРЭС рек практически чистые, подземные воды, используемые для централизованного (скважинного) водоснабжения г. Украинки, по качеству соответствуют требованиям ГОСТ.

В водах отстойника обнаружены фенолы (обычно сопутствуют продуктам сгорания углеводородного топлива) и ДДТ (превышение ПДК в 2–4 раза).

Изучение радиоактивного загрязнения почв позволило установить несколько повышенную β -активность почв (свыше 600 Бк/кг). Наиболее загрязнены радиоактивными изотопами (урана, тория) золошлаковая смесь и зола фильтров, где концентрации втрое превышают фон. Повышенные значения радиоактивности отмечены в углях: $(3,3-3,8) \times 10^{-4} \%$. Очевидно, при сжигании углей происходит концентрирование радиоактивных изотопов, перенос их воздушными потоками и сорбция в почвах. Не исключена здесь и «чернобыльская» составляющая.

По данным изучения атмосферного воздуха максимальное загрязнение наблюдается на расстоянии от источника, равном 10–40 высотам трубы. Здесь концентрации СО в отдельных пробах превышают ПДК в 2–3 раза, NO_2 — в 7 раз, пыли — в 3–7 раз. В воздушной среде промышленной площади содержания СО в отдельных пунктах

превышали гигиенические нормы (30 % ПДК рабочей зоны) в 7—12 раз.

В результате проведенных исследований установлен характер и масштабы техногенного воздействия на окружающую среду Трипольской ГРЭС. Определены зоны загрязнения почв, вод, растительного покрова и воздушной среды. Результаты исследований свидетельствуют о том, что в процессе деятельности станции формируются отходы, содержащие широкий комплекс химических элементов, в том числе и токсических. Основным «поставщиком» загрязняющих веществ являются зола и шлаки, которые обогащены такими токсическими элементами, как свинец, цинк, кобальт, ванадий, барий.

Экологически опасные уровни накопления химических элементов в почвах района ГРЭС имеют локальное развитие. Техногенные ореолы тяготеют к золошлаковым отвалам. Четко фиксируется увеличение концентраций многих элементов в верхнем, обогащенном органикой почвенном слое, который представляет собой активную депонирующую среду для токсических элементов.

К золошлаковым отвалам тяготеют также техногенные ореолы в поверхностных водах и донных отложениях, аномальные концентрации элементов в растительности. Техногенная нагрузка, создаваемая пылением золошлаковых отвалов и пылевывосахми в атмосферу, неравнозначна: если в региональном плане создается главным образом слабая и средняя общая нагрузка, то в районе золошлаковых отвалов — максимальная. Наиболее мощный техногенный поток направлен вдоль долин рек Днепра и Стугны и отражает главное направление ветров. Эпицентры техногенных аномалий тяготеют к пониженным частям рельефа.

Комплексирование эколого-геохимической информации по разным природным средам, природным и техногенным компонентам позволило районировать территорию по устойчивости процессов загрязнения. Выделяются площади с устойчивым загрязнением среды в районе золошлаковых отвалов и территории с прогрессирующими, но слабоконтролируемыми процессами загрязнения, которые устанавливаются по нагрузке на снеговой покров.

Разработаны рекомендации по снижению техногенных нагрузок действующей ГРЭС на окружающую среду.

Проведенные исследования свидетельствуют об эффективности применения арсенала методов изучения геологической среды для экологических оценок среды обитания.

II.2.4. Горнодобывающая промышленность

II.2.4.1. Поисково-разведочные и эксплуатационные работы на угольных месторождениях

Рациональное использование богатств земных недр, и в первую очередь энергетического сырья, должно базироваться на комплексной геологической оценке всех компонентов извлекаемой продукции. В этом громадный резерв повышения качества научных и геолого-поисковых работ, а также продуктивности горнодобывающей промышленности.

Известно, что уголь — сырье многокомпонентное. Из одной тонны угля извлекается 700—750 кг кокса, 30—35 кг смолы, 300—320 м³ газа, 10—11 кг сырого бензола, 80—90 кг аммиачной воды. Каждый из этих продуктов является, в свою очередь, источником целого ряда веществ. Так, в смолах содержится свыше 400 различных химических соединений (толуол, нафталин, ксилолы, фенолы и др.). Коксовый газ содержит 25 % метана и 60 % водорода. Сернистые угли, довольно характерные для Донбасса, при сжигании выделяют сернистые соединения в составе дымовых газов. Их можно использовать для произ-

водства серной кислоты. Много ценных минеральных примесей содержится в золе углей: оксиды железа, алюминия, германия, молибдена, ванадия, рения, титана, циркония, никеля, олова и других редких и рассеянных элементов.

В Институте геологических наук АН Украины намечена основная программа исследований палеогеографических обстановок на рубежах наиболее важных геологических событий территории Украины, в том числе эпох углеобразования. Украина является крупнейшей угледобывающей страной. Развернувшиеся работы по палеотектоническим и палеогеографическим реконструкциям, т. е. по реконструкциям географических обстановок геологического прошлого (ландшафтов, морских бассейнов, речной сети, климатических условий и т. д.), дают наиболее полные материалы о характере обстановки осадконакопления и торфонакопления.

Институт геологических наук АН Украины более 30 лет назад стал инициатором создания «Атласа мелкомасштабных палеогеографических карт территории Украины и Молдавии», изданного в 1963 г. под редакцией академика АН Украины В. Г. Бондарчука. Этот пионерский труд не потерял своего значения и сегодня, но сейчас назрела необходимость построить новые карты, новых масштабов, на новом фактическом и научном уровне. Исследования большого коллектива геологов возглавил академик АН Украины Е. Ф. Шнюков.

На территории Украины представлено все разнообразие угольных бассейнов и месторождений, отмечается также большая полнота различных геологических обстановок. Это прекрасный полигон для решения не только региональных, но и общегеологических проблем [II.51].

В настоящее время уже подтверждена перспективность крупных региональных обобщений по палеотектонике и палеогеографии. Они могут быть основой прогноза и поисков угольных месторождений как в известных промышленных районах, так и на новых площадях, а также основой рационального комплексного использования сырья. Выполненные исследования позволяют предложить проведение дальнейших оценочных работ в пределах левобережной части Украины (структурно это древняя Днепровско-Донецкая впадина, расположенная на северо-западном продолжении Донбасса и входящая в состав Большого Донбасса) для подготовки данных о прогнозных запасах углей на перспективу добычи их нетрадиционными способами, в первую очередь путем подземной газификации [II.90].

По-видимому, аналогичную политику в исследовании угленосности необходимо проводить в отношении и достаточно изученных мезозойских и кайнозойских (т. е. буроугольных месторождений) образований этой структуры, и малонизученных областей Преддубрудья и западной части Украины.

Одна из главных задач палеотектонических и палеогеографических реконструкций — выявление взаимосвязи угольных и нефтяных месторождений. Угленосные и нефтегазосные провинции структурно совмещены. Между ними намечаются и генетические связи. Захороненная растительная органика в результате глубинных преобразований может дать углеводороды, т. е. нефть и газ (вспомним приведенные выше данные о тех продуктах, которые можно получить из угля в результате его переработки в промышленных условиях). Естественные лаборатории располагают не менее надежными системами. В этом плане мы выявили (на палеогеографической, палеотектонической и тектонофизической основе) новый тип ловушек углеводородов, приуроченных к зонам растяжения или разуплотнения пород угленосных толщ больших глубин, и обосновали значительные перспективы на газ как Большого Донбасса, так и Складчатого Донбасса [II.87, II.88].

Систематизация детального материала о разрывах в пределах шахтных полей и участков Донбасса позволила И. А. Майдановичу [II.51] установить изменения амплитуд разрывов с глубиной и наметить главные закономерности этих изменений.

Самые общие закономерности распространения соленых (щелочных) углей выявлены А. В. Ивановой на основании реконструкции режимов мелководных морских палеобассейнов не только для разведанных, хорошо изученных участков Западного Донбасса, но и для обширного района Большого Донбасса — Днепровско-Донецкой впадины [II.90].

Реконструкции основной тенденции речной сети Львовско-Волынского бассейна и фрагментов речной сети Большого Донбасса позволили В. Ф. Шульге (1988) определить закономерности изменения формы угольного пласта и его мощности в связи с различными размывами и другими процессами.

Путем палеотектонических и палеогеографических реконструкций получены новые данные для выявления природы внезапных выбросов угля в шахтах Донбасса. Иден А. Н. Сукачева [II.111] о причинах внезапных выбросов в шахтах в результате расщепления ацетилена заслуживают внимания и открывают новые перспективы для окончательного решения сложной, в том числе и социальной, проблемы — борьбы с внезапными выбросами.

Палеотектонические и палеогеографические построения, базирующиеся на комплексе геологических и геофизических данных, направлены на раскрытие основных закономерностей изменения структуры и состава угленосных формаций разных регионов Украины.

Рациональное использование и дальнейшее расширение энергетических ресурсов должно идти по пути дальнейшего освоения и разработки старых районов и расширения перспектив за счет новых. Задача трудная, требующая мобилизации научных и технических сил, новых идей и методов. На сегодняшний день палеогеографические реконструкции угленосных образований различных порядков дают практически неограниченные перспективы и методические возможности.

Рациональное использование угля в качестве энергетического сырья, а также многокомпонентного полезного ископаемого с реализацией максимально полного объема твердого углерода, углеводородов и разнообразных минеральных примесей открывает пути безотходному экологически чистому производству. В перспективе возможен отказ от эксплуатации малоэффективных гидроэлектростанций равнинных рек, прежде всего днепровских гигантов, а также атомных электростанций [II.89]. Днепровские гидроэлектростанции существенно изменили экологическую обстановку в бассейне реки и на прилегающих территориях в сторону ее катастрофического ухудшения. Катастрофа на ЧАЭС убедила всех в том, что атомные реакторы не могут быть экологически безопасными.

Расширяя ареалы развития синезеленых водорослей в искусственных морях равнинных рек, вдоль которых сконцентрированы основные промышленные объекты и сельскохозяйственные угодья страны, мы тем самым создаем угрозу «кислородного голодания» атмосферы и, следовательно, биосферы, увеличиваем массу тех организмов биосферы, которые предшествовали современному видовому разнообразию. Жизнь высокоразвитых живых систем, таким образом, ставится под угрозу. Не прогрессу цивилизации способствуют искусственные моря, а, как показывают данные исследований древних экологических систем, ее резкому повороту в прошлое, к глубокому докембрию, где нет места высшим организмам, тем более — человеку. Не ликвидировав водохранилищ равнинных рек, нельзя ликвидировать продуктовый (энергетический) и экологический кризисы.

Вот о чем свидетельствует опыт реконструкций обстановок былых биосфер или палеогеографических обстановок.

Ликвидация природных болот в результате мелиорации и строительства гидроэнергокомплексов нарушает региональный и планетарный режим водного, минерального, биологического и, в конечном счете, энергетического обмена. Создание искусственных застойных бассейнов и, в результате, болот в чуждых для природы условиях затрудняет обмен энергии и вещества планеты на современном ноосферном этапе ее развития.

Эту проблему необходимо поднимать (прежде всего геологам) в плане планетарных связей вещества и энергии, вещества и структуры. Горнодобывающие предприятия как весьма существенная часть хозяйственных преобразований принимают в изменении баланса вещества, структуры и энергии планетарных сфер исключительно активное участие.

В связи с этим возникает вопрос о том, можем ли мы обойтись без энергии гидроэлектростанций Днепровского каскада? Оценка энергетических ресурсов планеты, захороненных в виде органического вещества в земной коре, позволила заключить, что их достаточно для нормального развития жизни на Земле и современных цивилизаций.

Достаточно ли этих ресурсов в недрах Украины? И здесь можно дать утвердительный ответ.

Максимально полное использование органического топлива от добычи до переработки должно быть ориентировано на следующее. На нефтяных и газовых месторождениях по-прежнему остаются громадные резервы сбережения первичного добываемого продукта. Попутный газ и газоконденсат используются лишь частично. Факелы продолжают гореть не только в отдельных районах Заполярья, но и на Украине. Достаточно много углеводородов теряется и при авариях на скважинах. Кроме того, технология изготовления нефтепродуктов у нас остается наиболее отсталой по сравнению с мировым уровнем и даже с уровнем развивающихся стран. Так, выход высокооктановых топлив из единицы объема нефти у нас составляет всего 15 %, тогда как заводы соседней с нами Турции этот показатель довели до 40—45 %.

Громадны потери при добыче, транспортировке и переработке твердого топлива. В начале раздела приведены характеристики угля как многокомпонентного сырья, усредненные цифры выхода различных продуктов потребления и полуфабрикатов. Остро ставится проблема, как одна из наиболее актуальных при периодически возникающих энергетических кризисах, о максимально полном использовании угольных и горючещланцевых углеводородов в народном хозяйстве (наряду с другими примесями, в том числе минеральными) как попутного продукта, извлекаемого в громадных количествах и засоряющего атмосферу, пагубно влияющего на живые системы.

В углях преобладают углеводороды метанового ряда и их гомологи [11.28, 11.65, 11.83, 11.109]. При катагенезе углей и рассеянного гумусового органического вещества в больших количествах образуется преимущественно метан, по типу Шебелинского месторождения. Примесь тяжелых углеводородов обычно составляет от 1—5 до 15—20 %. Содержание гумусового органического вещества [11.74], соотношение количества газа и твердого горючего вещества в разных углях различны. Для углей Донбасса это соотношение составляет от 15 до 250 м³ газа на 1 т твердого топлива. Газ в угольных пластах находится в свободном и сорбированном состояниях. Содержание свободного газа зависит от пористости и трещиноватости горных пород и углей, от термодинамических условий. Основное количество метана в углях находится в сорбированном состоянии.

Как показали лабораторные исследования и практика горнодобы-

вающей промышленности, газ в свободном состоянии выделяется из угольного пласта на стадии добычи угля и при последующей его транспортировке. Затем следует выделение сорбированных газов, продолжающееся длительное время и зависящее как от состояния различных углеводородов в извлеченных углях, так и от условий его транспортировки, хранения и т. д.

Одновременно с добычей угля извлекается из недр большое количество углеводородов, прежде всего газов. Чтобы представить себе масштабы извлекаемого газа из угольных шахт и разрезов, приведем несколько известных цифр. По Донбассу за 1937—1941 гг. суточный дебит метана составлял 1 280 000 м³/сут или 450 млн м³ при средней глубине горных работ 220 м и количестве газовых шахт в бассейне около 54 %. Количество таких шахт к настоящему времени значительно увеличилось. В связи с этим возросло и количество выделяющегося газа в атмосферу. Для Донецкого и Львовско-Волинского бассейнов, где промышленная нагрузка близка к критической, увеличение загазованности вредными выбросами существенно. Есть шахты с метанообильностью до 100 м³ на одну тонну суточной добычи угля, известны и более значительные цифры.

Учитывая газонасыщенность одной тонны угля из месторождений Донбасса (15—250 м³), можно было бы грубо прикинуть общее количество выделяющегося газа из добытого угля. В бывшем Советском Союзе добыча угля достигала 700 млн т/год. Попутно добывался газ — около 175 млрд м³. В Украине максимальная добыча газа в 1975 г. достигла 68,3 млрд м³. При добыче в Донбассе 200 млн т угля в год количество извлекаемого попутного газа при тех же расчетах может достигнуть 400 млрд м³. Это почти $\frac{2}{3}$ добытого газа из месторождений. Таковы дополнительные источники энергии, которые можно было бы получить, не вкладывая дополнительных ассигнований. В то же время исчезает существенный источник систематического загрязнения атмосферы. Решать вопросы утилизации шахтного газа необходимо немедленно на правительственном уровне. И здесь определяющее мнение в обосновании остается за геологами и горняками.

Концепция комплексной оценки всех видов полезных ископаемых для рационального безотходного использования должна стать определяющей, основой экономической и экологической стратегии.

Предложенное нами геолого-геохимическое определение углей как взаимосвязанной и сбалансированной в соответствии с горногеологической обстановкой системой *углерод — углеводороды* создает возможность научной оценки угля как комплексного сырья для добычи твердого и газообразного, меньше — жидкого топлива (а также различных химических продуктов) и открывает новые перспективы научно-исследовательских и технологических разработок в намеченном направлении. Несмотря на то что об угле знает все человечество с незапамятных времен и успешно его использует в своем хозяйстве, формулировка наиболее общей его сущности затруднена. Это обусловлено прежде всего природой и разнообразием углей, находящихся на разных этапах эволюции преобразования органического вещества в земной коре.

Для улучшения условий работ, предотвращения аварий и использования углеводородов угольных шахт в ряде районов Донбасса, например в Донецко-Макеевском углепромышленном районе, предложено [11.10] осваивать глубокие горизонты комплексно: сначала как газовых месторождений с бурением скважин с поверхности и извлечением газа, а затем как угольных.

После аварии на ЧАЭС, как следует из докладов на XIV конгрессе Мировой экологической конференции (МИРЭК), в энергетике ожидаются сдвиги в сторону альтернативных решений по отношению к атом-

ной энергетике, и в первую очередь строительства энергоустановок на угольном топливе [11.18]. Углем мир обеспечен достаточно надежно, как никаким другим видом топлива. Данные Международного геологического конгресса (1984) показывают, что на долю угля приходится 94 % общих геологических ресурсов и 80 % разведанных запасов ископаемого топлива, тогда как на нефть и газ вместе взятых соответственно лишь 6 и 20 %. По данным докладов XIV конгресса МИРЭК современный уровень потребления угля (и его добычи) обеспечен достоверными запасами на 430 лет, нефти — более 30 лет, газа — 50 лет. В настоящее время спрос на уголь растет, в некоторых странах наблюдается тенденция к увеличению угледобычи. По прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА) цены на уголь к концу 1990-х г. нынешнего столетия заметно возрастут.

Увеличение добычи энергетического сырья — не единственный путь решения энергетических и эколого-экономических проблем как в нашей стране, так и за ее пределами. Развитые капиталистические страны ведут интенсивные поиски снижения энергоемкости производства и достигают в этом направлении больших успехов. Так, за 1973—1985 гг. энергоемкость валового общественного продукта в Японии снизилась на 31,7 %, в Великобритании — на 30,6, в США — на 23 %. Затратный стиль не соответствует прогрессу в этом направлении.

Производство электроэнергии на угле оказалось не только значительно более дешевым, чем на нефти и природном газе, но и более конкурентоспособным по сравнению с атомной энергией. Учитывая то, что ископаемые виды топлива дают 90 % всей потребляемой энергии, остается единственный путь сохранения энергетического и экологического равновесия в ноосфере — путь его более полного и чистого сжигания. Во всем мире ведутся интенсивные поиски наиболее рационального сжигания угля в кипящем слое. В КНР уже работает по этому принципу 600 установок. Повышается степень сгорания угольного вещества, улучшается удаление золы, облегчается очистка дымовых газов от токсических примесей. Нидерланды применяют установки электростанций на 500—750 МВт, работающих на газе, полученном на двух установках, газифицирующих 2000 т угля в сутки каждая.

Бюро информации Министерства энергетики США сообщает, что уголь на ближайшую перспективу остается основным энергетическим сырьем страны. Сравнительный анализ различного энергетического сырья (Германия) позволил сделать Кильскому университету заключение о том, что загрязнение окружающей среды при транспортировке угля гораздо меньше, чем при перевозках нефти и газа. Ежегодно в воды Мирового океана более чем 4000 танкеров выбрасывают 6 млн т нефти. Это громадная экологическая опасность, угроза которой возрастает с каждым годом.

Усовершенствуются топливные установки для сжигания твердого топлива в США. Эти установки экологически чистые; при их эксплуатации улавливаются соединения серы, азота и твердые частицы, а коэффициент полезного действия возрастает до 50 %.

При сохранении тенденции к увеличению добычи угля динамика ее прогнозируется в следующих цифрах. Мировая потребность в твердом топливе с 2 млрд т в 1985 г. возрастет до 4 млрд т к 2000 г.

Традиционно трудной задачей остается оценка и утилизация твердых пород отвалов. С одной стороны, они должны быть оценены как полезное ископаемое, с другой — как загрязнители окружающей среды. Путь — оставлять породы под землей, в отработанном пространстве или использовать как стройматериалы и другое сырье. Зола электростанций сейчас во всем мире используется для покрытия дорог. В этом направлении можно сделать несравненно больше.

Особо в плане экологии, связанной с горнодобывающей промыш-

ленностью, геологическими поисками и разведкой, стоят вопросы катастрофических непредсказуемых явлений — самовозгорание углей в лавах, внезапные выбросы угля и пород, взрывы в угольных шахтах. Они остаются до конца нерешенными. Ущерб экономический и экологический от этих явлений порой невосполним, особенно при человеческих жертвах. Есть цифры размеров ущерба от пожаров в шахтах. За три года (1987—1989) они составили 28 млн руб.

Радикально решить проблему прогноза и борьбы с внезапными выбросами и взрывами в угольных и других шахтах и выработках можно на основании новой модели. Геолого-геохимическая (взрывная) модель внезапных выбросов и взрывов в своей основе отличается от известных тем, что причина провоцирования и развития процесса рассматривается в связи с самопроизвольным распадом критических концентраций в пласте или забое непереломанных энергоемких соединений, прежде всего ацетилена. Разработанная и предложенная для горного массива, она также может пролить свет на причину катастроф, связанных со взрывами и пожарами на нефтяных и газовых скважинах, на нефте- и газопроводах.

Экологические проблемы в угольных бассейнах Украины зависят от технического уровня шахт. Его оценка была выполнена в связи с формированием Программы развития Донецкого бассейна до 1995 г. Устаревшее морально и физически оборудование, устаревшая технология, недостаточная механизация и автоматизация процессов угледобычи — все это те факты, которые не способствуют улучшению условий работы шахтеров, качества продукции и экологической обстановки. Научно-исследовательские работы недостаточно эффективны. Они должны проводиться в направлении комплексного изучения углей, вмещающих пород и содержащихся в них сопутствующих полезных ископаемых и токсических компонентов, в направлении поисков закономерностей распространения сопутствующих ископаемых и вредных компонентов.

Инвентаризация основных производственных фондов угольной промышленности Украины (1986) показала, что из общего объема стоимости машин и оборудования к высшему техническому уровню, соответствующему современным мировым требованиям, может быть отнесено лишь 9,7 %. Общий износ действующего фонда машин и оборудования составил 60,5 %. Из основных технологических процессов к группе, соответствующей высшему техническому уровню по стоимости задействованного оборудования, было отнесено всего 4 %. Запущенность шахтного фонда Донбасса очевидна. Он самый старый в стране. Каждая третья шахта работает свыше 50 лет и только 23 шахты (или 3,3 %) эксплуатируются менее 20 лет. За весь послевоенный период было реконструировано менее одной трети из ныне действующих шахт.

Следствие неудовлетворительного состояния шахтного фонда — низкий уровень производительности труда рабочего, неудовлетворительные технико-экономические показатели на отдельных технологических процессах и запущенность шахтного фонда Донбасса в целом.

В 1988 г. среднестатистическая мощность пласта по добыче угля составила 1,15 м, что в 1,5 раза (и более) меньше аналогичного показателя в других бассейнах Евразии.

В среднем разработки в бассейне достигают глубины 660 м. На горизонтах более 600 м работают 54,5 % шахт, на долю которых приходится 61,2 % всей добычи угля. На глубинах 1000—2300 м добывается 15 % угля (34 шахты — 10,6 %). По прогнозу до 2000 г. наращивание добычи угля приведет к увеличению средней глубины разработки до 800 м и потребует освоение глубин порядка 1400—1600 м. В бассейне 69,3 % шахт относится к третьей категории и сверхкатегорным по газу. На их долю приходится 68,7 % добычи.

Более чем на трети шахт Донбасса разрабатываются пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа. На этих шахтах добывается более трети всей добычи угля. Статистика последних десяти лет показала, что в бассейне в среднем ежегодно происходило 300 газодинамических явлений, большинство из них (208) — в подготовительных забоях, меньше (92) — в очистных. Более 40 шахтопластов в 21 шахте склонны к горным ударам. К 2000 г. предполагается их увеличение до 110—115 шахтопластов.

Большие глубины отработки характеризуются температурой горных пород 45—52 °С. Естественная температура массива пород повышается на 0,5—1 °С в год. В 1988 г. примерно на 30 % шахт 3,6 тыс. шахтеров работали в тепловых условиях, превышающих предельно допустимые нормы.

Эффективные современные средства выемки угля для тонких и весьма тонких пластов практически неразработаны. Забои оснащены морально устаревшим оборудованием. Использование в этих условиях технических средств выемки угля для пластов большей мощности не решило проблемы интенсификации добычи угля, а лишь ухудшило его качество за счет засорения (увеличения зольности, а следовательно, неутилизованных отходов) от присечки вмещающих пород.

Располагая четырьмя технико-технологическими решениями безлюдной (безопасной, экологически чистой!) выемки угля, которые могут быть использованы для пологих пластов мощностью менее 0,8 м, отраслевое машиностроение тем не менее не выпускает соответствующих комплексов. Отрасль работает без технико-экономической перспективы, мало заботясь о комплексном использовании сырья, его выгодной реализации, об использовании современных технологий и разработки новых. В этих условиях новая неоправданная централизация управления сковывает инициативу производственных объединений и шахтоуправлений. Ярким примером этому является неприятие новой (ацетиленовой) концепции внезапных выбросов и взрывов, выдвинутой учеными Института геологических наук АН Украины. Как правильно отмечал в 1989 г. в своем интервью журналу «Дніпро» академик АН Украины Ю. Ю. Глеба, уже давно в стенах штаба науки родилась новая версия природы внезапных выбросов и взрывов в угольных шахтах. Они сопровождаются убытками и человеческими жертвами. Авторы старой теории закрывают на это глаза и пытаются закрыть их нам. «... Казалось бы, необходимо всесторонне проверить гипотезу, дать возможность вести широкие исследования. Но ...». Более пяти лет идет потеря времени, сил и средств.

При сложившейся исключительно сильной централизации управления предприятиями окончательно потеряна возможность решения региональных вопросов энергоснабжения и экологии. Без региональных государственных эколого-энергетических концепций и программ невозможно решение экологических проблем в целом по стране.

П.2.4.2. Эксплуатация железорудных месторождений

В Украине добывается, обогащается и подвергается металлургическому переделу около половины всей железной руды, которая добывалась в бывшем СССР. Это создает крайне напряженную экологическую, экономическую и социальную обстановку в Донецкой, Днепропетровской и Запорожской областях, с которыми связаны основные объемы промышленного производства [П.6].

Экологическая обстановка стремительно ухудшается (по всей вероятности, необратимо) вследствие:

1) отторжения плодородных земель под горные отвалы (рудники, карьеры, шахты, отвалы, шламохранилища и т. д.);

2) нарушения природных гидрогеологических режимов подземных и поверхностных водотоков, обезвоживания больших территорий, подтопления огромных площадей, засоления почв, ухудшения качества питьевых, грунтовых и откачиваемых вод и др.;

3) запыления, загазованности воздушного бассейна и попадания в сферу обитания человека (в воды, почвы, воздух) вредных химических соединений тяжелых металлов, серы, азота, углерода, оксидов железа, кремния и др.

Значительные изменения окружающей среды произошли в Криворожском железорудном бассейне. Экстенсивная эксплуатация месторождений железных руд в бассейне в течение длительного времени обусловила катастрофическое нарушение эколого-геологической обстановки в огромном регионе. В г. Кривом Роге на узкой полосе протяженностью более 100 км отмечается рекордная концентрация гигантских горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, где проживает около 1 млн человек. На долю каждого из них приходится почти две тонны вредных промышленных выбросов, в результате чего г. Кривой Рог вышел на одно из первых мест в бывшем СССР по онкозаболеваниям. Город оказался перед перспективой экологического коллапса.

Отторжение плодородных земель под горные отвалы. Постоянное наращивание мощностей горнодобывающих предприятий, ориентированных на извлечение из недр лишь одного железа, привело к тому, что к концу 1980-х гг. из добываемой горной массы, составляющей около 500 млн т/год, на металлургический передел направляется около 100 млн т. Остальная часть является отходами производства и идет в отвалы и хвостохранилища, которые размещаются на больших площадях, ранее занятых плодородными землями. В настоящее время в хвостохранилищах находится около 2,5 млрд т шламов, которые занимают площадь 7,1 тыс. га. Среднее содержание железа в них 15 %. Карьеры в бассейне занимают 3,9 тыс. га. Площадь под отвалы вскрышных пород и некондиционных руд за последние пять лет увеличилась на 7,5 % и к 1990 г. составляла 6,0 тыс. га. Высота отвалов в среднем составляет 60—70 м, хотя некоторые из них достигли уже стометровой отметки. Длина их 3—4 км, ширина 1,5—2 км. Проектируются отвалы высотой 120 м. Для наглядности отвалы Криворожского бассейна можно представить в виде усеченной пирамиды со стороной основания 7,75 км и высотой 70 м. Общая площадь отчужденных земель к 1990 г. достигла 69,8 тыс. га, тогда как площадь рекультивированных земель не превышает 700 га, т. е. около 1 %.

Таблица 11.25. Отчуждение земель в Криворожском бассейне (в тыс. га) под объекты горнодобывающей промышленности

Распределение земель по объектам	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.
Горный отвод	34,0	34,3	34,5	35,0	34,8	35,8
Промышленное строительство	—	—	—	14,9	14,9	15,3
Отвалы	5,6	5,5	5,1	5,3	5,3	6,0
Хвостохранилища	7,5	7,3	7,2	7,2	7,2	7,1
Карьеры	3,6	3,6	3,9	3,9	4,0	3,9
Зона обрушения	—	—	—	2,9	1,7	1,7
Всего	50,7	50,7	50,7	69,2	67,9	69,8

Примечание. Прочерк в таблице — нет данных.

Данные о распределении площадей горных отводов в Криворожском бассейне приведены в табл. II.25, из которой следует, что в последнее время происходит незначительное отчуждение земель под различные объекты горнодобывающей промышленности. Это свидетельствует о том, что возможности экстенсивного расширения воспроизводства исчерпаны. Продолжение сложившейся технической политики эксплуатации железорудных месторождений приведет к кризисному состоянию, которое будет выражаться в резком уменьшении объемов добычи, несмотря на большие запасы железных руд в бассейне.

Нарушение природного гидрогеологического режима подземных и поверхностных водотоков. Из шахт и карьеров Криворожского бассейна ежегодно откачивается около 50 млн м³ высокоминерализованных вод. В среднем минерализация этих вод составляет 12 г/л, иногда она достигает 28—30 и даже 46 г/л (шахта «Родина», горизонт 610 м). В Криворожском бассейне с увеличением глубины отработки богатых железных руд наблюдается и увеличение степени минерализации подземных вод. Если на горизонте горных работ 100—150 м преобладают гидрокарбонатно-сульфатные воды со средней минерализацией 3 г/л, то на глубине 300 м они сменяются сульфатно-хлоридными, в которых минерализация достигает уже 15 г/л. Глубже 300 м преимущественно распространены хлоридно-натриевые воды, которые наиболее трудно утилизируются. Шахтные хлоридно-натриевые воды наносят значительный ущерб не только Криворожскому горнодобывающему региону, но и сельскохозяйственным угодьям юга Украины. Шахтные воды накапливаются в шламохранилищах горно-обогаительных комбинатов, используются в процессе обогащения, а также сбрасываются в р. Ингулец. Частично эти воды дренируются в залегающие ниже известково-песчанистые отложения сармата и мигрируют на огромные расстояния, засаливая плодородные почвы и поверхностные пресные воды юга Украины.

В 1987 г. в р. Ингулец было сброшено 19 млн м³, а в 1989 г.— 11,8 млн м³ шахтных вод. Минерализация речной воды составляет 2,1—2,4 г/л, во время залповых сбросов достигает 6—13 г/л, что делает ее непригодной для орошения. В результате сброса высокоминерализованных хлоридно-натриевых шахтных вод глубоких горизонтов Кривбасса под угрозой оказалось водоснабжение г. Николаева. Началось засоление земель рисосеющей зоны на севере Херсонской обл. В окрестностях г. Кривого Рога уже сейчас выведено из строя 14 тыс. га орошаемых пойменных земель. Если на них сеять только пшеницу, то даже при урожайности 50 ц/га это означает, что ежегодно мы теряем 70 тыс. т зерна.

Накопление шахтных вод в шламохранилищах, поверхность (зеркало) которых достигает 30 км², не решает проблему их захоронения, так как по мере заполнения объема шламохранилищ требуется их спуск в р. Ингулец ежегодно (зимой). При этом не исключена возможность аварийного сброса вод вследствие разрушения дамб или по иным причинам. В 1987 г. был прорыв 14 млн м³ шахтных вод из балки «Свистуново» через карстовые пустоты в р. Саксагань.

Воды, аккумулярованные в шламохранилищах, непрерывно дренируются в подстилающие осадочные породы, вызывая подтопление и засоление плодородных земель. По данным ВИОГЕМ, дренаж вод с минерализацией 4—5 г/л из шламохранилища Ингулецкого горно-обогаительного комбината (ИнГОКа) составляет 14,5 млн м³/год. Из этого количества 13,3 млн м³ перехватываются и возвращаются по дренажной системе в шламохранилище, а 1,2 млн м³ вод безвозвратно теряются. Часть этих вод—0,5 млн м³—попадает в р. Ингулец, а 0,7 млн м³ по сарматским известнякам мигрирует в направлении Причерноморской впадины. В селах, расположенных южнее шламо-

хранилищ ИнГОКа на 10—30 км, вода в колодцах стала непригодной для питья.

Из шламохранилища Центрального горно-обогатительного комбината (ЦГОКа) дренируются высокоминерализованные шахтные воды в Карачуновское водохранилище — основной источник питьевой воды в Криворожском бассейне. На основе многолетних наблюдений (химические анализы вод), проводимых сотрудниками городской санитарно-эпидемиологической станции г. Кривого Рога В. Я. Сиротиной, В. В. Корсаковым, установлено, что минерализация вод в водохранилище за год возрастает в среднем на 0,1—0,15 г/л. Острота ситуации в какой-то мере сглаживается происходящими время от времени сильными весенними паводками, во время которых объем воды в Карачуновском водохранилище обновляется на 60—75 %, как, например, это наблюдалось в 1978 и 1987 гг. Естественная восстановительная способность речной экологической системы давно исчерпана. Поэтому даже на 80 км сброса соленых вод общая минерализация не снижается, составляя 2—2,5 г/л.

Общий объем дренажа вод из шламохранилищ горно-обогатительных комбинатов в Криворожском железорудном бассейне, которые попадают в реки и засаливают поля, по предварительным данным, оценивается в 14—20 млн м³/год. Это явление неминуемо приведет к экологической катастрофе — резкому ухудшению качества питьевых вод в регионе (население более 1 млн чел.) и выведению из строя плодородных земель юга Украины.

Кроме того, криворожские очистные сооружения перерабатывают 350 тыс. м³ сточных вод ежесуточно (127,5 млн м/год), которые попадают в р. Днепр не до конца очищенными. А из р. Днепра вновь подаются для потребления в г. Кривой Рог, становясь еще грязнее. Для вновь строящегося Долинского ГОКа планируется ежегодно подавать на технологические нужды из Карачуновского водохранилища 34 млн м³ питьевой воды [II. 121].

Запыление и загазованность воздушного бассейна. Выбросы газа и пыли в атмосферу — неизбежные последствия современной технологии добычи железных руд открытым способом. Карьеры, отвалы и хвостохранилища только одного горно-обогатительного комбината ежегодно загрязняют атмосферу 35—39 тыс. т пыли.

Отвалы Криворожского бассейна в зависимости от высоты (45—105 м) выделяют за год 42—65 тыс. м³ пыли [II.71]. В. Д. Гордов приводит удельные характеристики пылевыведения отвалов и сухих пляжей шламохранилища, которые соответственно составляют 0,6—1 и 2,3—6,3 мг/(м²·с). Пересчитывая на пылящие площади отвалов и пляжей хвостохранилищ, получаем цифры, близкие к данным из работы [II.25], а именно: 57—92 тыс. т/год пыли выносится с отвалов. Шламохранилища добавляют еще 30—70 тыс. т железо-кварцевой пыли.

Массовый взрыв в карьере приводит к образованию газопылевого облака объемом 15—20 млн м³. Из него в течение 2—5 ч в радиусе до 2—6 км выпадает от 200 до 500 т пыли. Только от массовых взрывов в карьере пяти горно-обогатительных комбинатов, проводящихся через 7—10 сут, на город выпадает ежедневно до 500 т пыли, состоящей из оксидов железа, кремния и других химических элементов. При взрывных работах у нас используется в основном тротил, от которого уже давно отказались по всем мире. Вследствие этого в газопылевом облаке образуется большой объем токсичных газов еще и от тротила.

Общие годовые выбросы пыли и газа в атмосферу от стационарных источников по Криворожскому бассейну определяются в 1,2—1,8 млн т, что составляет 1,5—2,4 т на каждого жителя г. Кривого Рога. Город буквально утопает в газопылевом смоге, состав которого следующий (в тыс. т): пыль — 207, CO — 902, SO₂ — 98, NO₂ — 37, NH₃ и пр. —

2 [II.25]. Загрязнение воздушного и водного бассейнов города уже давно вышло из-под контроля.

Неконтролируемая добыча (в экологическом отношении) железной руды на криворожских месторождениях без учета реального распределения железорудного сырья в недрах Украины сопровождается загрязнением атмосферы и гидросферы, изменением ландшафта и гидрогеологического режима огромного региона, изъятием из народнохозяйственного оборота больших площадей плодородных земель юга Украины. Все это не может не сказаться на здоровье людей, населяющих этот регион.

Выбросы соединений тяжелых металлов. Большое влияние на ухудшение экологической обстановки в Криворожском железорудном бассейне оказывают наряду с горно-обогатительными комбинатами и шахтами также промышленные гиганты, как металлургический комбинат «Криворожсталь», коксохимический завод, цементно-горный комбинат и другие предприятия города.

Эти заводы выбрасывают в большом количестве со сточными водами и газопылевыми отходами токсические соединения тяжелых металлов, серы, азота, углерода, кремния, железа, марганца, которые заражают воздушный бассейн и природные воды. Автомобильный транспорт загрязняет атмосферу: 75 тыс. т выбросов ежегодно, в которых значительна доля свинца, оксидов азота и углерода. Однако рассмотрение этого вопроса выходит за пределы настоящей работы и является предметом дополнительных исследований.

Уровень заболеваемости населения г. Кривого Рога. Количество профессиональных заболеваний в г. Кривом Роге среди работников горно-рудной промышленности в 20—30 раз выше, чем в Украине в целом. Загрязнение окружающей среды вносит весьма ощутимый вклад в ухудшение здоровья жителей города. Следствием является снижение естественного прироста населения за 15 лет (1974—1989) с 8,1 до 3,7 чел. на 1000 человек; жителей пенсионного возраста меньше, чем по Украине, а также и по Днепропетровской обл. Детская смертность на 5—7 % выше, чем в среднем по республике. По онкозаболеваниям легких г. Кривой Рог вышел на первое место в бывшем СССР. В табл. II.26

Таблица II.26. Динамика онкологических заболеваний легких (II.25, II.26)

Регион	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г.	1986 г.	Рост, %
СССР	20,8	25,8	29,4	34,7	36,0	73
Украина	23,0	29,6	35,7	43,6	44,8	94
г. Кривой Рог	27,0	32,4	41,9	54,0	60,0	120

П р и м е ч а н и е. Количество заболеваний на 100 ты. жителей

приведены статистические данные [II.25, II.26], из которых видно, что таких заболеваний в г. Кривом Роге в 1,34 раза больше, чем в среднем по Украине. Около 10 % населения города больны респираторными и аллергическими заболеваниями, которые постепенно переходят в бронхальную астму. В табл. II.27 приведены данные по динамике заболеваний гипертонией, ишемической болезнью сердца и органов дыхания в двух районах города. Эти данные указывают на зависимость количества различных заболеваний от степени загрязнения среды обитания человека.

Динамика заболеваний такова, что уже в ближайшее время население г. Кривого Рога разделится на две части: больные и те, кто их лечит и ухаживает за ними. Становится очевидным, что расплата за безразличное (преступное) отношение к проблемам экологии неминуемо проявляется в сокращении жизни, увеличении числа тяжелых, порой неизлечимых заболеваний, стремительном росте детских болезней. Даже с точки зрения сугубо технократической, не учитывающей социальных вопросов, полученная таким способом прибавка в конце концов оказывается маловесной. Во-первых, требуются значительные затраты на развитие сети учреждений здравоохранения (поликлиники, больницы, диспансеры); во-вторых, сокращается длительность активного возраста трудящихся; в-третьих, растут затраты на выплаты по нетрудоспособности и инвалидности.

Таблица 11.27. Динамика заболеваний населения Дзержинского и Жовтневого районов г. Кривого Рога (11.26)

Болезнь	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Гипертония	$\frac{32,5}{7,8}$	$\frac{24,3}{9,3}$	$\frac{44,5}{16,9}$	$\frac{53,4}{26,9}$
Ишемическая болезнь сердца	$\frac{9,5}{4,6}$	$\frac{11,6}{7,8}$	$\frac{22,1}{11,1}$	$\frac{25,4}{20,9}$
Органы дыхания	$\frac{44,0}{24,2}$	$\frac{38,5}{44,1}$	$\frac{61,8}{35,7}$	$\frac{72,3}{56,3}$

Примечание. Количество заболеваний на 100 тыс. жителей. В числителе — данные для Дзержинского («грязного») района, в знаменателе — для Жовтневого («чистого») района.

Перспективы стабилизации эколого-геологической ситуации в Криворожском бассейне. В настоящее время на практике осуществляется экстенсивная эксплуатация месторождений железных руд, для которой характерна раздельная добыча бедных руд карьерами, богатых — шахтами. Для нее характерна монотехнология, состоящая в том, что из добытой руды извлекается один полезный компонент — железо. Существует и альтернатива — комплексное использование недр.

Подземная добыча руд с экологической точки зрения более предпочтительна, чем открытая разработка. При подземной добыче практически отсутствует пылевыведение. Площади зон обрушения (1,7 км²) более чем вдвое меньше площадей карьеров. Кроме того, зона обрушения может быть рекультивирована и вновь вовлечена в народнохозяйственный оборот. В г. Кривом Роге уже имеются десятки гектаров зоны обрушения в горном отводе шахты «Гигант», которые рекультивированы и отданы под садово-огородные участки.

Проведенные нами расчеты показали, что выплавка чугуна из агломерата, полученного при обогащении магнетитовых кварцитов, добытых под землей, может быть выгоднее, чем при использовании в качестве металлургического сырья необогащенных железных руд с содержанием железа 53 % [11.54].

Подъемные возможности шахт Криворожского бассейна без реконструкции могут обеспечить годовую производительность подземной добычи 45—50 млн т. Это больше мощности СевГОКа по сырой руде, самого большого горно-обогатительного комбината в г. Кривом Роге.

Сокращение открытой добычи на 40—50 млн т снизит скорость роста отвалов на 15—20 млн м³/год (16—20 %), а также уменьшит количество пыли и газа на 800—1000 т/сут. Однако в настоящее время подземная добыча магнетитовых кварцитов обходится дороже (6,1 руб./т), чем их добыча открытым способом (1,91 руб./т). Приведенные цифры относятся к добыче магнетитовых кварцитов подземным способом. Резервы повышения производительности труда при этой технологии были исчерпаны уже к середине 1970-х гг. [11.53]. Тем не менее задача эффективной подземной разработки магнетитовых кварцитов успешно решена в научном плане. Под руководством академика АН Украины Г. М. Малахова разработана циклично-поточная технология подземной добычи магнетитовых кварцитов на основе современной горной техники. С ее помощью можно достичь повышения производительности труда рабочего в шахте до 27 т/чел.-см., что при годовой добыче одной шахтой 3—7 млн т железистых кварцитов обеспечит их себестоимость 3,6 руб./т [11.56]. Дальнейшее развитие идей поточного производства позволило разработать основные принципы роботоориентированной технологии. Использование этой технологии позволит повысить производительность труда рабочего в шахте до 30—40 т/чел.-см., что обеспечит при годовой производительности шахты 7—10 млн т/год себестоимость добычи магнетитовых кварцитов порядка 1,8—2,1 руб./т [11.55].

При открытой добыче на вскрышных работах должна быть осуществлена селективная выемка глин, известняков, песков, тальковых сланцев, безрудных роговиков, гранитов, окисленных кварцитов и потерянных ранее богатых руд, что связано с организацией нескольких потоков, идущих на переработку или складирование.

Переход к интенсивным технологиям добычи железных руд сам по себе еще не повлияет кардинально на стабилизацию эколого-геологической обстановки в регионе. На наш взгляд, для этого необходим комплекс мероприятий. Важнейшие из них следующие: а) сокращение объемов добычи железных руд; б) расширение подземной и комбинированной добычи; в) введение в эксплуатацию мелких и средних месторождений в других районах Украины; г) увеличение ассигнований на строительство природоохраненных объектов по очистке вод и внедрение технологий по снижению газопылевых выбросов в атмосферу, с тем чтобы их балансовая стоимость возросла в Криворожском бассейне с 5—10 до 50—60 % стоимости основных фондов, как в развитых странах Запада; д) переход к политехнологиям интенсивного, комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов.

Наличие гигантских легкодоступных запасов железорудного сырья в недрах Украины предопределило интенсивное техногенное воздействие на окружающую среду. Деятельность человека в горнодобывающих районах резко изменяет эколого-геологическую ситуацию, что соизмеримо с масштабами действия геологических сил. Добыча нескольких сотен миллионов тонн железной руды ежегодно сопровождается извлечением и перемещением до полумиллиарда тонн горной массы, что приводит к резкому ухудшению среды обитания человека. Загрязнение атмосферы, воды и почвы как в самом горнодобывающем регионе, так и далеко за его пределами приводит к росту заболеваемости и смертности населения, вызывает снижение урожайности и гибель многих тысяч гектаров украинского чернозема. Все это ставит под сомнение целесообразность добычи минерального сырья в таких гигантских объемах. Геологическое изучение экологических проблем эксплуатации железорудных, марганцевых и других месторождений Украины должно быть комплексным и межведомственным, проводиться на основе творческого, высокопрофессионального союза науки и производства, если мы не хотим, чтобы Среднее Приднепровье (Криворожский бассейн и другие районы) постигла судьба Арала.

II.2.4.3. Поиски, разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений

При поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений в значительной мере нарушается экологический баланс недр, почвенного покрова и воздуха. Загрязнителями являются промывочная жидкость, буровой шлам и буровые сточные воды, горюче-смазочные материалы (ГСМ), флюиды при аварийном фонтанировании и испытании скважин, интенсивные нефтегазопроявления, вызванные нарушением состояния консервации залежей углеводородов, герметичности скважин и др.

Рассмотрим лишь наиболее широко распространенные и экологически опасные воздействия на геологическую среду разведочно-эксплуатационных работ на нефть и газ.

Воздействие на геологическую среду при проведении геофизических работ. Нарушения эколого-геологической среды в процессе производственной деятельности геофизических экспедиций связаны главным образом с производством буровзрывных работ. При этом неизбежны образования воронок взрывов, разрушение грунтов, вздутие и трещины почвы, глинизация и загрязнение почв вредными веществами, отравы сельскохозяйственных угодий. Часто возникает необходимость проводить сейсмические исследования на участках наиболее качественных земель, ценных сельскохозяйственных культур, вблизи водоемов, из которых производится забор питьевой воды.

При обработке сейсмограмм применяется фреон, испарения которого губительно влияют на озоновый слой атмосферы. В настоящее время фреону найдена замена — жидкость Ж-1.

Загрязнение водоемов и подземных вод нефтепродуктами (мойка транспортных средств, подтеки масел и бензина) происходит в районах расположения полевых партий, особенно при длительном их базировании.

Основные проблемы природоохранной деятельности в геофизических экспедициях связаны с хранением и использованием радиоактивных источников.

Соблюдение природоохранных мер при геофизических исследованиях снижает степень их отрицательного воздействия на геологическую среду. С этой целью применяются невзрывные источники возбуждения упругих колебаний, сейсмопрофилирование выполняется с максимальным использованием дорожной сети, бросовых и неплодородных земельных участков, удалением от водозаборов, отработкой профилей в соответствующее время года, чем достигается уменьшение потерь (в 1987 г. они составляли 2019 га, в 1988 г. — 1774 га). По возможности применяются разнообразные методики проведения работ: продольно-непродольное профилирование, «широкий профиль», «ломаный профиль» и т. д. При ликвидации последствий взрывов проводится засыпка буровых котлованов, скважин и общая планировка восстановленной территории.

Воздействие на геологическую среду при строительстве скважин. Широко распространенные загрязнители геологической среды. Степень загрязнения геологической среды буровыми растворами зависит от количества и токсикологической характеристики химических реагентов, применяемых для приготовления промывочных жидкостей. К вредным химическим реагентам относятся хроматы, хромлигносульфонаты, углещелочной и флотационный реагенты, хлористый кальций, хлористый калий, каустическая и кальцинированная сода, сернокислородное железо, известь, гипан, гексаметафосфат, фторид и бифторид алюминия, смазывающая добавка и др. Их количество в растворе должно быть минимальным. В настоящее время установлены наименее токсичные поро-

вые и предельно допустимые концентрации (ПДК) отдельных химических реагентов (в мг/л): нитролигнин 0,3—0,5; сульфит-спиртовая барда 0,1—0,2; порошкообразный феррохромлигносульфонат 0,05—0,07; карбоксиметилцеллюлоза 0,3—0,4; барит 50; известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до 50. Для каждого из них установлен лимитирующий показатель вредности.

Буровые шламы пропитываются компонентами отработанного бурового раствора и состоят из пород геологического разреза. В шламе содержатся 0,8—7,5 % нефти, до 15 % общей органики (нефть, углещелочной реагент, конденсированная сульфид-спиртовая барда, карбоксиметилцеллюлоза и др.) и до 37 % утяжелителя. Галогенные разновидности выбуренной породы могут представлять собой серьезный источник загрязнения почв и водоемов. Буровые сточные воды содержат комплекс химических реагентов, входящих в растворы, а также утяжелители (барит, гематит и др.), мелкие частицы выбуренной породы и цементировочный смыв. Их воздействие на окружающую среду аналогично воздействию буровых растворов.

При использовании в бурении горюче-смазочных материалов (дизельное топливо, автосмазла, смазки) загрязняется не только почва, но и воздушное пространство.

Особый вред окружающей среде наносит продукция испытания скважин: нефть, конденсат, газ и пластовые высокоминерализованные воды. Жидкие углеводороды и вода во многих случаях накапливаются в значительных по размерам земляных амбарах. Хозяйственно-бытовые сточные воды аккумулируют в себе всю гамму токсических веществ, имеющих в загрязнителях.

Площадь земельного отвода под одну буровую установку составляет от 2,1 до 3,5 га. При загрязнении 50 % территории объем загрязненного грунта, подлежащего снятию и захоронению, составляет от 1,5 до 2,6 тыс. м³. Рекультивация земель позволяет в значительной степени снизить вредное влияние загрязнений на почву и сохранить плодородие земли.

Аварийные выбросы нефти, газа и воды. Общие сведения и основные причины открытых выбросов флюидов. Аварийные выбросы нефти, газа и воды происходят, как правило, в зонах развития аномально высоких пластовых давлений.

За последние 30 лет в Украине произошло 86 аварийных выбросов нефти, газа и воды (в Днепровско-Донецкой впадине — 43, Предкарпатском регионе — 28 и в Причерноморско-Крымском — 15), иногда сопровождающихся пожарами, человеческими жертвами, выселением людей из населенных пунктов, потерей скважин и природных ресурсов, выводом из строя значительных участков плодородных земель и огромными материальными затратами на их ликвидацию. Большинство из них произошло в разведочных скважинах вследствие нарушения технологии бурения и испытания и лишь 20 % по причинам, не зависящим от исполнителей работ. При аварийных выбросах пластовые флюиды проникают во все проницаемые пласты на пути движения. Происходит их смешивание. При этом загрязняются источники питьевой воды. В атмосферу выбрасывается большое количество отравляющих веществ (CO_2 , H_2S , SO , SO_2 и др.), которые при конденсации пара и выбрасываемой высокоминерализованной воды выпадают на земную поверхность. За одни сутки аварийные скважины часто выбрасывают несколько миллионов кубических метров газа и сотни тонн воды или нефти.

Так, на Глинско-Розбышевском месторождении при вскрытии скв. 125 газонасыщенных пород надсолевого девона с глубины 4548 м произошел выброс промывочной жидкости плотностью 1560 кг/м³. При аварийном фонтанировании скважина выбрасывала до 2 млн м³ газа, 10 тыс. м³ воды и 40—50 т нефти в сутки.

Выброшенная продукция распространяется в атмосфере на значи-

тельные расстояния в аэрозольном виде, засоряет луга, пашни, плодородные земли. Из выброшенной смеси на почвенный покров обильно выпадают соли, нефтепродукты, буровой раствор с химическими реагентами.

Аварийное фонтанирование нефтегазоводяной смесью может продолжаться от нескольких суток до 2—3 лет (например, скв. 61 Степовая — 132 сут, скв. 6 Павловская — 194 сут, скв. 125 Глинско-Розышевская — 197 сут, скв. 10 Матвеевская — 453 сут, а скв. 35 Западно-Крестинская — 661 сут).

Во многих случаях аварийное фонтанирование сопровождается самопроизвольно возникающими огромными пожарами (скв. 11 Рассольная, скв. 35 и 65 Качановские), что сильно усложняет борьбу с выбросами. Большую опасность представляют газовые грифоны (скв. 6 Павловская, скв. 35 Западно-Крестинская, скв. 11 Мелиховская, скв. 21 Рассольная и др.), которые возникают у устьев других скважин и могут вызвать пожар, что наблюдалось, например, на Качановском месторождении).

Дебит скв. 6 Павловская составлял 5—6 млн м³/сут, скорость потока газа в стволе 400 м/с. Потеря газа — более 1 млрд м³. В процессе фонтанирования зачастую происходит выбрасывание из скважины труб, разрушение устьевого оборудования, вышки, раскрытие верхних вод, а быстрый размыв стенок скважины превращает верхнюю часть ствола в кратер, глубина которого достигает иногда десятков и сотен метров. Процесс разрушения происходит со скоростью, не позволяющей демонтировать оборудование, и оно проваливается в образовавшийся кратер. На скв. 3 Стрелковой диаметр кратера достиг 30 м.

Для ликвидации таких аварий требуются значительные материальные и технические ресурсы. Так, на скв. 1 Западно-Медведовской израсходовано 376 т цемента, на скв. 6 Павловской — 1551 м³ утяжеленного бурового раствора, а стоимость работ, связанных с ликвидацией аварии на скв. 10 Матвеевской, достигла 4304 тыс. руб. В особо тяжелых случаях для глушения фонтана необходимо бурение наклонных скважин. Около 40 % аварийно фонтанировавших скважин ликвидируются. Общая причина аварийных выбросов — превышение пластового давления над давлением столба глинистого раствора. Это происходит вследствие бурения скважин с использованием раствора заниженной плотности (37 % аварий) или снижения уровня промывочной жидкости в стволе скважины при подъеме инструмента (30 % аварий). Около 20 % аварийных выбросов произошло при поглощениях раствора и некачественном цементировании скважин. Имеются и другие причины: недостаточная техническая вооруженность буровых установок, отсутствие автоматического контроля за уровнем промывочной жидкости в скважине и своевременным доливом и др.

Зоны аномально высоких пластовых давлений (АВПД). Зоны АВПД развиты во всех нефтегазоносных областях Украины. Глубина их распространения в основном зависит от термальных условий и геологического строения.

В результате термokatалитического разложения органического вещества генерируется большое количество углеводородного газа. Один грамм органического вещества генерирует от 70 до 120 см³ газа. В зависимости от интенсивности генерации углеводородного газа и выделения воды, их миграции из зон АВПД в лежащие выше отложения (за счет низкой плотности газа) увеличивается относительное превышение высокого давления над гидростатическим. Увеличение объема газа и относительный рост АВПД при разгрузке высоконапорных флюидов в вышележащие отложения приводит к их разуплотнению, а при прорыве газа и воды с АВПД на земную поверхность сквозь глинистые толщи — к развитию грязевого вулканизма (Керченский п-ов).

В западных областях Украины зоны АВПД флюидов установлены в разрезах более 40 площадей на глубинах от 600 до 7010 м (в скв. 1 Шевченко). Превышение АВПД над гидростатическим соответственно составляет от 11,0 до 49,9 МПа. На Иваниковской площади давление флюидов (глуб. 4271 м) достигало 98,5 МПа, т. е. превышало гидростатическое на 55,8 МПа. В Закарпатском прогибе на площади Русские Комаровцы пластовое давление (глуб. 3810 м) равно 58,8 МПа.

В Днепровско-Донецкой впадине четко отмечается зависимость интенсивности генерации углеводородного газа с АВПД от мощности отложений с захороненной органикой. В центральной и юго-восточных частях впадины зоны АВПД флюидов установлены более чем на 36 площадях на глубинах от 2259 м (Медведовское месторождение) до 6750 м (Восточно-Полтавское месторождение). На этих глубинах давления флюидов равны 46,0 и 87,9 МПа соответственно. Максимальное давление 113,5 МПа во впадине наблюдалось на Опошнянской площади (глуб. 5824 м). Здесь АВПД превышает гидростатическое на 55,3 МПа.

В Причерноморско-Крымской нефтегазоносной области зоны АВПД флюидов установлены на 22 площадях на глубинах от 1030 м (Мошкаревская площадь) до 4932 м (Борисовская площадь). Здесь давления флюидов соответственно равны 21,0 и 77,5 МПа. Максимальное давление флюидов 96,0 МПа замерено на Марьевской площади (глуб. 4580 м). Превышение АВПД флюидов над гидростатическим давлением достигает 10,0—50,2 МПа.

Меры по предотвращению и ликвидации аварийных выбросов. Основное условие предотвращения газопроявлений при бурении скважин — превышение гидростатического давления промысловой жидкости над пластовым. Чтобы не допускать перехода газопроявлений в открытые фонтаны, необходимо обеспечить герметичность ствола бурящейся скважины. Несоблюдение этих условий приводит к открытому фонтанированию. Разнообразие условий аварийного фонтанирования требует различных приемов их ликвидации, которые могут быть эффективны в одном случае и неэффективны в другом.

Методы борьбы с наиболее мощными и сложными выбросами, сопровождающимися образованием кратеров с жидкостью, по данным УкрНИГРИ, должны базироваться на следующих принципах:

- 1) создание воронки депрессии в призабойной зоне фонтанирующей скважины путем интенсивного отбора газа или нефти через специально пробуренные наклонно направленные скважины; последние бурятся на каждый промышленно-продуктивный горизонт, с которым соединяются через непроницаемые перемычки с помощью гидроразрыва;

- 2) уменьшение давления в стволе фонтанирующей скважины путем отвода из него газа через наклонно направленные скважины;

- 3) создание сопротивлений движению газа в пласте или же в стволе фонтанирующей скважины с последующей изоляцией или закупоркой каналов путем: нагнетания воды или цементирующих растворов в призабойную зону продуктивного пласта; создания в стволе фонтанирующей скважины различного рода закупоривающих пробок; нагнетания воды или цементирующих растворов в призабойную зону продуктивного пласта.

При отсутствии кратеров с жидкостью такие меры борьбы непригодны, так как после снижения призабойного давления ствол не будет заполнен кратерной жидкостью. В этом случае рекомендуется закачка жидкости в призабойную зону через наклонно направленные скважины.

При определенных условиях фонтанирования для создания в стволе фонтанирующей скважины уплотняющих пробок применяются подземные взрывы, нагнетание жидкости с инертными наполнителями (опилки, пакля и др.) и спуск на трубах специальных пакерных устройств.

Природоохранные мероприятия. Перед бурением скважины с земной

поверхности снимают почвенно-растительный слой до глубины 40 см. Почва удаляется на расстояние 400 м и складывается в кагаты длиной по 100—150 м. Откосы кагатов для предохранения от размыва и выветривания засеваются быстрорастущими травами. Площадки под склады либо бетонируются (например, при хранении ГСМ), либо на них укладываются железобетонные плиты. Буровой раствор хранится в железобетонных емкостях, на дне которых укладывается противоперфорационный экран из непроницаемых плит и полиэтиленовой пленки. Жидкие ГСМ и химические реагенты хранятся в металлических емкостях. Буровой раствор используется по замкнутому циклу без накопления и сброса стоков. Верхние водоносные горизонты — источники питьевых вод — перекрываются обсадной колонной с цементированием до устья скважины.

После завершения буровых работ проводится комплекс мероприятий, направленных на восстановление земель. С территории убираются остатки мазута, нефти, химических реагентов, бурового раствора, строительного мусора. Амбары засыпаются с послойной трамбовкой и выравниванием рытвин и ям, возникающих при демонтаже оборудования и сооружений. На освобожденную площадь укладывают почвенно-растительный слой. В случае нарушения сохранности плодородного слоя почвы служба бурения возмещает землепользователю причиненный ущерб, размер которого определяется соответствующими органами.

Для экономии водных ресурсов широко внедряются системы повторного использования буровых сточных вод, чем сокращается расход чистой воды на 40 %. Методы очистки сточных вод — химическая коагуляция, озонирование, распылительная сушка, биологическое разложение, адсорбция, фильтрация, центрифугирование.

Исследованиями установлена высокая эффективность химической коагуляции буровых сточных вод и оптимальные дозы коагулянтов. Результаты таких исследований приведены в табл. II.28.

Таблица II.28. Оптимальные дозы коагулянтов и эффективность химической коагуляции буровых сточных вод

Коагулянт	Доза коагулянта, мг/л	Прозрачность по Снеллеру, см	Эффективность очистки, %	
			По механическим примесям	По окисляемости
CaAlO_2	1000	3,5	51	46
Ba-212	500	6	75	71
$\text{FeCl}_2-(\text{AlO}_4)_3$	400—400	7	94	82
FeCl_3	900	5,5	79	58
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	600	12	90	85

Наилучшие результаты очистки обеспечивает сернокислый алюминий. Очищенные воды по коррозионной агрессивности идентичны чистым водам, прозрачны и могут быть повторно использованы при бурении скважин.

Загазованность территории разрабатываемых месторождений нефти и газа. Загазованность территории — одна из тяжелых форм нарушения природного баланса окружающей среды. Она возникает вследствие нарушения правил охраны недр и проявляется, как правило, в пределах месторождений, иногда распространяется на расстояния, измеряемые километрами. Опасность загазованности состоит в том, что углеводороды метанового ряда в определенных пропорциях с воздухом соз-

дают взрывоопасные смеси, а отдельные углеводородные соединения токсически действуют на живые организмы и при замещении части кислорода в воздухе вызывают удушье.

Гидрогазохимические наблюдения показали, что концентрация углеводородных газов на загазованной территории изменяется во времени довольно широко.

По характеру распределения концентраций свободных углеводородов установлены диффузионные и эффузионные потоки, которые в большинстве случаев хорошо идентифицируются. В результате математической обработки с привлечением ЭВМ выявлены корреляционные связи между изменением химического состава грунтовых вод и содержанием в них водорастворенных и свободных углеводородов, свидетельствующие об их глубинных источниках.

Основные причины загазованности. На территории Украины значительная загазованность отмечалась на Бориславском, Битковском, Рудковском и других месторождениях. Загазованность в г. Бориславе, территориально расположенном в пределах одноименного месторождения, была обнаружена в 1972 г. в подвальном помещении дома № 12 по ул. Щорса. Следствие ее — взрыв метана. При выяснении причин загазованности было установлено, что в пределах месторождения в приповерхностных отложениях существуют газовые аномалии с опасными концентрациями углеводородов. Зачастую они имеют небольшие размеры, локальное распространение и разные глубины проявления. Это послужило основанием для применения геохимических методов поисков и оконтуривания таких аномалий. Для их выявления проводились крупномасштабные газовые съемки. Газовые аномалии, выявленные газогеохимическими методами, подтверждаются данными биолокационных исследований, проведенных в целях поиска и картирования заброшенных выработок и динамически активных зон на загазованной территории.

Пути проникновения газа оказались заброшенные шурфы, колодцы и скважины, через которые со второй половины XIX в. осуществлялась добыча нефти и озокерита. В г. Бориславе обнаружено более 20 тыс. заброшенных шурфов-колодцев и около 2160 нефтяных скважин. В 1982 скважинах, пробуренных до 1938 г., обсадные колонны не цементировались, а тампонировались глиной. Поэтому герметизация скважин не достигалась. Наличие озокеритовых шахт и 340 разведочных озокеритовых скважин, ликвидированных с нарушением технических требований, также способствовало загазованности. Об этом свидетельствует наличие нефтегазовых грифонов вокруг отдельных скважин. При исследованиях наблюдалась прямая связь степени загазованности и интенсификации добычи нефти.

На Битковском месторождении загазованность приповерхностных отложений установлена в месте выхода на земную поверхность тектонического нарушения, находящегося между Битковским и Пасечнянским блоками. В этом месте, отмеченном в рельефе положением русла р. Быстрицы Надвоянской, было пробурено свыше 20 глубоких эксплуатационных скважин. В некоторых из них (скв. 330 и 530) происходили в радиусе 500—800 м катастрофические поглощения и выбросы с образованием грифонов. В декабре 1982 г. в с. Пасечная произошло три последовательных взрыва, к счастью, без человеческих жертв.

Опасность загазованности отмечалась на Рудковском месторождении и за его пределами. Вследствие негерметичности некоторых участков эксплуатационных колонн скв. 120 и 26 и наличия затрубного пространства газ с высоким давлением в объеме 3,5 млн м³/сут проник в выходящие на земную поверхность пористые пласты. На значительной площади появились многочисленные грифоны, особенно в русле р. Дне-

стра. Газ проник на территорию близлежащих населенных пунктов, прежде всего в колодцы и подвалы.

Дегазация территорий. Дегазация территорий может быть достигнута несколькими путями. Один из них — использование части ликвидированных, контрольных и нагнетательных скважин в качестве дегазационных. Это требует минимальных затрат, однако может быть недостаточным. В таком случае необходимо бурение специальных дегазационных неглубоких скважин. При этом следует учитывать, что интенсивность газового потока может резко увеличиваться с глубиной, особенно при наличии на пути плотных пород, препятствующих интенсивному диффузионному перемещению углеводородных газов из лежащих ниже горизонтов в приповерхностные образования.

Наиболее интенсивная дегазация территории целесообразна не столько из приповерхностных отложений, сколько из ближайших пород-коллекторов, имеющих над собой флюидоупорные толщи. В таком случае бурение дегазационных скважин должно проводиться в оптимальных структурных условиях на глубину под первый в разрезе флюидоупорный слой.

В случае возникновения загазованности при разработке месторождения или залежи нефти и газа с применением методов поддержания пластового давления следует установить наличие (или отсутствие) гидродинамической связи этих процессов и при необходимости снизить или прекратить закачку газа.

Одно из профилактических мероприятий, направленных против развития процессов загазованности, — соблюдение технических условий проходки скважин и правил охраны недр. Необходим строгий контроль за техническим состоянием фонда скважин в целях выявления поврежденных, которые могут стать источником загазованности. Для выявления такого источника следует проводить газеохимический контроль приповерхностных отложений и воздушной среды. В пределах газовых месторождений и подземных хранилищ газа заранее должен быть выявлен газовый фон. Разработаны специальные виды исследований и установлена степень их информативности при комплексном газеохимическом контроле. Обобщение причин загазованности в целом указывает на необходимость соблюдения тех условий вскрытия геологических разрезов, которые направлены на предотвращение аварийного фонтанирования скважин.

II.2.4.3.1. Транспортировка нефти и использование продуктов ее переработки

Нефть и газ транспортируют водным, железнодорожным и автомобильным транспортом. Из районов добычи к хранилищам и местам переработки нефть и газ перемещают также с помощью нефтегазопроводов. Для этого необходимо проложить на определенной глубине огромное количество нефте- и газопроводов, располагать многочисленными разнотоннажными судами и танкерами, построить нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы для получения бензина, дизельного и авиационного топлива, качественных масел, соорудить компрессорные установки для снижения и последующей транспортировки газов. Все это существенно влияет на экологию окружающей среды.

При добыче нефти и газа из пористых песчаных коллекторов освобождающееся пространство в последних не всегда заполняется подстилающей нефтяной или газовые залежи водой. Такие участки в глубоких горизонтах проседают под гравитационной нагрузкой пород, а в релье-

фе при этом могут образоваться техногенные воронки. Это, естественно, выводит из строя плодородные земельные участки. Рукотворные и природные прогибы часто заполняются атмосферной водой или изливающейся при авариях нефтью, образуют искусственные скопления воды или густой нефти, иногда плотностью более единицы. Нефть заполняет пониженные участки рельефа, долины рек, берега озер, морей и океанов, нанося непоправимый урон окружающей среде.

Известны многочисленные аварии, частично описанные выше и в [II.13], которые происходили при танкерной транспортировке в Черном и Азовском морях, реках и океанах. К чему приводят такие аварии, можно судить по катастрофе танкера «Экссон Валдиз» в марте 1989 г., когда в море близ побережья Аляски вылилось около 4000 т нефти. Только одних птиц погибло свыше 33 тысяч. Операции по очистке морских вод и побережья (в них принимали участие 12 тыс. человек, в распоряжении которых находилось 1385 судов и самолетов) обошлись американской корпорации «Экссон» в 1,28 млрд долларов. Однако и после очистных работ вдоль береговой линии протяженностью свыше тысячи миль остались места с недопустимым уровнем загрязнения нефтью.

В акваториях, на пляжах часто встречаются нефтяные загрязнения, возникающие за счет нефти, сбрасываемой в воду при мытье танкеров, судов, лодок. Нефтяное загрязнение акваторий наносит жесткий удар прежде всего по биологическому равновесию окружающей среды. Попадая на поверхность воды, нефть образует пленку, затрудняется фотосинтез и образование кислорода. Разлагаясь посредством окисления аэробными бактериями и за счет испарения ее легких фракций, нефть становится тяжелее воды и опускается на дно. Нефть активно притягивает к себе другие химические вещества, особенно ядохимикаты (ДДТ, пестициды, нитраты и др.), нерастворимые в воде. Крупные комки нефти, выбрасываются на берег и разлагаются, что обесценивает пляжи, уменьшает их рекреационное значение. Как правило, нефть содержит определенное количество серы, ртути и углеводородного газа. Наличие последнего при транспортировке по трубам недопустимо. Поэтому такие газы обычно сжигаются в огромных количествах на всех новых или необустроенных для утилизации газа месторождениях.

Сжигаемые углеводородные газы на месторождениях и в быту, а также нефть и продукты ее переработки в котлах, машинах и других объектах, соединяясь с кислородом, превращаются в CO , а затем в CO_2 . Углекислый газ, попадая в атмосферу, оказывает отрицательное влияние на экологию, климат и человеческий организм. Установлено, что уже к 1971 г. в мире было сожжено 30 млрд т нефти, 84 млрд т угля и 7,3 трлн м^3 природного газа. Это способствовало увеличению содержания углекислого газа в атмосфере на 10 %. Доказано, что уменьшение загрязнения атмосферы лишь на 1 % сокращает на 0,23—0,89 % уровень смертности [II.13]. С помощью ЭВМ и различных моделей атмосферы удалось определить, что при увеличении вдвое содержания углекислого газа в атмосфере по сравнению с 1980 г. температура Земли повысится на 2—3 °C. При этом на полюсах температура в 3—5 раз превысит средний уровень, что может привести к таянию ледников. Это в свою очередь может способствовать повышению уровня Мирового океана почти на 60 м и оказать существенное влияние на экологию всего земного шара, в том числе Украины.

Существенное влияние на экологию окружающей среды оказывают отходы синтетических материалов и изделий, изготовленных из продуктов переработки нефти (шины, пластмассы, синтетические игрушки, трубы, смолы, волокна, краски, изоляционные материалы и пр.), кото-

рые выбрасываются в огромном количестве. Они не разрушаются и пагубно влияют на плодородие почвы. (В Японии эти отходы используются для получения бензина.)

II.2.5. Линейные коммуникации (газо- и нефтепроводы, железные и автомобильные дороги)

Сооружение и эксплуатация магистральных трубопроводов (газо-, нефте- и продуктопроводов), железных и автомобильных дорог оказывают весьма существенное влияние на состояние окружающей среды. Специфика линейных объектов заключается в их большой протяженности, проложении в различных природно-климатических зонах, транспортировке вредных для окружающей среды продуктов — нефти, аммиака, этилена, каменного угля, минеральных удобрений и др. Помимо непосредственного вмешательства, связанного с технологией строительства и эксплуатации, имеется опасность — и это подтверждается практикой — возникновения аварий, пожаров, загрязнения атмосферы, почв и вод выбрасываемыми продуктами. Все это наносит ущерб природной среде и населению.

Украина — развитая в экономическом отношении страна, поэтому сеть линейных объектов покрывает всю ее территорию. С одной стороны, это признак цивилизованной страны, но с другой — наше невнимание к природе, а иногда и преступная халатность, беспечность, погоня за валом, что приводит к пагубному нарушению экологической обстановки.

Влияние линейных сооружений на геологическую и окружающую среду в различных природно-территориальных комплексах (геосистемах) неодинаково и проявляется с разной степенью интенсивности. Приуроченность линейных сооружений к сравнительно узким (до 50 м) и протяженным (многие тысячи километров) участкам, а также относительно небольшие нарушения земной поверхности обуславливают незначительность строительных воздействий на крупные формы рельефа: горные сооружения и равнины, долины рек. Однако нарушения форм рельефа морфоскульптур значительны.

В системе взаимодействия линейных сооружений с геологической средой выделяются три этапа: изыскания, строительство и эксплуатация. На каждом из них мера вторжения и характер влияния различны. Максимум воздействия на природную обстановку приходится на строительство и эксплуатацию.

В процессе изысканий, проводящихся, как правило, на большой площади, в лесах прорубаются просеки, которые при неизбежных перетрассировках и уточнениях проектных решений часто перемещаются. Срубленная растительность нередко остается неубранной, разбросанной вдоль просек. Она гниет, захламляет лес, способствует пожарам и размножению древоточцев. В процессе изысканий случаются отравы сельскохозяйственных угодий, а также лесные пожары.

На территории Украины по физико-географическим условиям выделяются пять геосистем (зон, областей, по Н. А. Гвоздецкому): лесная, лесостепная, степная, карпатская и крымская. При многих общих нарушениях геологической среды для каждой из этих геосистем свойственна определенная специфическая реакция на негативные факторы воздействия, хотя изменения происходят в каждой из них.

Газо- и нефтепроводы. Высокой экономической эффективностью магистральных трубопроводов как средства перемещения топлива, сырья и других материалов на большие расстояния объясняется их ускоренное строительство во всех передовых странах, в том числе и в Украи-

не. Особенно бурными темпами развивалась газовая промышленность после Великой Отечественной войны. В 1948 г. от Угерского газового месторождения был построен магистральный газопровод Дашава — Киев и далее до Москвы.

В 1956 г. на базе уникального на тот период Шебелинского газового месторождения построен газопровод Шебелинка — Харьков. В 1960-е гг. было осуществлено строительство основных магистральных газопроводов Шебелинка — Кривой Рог — Одесса с отводами в города Днепропетровск, Новомосковск, Павлоград, Запорожье, Николаев, Херсон и др. В 1968 г. введен в действие новый газопровод Кременчуг — Кривой Рог.

В 1968—1970 гг. построенный газопровод Ефимовка — Диканька — Киев с продолжением его до западных областей Украины объединил два наиболее крупных газонефтеносных района — Днепропетровско-Донецкую впадину и Предкарпатье — в единую газотранспортную систему.

К 1970 г. построена система газопроводов в Крыму: Глебовка — Симферополь, Джанкой — Симферополь, отводы к городам Саки, Евпатория, Ялта, Алушта.

В 1967—1971 гг. вступил в строй двухниточный газопровод через Украинские Карпаты «Братство», а затем «Союз» и Уренгой — Ужгород.

В 1988 г. в народном хозяйстве Украины было использовано 107,1 млрд м³ природного, попутного и искусственного газа. Общая протяженность магистральных газопроводов и отводов составила около 33 тыс. км.

В 1952 г. начал работать первый нефтепровод Украины: Грозный — Трудовая (Донбасс). В 1950-е — 1970-е гг. построены нефтепроводы Долина — Дрогобыч, две очереди нефтепровода «Дружба» через Украинские Карпаты и многочисленные нефте- и продуктопроводы по всей территории Украины.

В настоящее время накоплены материалы о влиянии трубопроводов на изменение геологической среды, общие для всех геосистем Украины. В процессе изыскания трасс, строительства и эксплуатации трубопроводов происходит воздействие на геологическую среду, растительный покров, животный мир, подземные и поверхностные воды и приземный слой атмосферы.

Источником воздействия могут быть перекачиваемые нефть, газ или продукты их сгорания, транспорт, строительный-монтажная техника, трубопроводы. Воздействия бывают обратимыми и необратимыми. Обратимые — те, которые можно в последующем ликвидировать, а геологическую среду при этом восстановить до исходного состояния или близкого к нему. Например, почвенно-растительный слой восстанавливается путем рекультивации. К необратимым последствиям относятся такие, которые качественно изменяют геологическую среду, например оползни, деформации русла реки, полки в горах и пр.

К наиболее распространенным нарушениям геологической среды относятся уничтожение почвенно-растительного слоя, изменения рельефа, состава почв и подземных вод, активизация геологических процессов и явлений, возникновение новых их форм. Эти компоненты геологической среды нарушаются в результате строительных работ: расчистки трассы от растительности, планировки полосы, сооружения временных подъездных дорог, подготовки строительных площадок для сооружения подводных переходов, удаления пней и валунов, разработки траншей и т. п.

Все эти работы выполняются на строительной полосе, ширина которой определяется (от 20 до 45 м) в зависимости от диаметра трубопровода и категории земель. Для магистральных подземных трубопроводов земельные полосы отводятся для временного пользования на период строительства, но не более трех лет. Трассу расчищают от кустарников

и леса бульдозером, для корчевки пней, удаления валунов применяют тракторы и бульдозеры, пни диаметром более 45 см корчуют взрывным способом.

При выполнении перечисленных работ происходит интенсивное нарушение почвенно-растительного слоя, а иногда его полное уничтожение. Снижается биологическая продуктивность почвы, нарушается водный и температурный режим грунтов, их увлажненность, возникают эрозия, заболачивание. Значительный вред почвенно-растительному слою наносит передвигающаяся строительная техника, особенно за пределами строительной полосы и временных дорог. Происходит засорение строительных площадок отходами производства. Такие участки после завершения строительства оказываются длительное время непригодными для использования. Многочисленные примеры загрязнения изоляционными и горюче-смазочными материалами при проведении гидравлических испытаний трубопроводов. Особенно неблагоприятное воздействие на почвенно-растительный слой оказывают нефть и нефтепродукты, изливающиеся на земную поверхность во время аварий на нефтепроводах или (что чаще всего) при сливно-наливных операциях. При этом резко снижается биологическая продуктивность почв и фитомасса растительного покрова, загрязняются поверхностные и подземные воды. Последствия нефтяного загрязнения почвы проявляются длительное время. Во всех случаях отмечается полное уничтожение растительного покрова. Установлено, что по истечении 15 лет растительность восстанавливается менее чем наполовину. В загрязненных нефтью почвах резко замедляются окислительно-восстановительные ферментативные реакции, ухудшается кислородный режим почвы.

При обследовании мест нефтяного загрязнения через несколько лет после аварии нефть обнаруживали на глубине более 1 м. Загрязнение грунтовых вод происходит ее легкими фракциями. Тяжелые фракции задерживаются верхними слоями грунта.

Разнообразны воздействия трубопроводов в различных геосистемах.

Лесная геосистема. Расположена на севере и западе Украины. Южная граница проходит южнее г. Хмельницкого, через города Житомир и Киев. Рельеф — равнинный, эрозионный. Для этой зоны характерен высокий уровень грунтовых вод, в связи с чем проявляются заражения поверхностных и подземных вод нефтепродуктами. Местами происходит искусственное заболачивание территории из-за перегораживания потока поверхностных и подземных вод.

Лесостепная и степная геосистемы. Занимают большую часть территории Украины — ее центральные и южные районы, а также Степной Крым и Закарпатскую низменность. Геосистемы включают Волинско-Подольскую, Приднестровскую, Приазовскую возвышенности и Донецкий край. Рельеф — эрозионный, долинно-балочный с глубокими террасированными долинами рек и балок. В Закарпатской низменности преобладают луговые ландшафты. Рельеф — пологоволнистый, террасированный.

В районах с изрезанной местностью и пылеватými грунтами по границам трубопроводов развиваются суффозионные процессы. В частности, в последнее время эти явления наблюдаются в Сумской и Полтавской области по газопроводам Уренгой — Ужгород, Курск — Киев, Елец — Курск — Диканька, Елец — Кременчуг — Кривой Рог. Отмечено 65 участков протяженностью от 30 до 120 м с суффозионными воронками и промоинами. Приурочены они к склонам балок, в меньшей степени к водоразделам. Воронки округлой и эллипсоидальной формы, диаметром от 2 до 6 м и глубиной до 3,5 м. Серии воронок соединены подземными ходами в результате вымывания частиц грунта.

Вдоль полосы отвода под трубопроводы практически на всех участках, где имеется какой-либо уклон местности, происходит плоскостной

смыв. Со временем он переходит в бороздчатый, особенно в центральной части полосы отвода. Далее происходит объединение борозд и образование промоин. Длина промоин составляет 50—250 м, глубина 1,5 м. Чаше всего они концентрируются вдоль траншей трубопроводов. На крутых протяженных склонах, сложенных глинистыми грунтами, промоины развиваются очень интенсивно, выносят грунт обратной засыпки и оголяют трубопровод. Нередко в конечном счете образуются овраги. Иногда активизируется сползание грунта вдоль траншей. Как и в случае суффозионного размыва, трубопровод оказывается в аварийном состоянии.

Описанные явления трудно ликвидировать, так как они происходят в период эксплуатации трубопроводов, когда крайне затруднен подъезд строительной техники.

При пересечении трубопроводами водохранилищ нарушенные строительством участки склонов подвергаются абразионному воздействию. В результате берег начинает интенсивно разрушаться и быстро отступать (по сравнению с прилегающими участками).

Трубопроводное строительство в определенных геологических условиях активизирует карстовый процесс. В карстующихся породах, прикрытых чехлом наносов и дерновым покровом, развитие покрытого карста происходит медленно.

Строительство трубопроводов нарушает сложившуюся геологическую среду. Грунт обратной засыпки рыхлый, а значит, более водопроницаемый. Вначале начинается суффозионный, а затем карстообразующий процесс. Существенное значение эти явления имеют в сульфатном карсте.

В горных районах воздействие трубопроводов на геологическую среду вызывает ускоренное развитие разнообразных геологических процессов. Они в той или иной степени являются необратимыми и вместе с такими работами, как устройство полук, планирование строительной полосы, изменяют ландшафт, что особенно пагубно сказывается на заlesenных участках гор.

Для снижения изгибных напряжений в трубопроводах, создания условий для работы строительной техники в горной местности при сильно пересеченном рельефе производят срезку продольных склонов и закладку полук на поперечных склонах. При поперечном уклоне 8—18° полку устраивают в виде полувыемки-полунасыпи, а на уклонах более 18° — только в виде выемки (рис. 11.5). Изменение рельефа, уничтожение почвенно-растительного слоя активизируют водную эрозию склона, способствуют увлажнению грунтов склона, а значит, снижению его устойчивости.

Территория Украины включает две горные геосистемы — Карпатскую и Крымскую.

В состав *Карпатской геосистемы* входит Восточно-Карпатская провинция, занимающая хребты Украинских Карпат со средней высотой до 1500 м. Преобладают горно-лесные и горно-луговые ландшафты. Украинские Карпаты состоят из хребтов Скибового, Водораздельного, Полонинского, Ужгород-Хустского (Вулканического) и др. Вершины хребтов — плоские и пологие. Долины — глубокие, местность резкопересеченная. Украинские Карпаты пересекаются газопроводами Долина — Ужгород (две нитки), «Союз», Уренгой — Ужгород, нефтепроводом «Дружба» (две нитки), этиленопроводом и газопроводами-отводами к населенным пунктам.

Разнообразны воздействия строительства и эксплуатации трубопроводов на горные ландшафты. Изменяются условия поверхностного стока, влажностного режима, напряженного состояния в присклоновых массивах, что приводит к перестройке механизма склоновых процессов. В условиях повышенного количества атмосферных осадков активизиру-

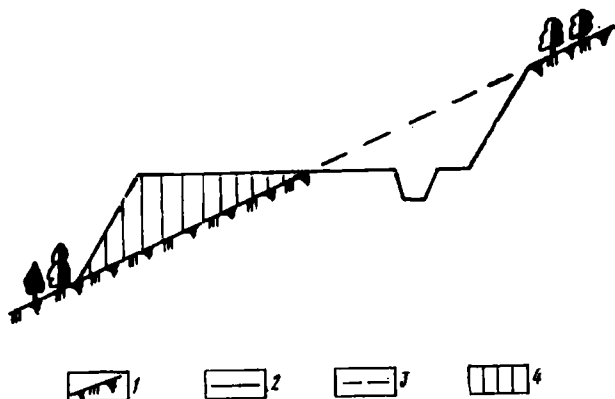


Рис. 11.5. Схема поперечного профиля трассы:

1 — растительный слой; 2 — профиль выемки и насыпи; 3 — профиль естественного откоса; 4 — насыпь

ются гравитационные склоновые процессы — оползни, оплывины, камнепады, эрозия, перераспределения поверхностного и подземного стока.

Несоблюдение условий производства земляных работ на склонах, требований по обеспечению условий дренирования склонов и сохранения их установившейся крутизны приводит к возникновению оползней. Во избежание этого строительные работы на склонах должны выполняться так, чтобы не было непредвиденных массовых перемещений грунтов, а следовательно, и необходимости вести с ними борьбу. Следует отметить, что в последнее время проектные организации предусматривают удаление грунта при разработке полки на оползнеопасных склонах за пределы таких участков. Однако из-за отсутствия необходимого количества транспорта эти условия строителями практически не выполняются.

Случаи нарушения предельного равновесия склона рассмотрим на примерах строительства газопровода Уренгой — Ужгород. Наиболее сложные инженерно-геологические условия отмечены в Скибовой и Дуклянской зонах Украинских Карпат, где широко развита сеть различных тектонических нарушений. Здесь более контрастный и динамичный рельеф, более активно проявляются экзогенные склоновые процессы. Значительные осложнения возникли на участке водораздела между южным склоном горы Конский Верх и северным склоном горы Великий Выжень. В полосу прохождения трассы заходят верховья крупного оползня-потока, который здесь активизировался во время создания строительной полосы и устройства полков. Для устранения подвижек грунта был сооружен поверхностный водоотвод родников, вызывавших оползневые смещения.

Более серьезные нарушения устойчивости произошли и на северном склоне горы Великий Выжень, южнее с. Родникова Гута. Построенный газопровод оказался под давлением грунта в связи с нарушением полки склона. Для устранения этого газопровод был перенесен со склона на водораздел. В ходе трассирования удалось обойти неблагоприятные участки с возможным проявлением блоковых оползней. Обстановка по устойчивости была стабилизирована.

Сооружение строительной полосы газопровода Долина — Ужгород вызвало оползневые явления на некоторых участках склона хребта Гнилой Верх, сложенного сильно выветрелыми, разбитыми тектоничес-

кими нарушениями аргиллитами, местами обводненными и поэтому при подрезках чрезвычайно неустойчивыми. Особенно усложнилась ситуация после сооружения полки под вторую нитку газопровода, в 30 м ниже второй полки первой нитки. Опасные для газопроводов и геологической среды явления удалось приостановить с помощью серии подпорных стенок из буронабивных свай.

В 1974 г. газопровод Долина — Ужгород и нефтепровод «Дружба» спроводировали оползневые подвижки горного склона вблизи с. Драчины. Создалась угроза взрыва газопровода в непосредственной близости от оживленной автодороги Киев — Ужгород на участке Свалява — Мукачево (Закарпатская низменность). Катастрофа не произошла, по существу, случайно: масса оползня оказалась недостаточной, чтобы разорвать трубу диаметром 1420 мм, и оползень, двигавшийся со скоростью несколько метров в сутки, прошел под трубой, приподняв ее. В дальнейшем газопровод был перенесен на водораздел, на несколько сотен метров севернее. Нефтепровод «Дружба», проходящий выше по склону и диагонально к оползню, остался незатронутым на то время серьезными подвижками благодаря своевременному сооружению системы поверхностного дренажа.

Техногенная нагрузка на природную среду в Украинских Карпатах к настоящему времени довольно высокая. На залесенных склонах и водоразделах проложены многочисленные транспортные объекты, что вызвало вырубку сотен гектаров леса с нарушением почвенно-растительного слоя.

Нарушения ландшафтов при прокладке трасс в долинах и на безлесных площадях путем рекультивации устраняются за два-три года, тогда как для восстановления леса необходимы десятки и сотни лет. Лес на склонах имеет большое водорегулирующее и защитное значение. Нарушение водорегулирующей его роли, а также нарушения условий стока и дренажа, выразившиеся в перекрытии мелких постоянных и временных водотоков, приводят к необратимым последствиям — разрушениям склонов, к развитию оползней и обвалов. Это наблюдается, например, в период строительства газопровода Уренгой — Ужгород у с. Родникова Гута. Однако склоны представляют собой саморегулирующиеся системы, способные восстановить сложившийся равновесный профиль, нарушенный в ходе строительства. Задача строителей — ускорить этот процесс путем устройства искусственных сооружений и других мероприятий.

В *Горном Крыму* проложен газопровод Джанкой — Симферополь — Севастополь с газопроводами-отводами на Ялту, Алушту, Саки. Нарушения здесь геологической среды аналогичны нарушениям в Карпатской геосистеме, но с менее интенсивным проявлением геологических процессов и явлений.

Железные дороги. Развитие сети железных дорог оказывает заметное влияние на природные аспекты жизнедеятельности Украины. Общая эксплуатационная ее протяженность составляет 22,6 тыс. км, кроме того, подъездных путей к предприятиям — 23,4 тыс. км. В среднем на 10 тыс. км² территории приходится около 370 км железных дорог (ж. д.). Общий грузооборот — 471,4 т/км, что составляет 60,5 % грузооборота Украины. Наиболее густыми являются железнодорожные сети Донбасса (Донецкая ж. д.) и Приднепровья (Южная и Приднепровская ж. д.). На долю Донецко-Приднепровского экономического района приходится $\frac{2}{3}$ длины всех дорог республики и $\frac{3}{4}$ отправляемых грузов. Электрифицировано 7 тыс. км железных дорог Украины.

Железная дорога в техническом отношении — это сложный комплекс технологически взаимосвязанных и взаимообусловленных сооружений. Основные из них — земляное полотно с верхним строением пути, мосты, путепроводы, тоннели, виадуки, водопропускные трубы, подпорные сте-

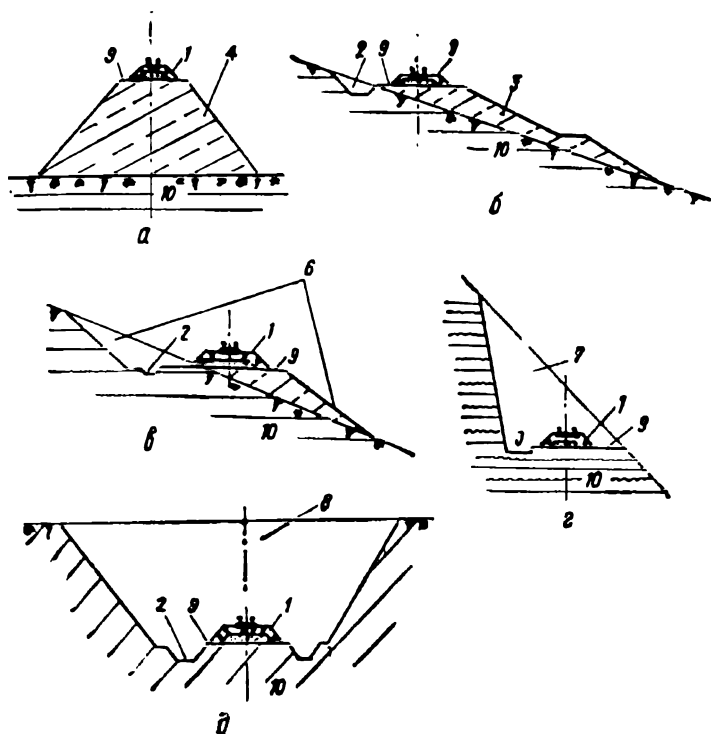


Рис. 11.6. Основные виды и элементы земляного полотна железных дорог: а — насыпь; б — полунасыпь; в — полунасыпь — полувыемка; г — полка (полувыемка); д — выемка. Цифра на схемах: 1 — балластный слой (песок, щебень); 2 — кювет (канавы); 3 — кювет (траншея); 4, 5 — грунт насыпи (полунасыпи); 6—8 — разработанный массив под выемку; 9 — основная площадка; 10 — основание насыпи (массив выемки)

ны и другие защитные сооружения (противооползневые, противообвальные, берегоукрепительные и т. д.), технические здания и сооружения в пределах станций и узлов (депо, мастерские и т. п.), вокзалы, отдельные жилые здания и поселки, источники водоснабжения, карьерное хозяйство, электрохозяйство, автоматика, зеленое хозяйство и т. д.

Земляное полотно — важный элемент железной дороги на контакте с геологической средой. Основные виды и структура его достаточно разнообразны (рис. 11.6).

Украинские Карпаты пересекают три железнодорожные линии с северо-востока на юго-запад.

Предкарпатский регион (зона Предкарпатского прогиба и Волыно-Подольской плиты) характеризуется сравнительно густой железнодорожной сетью субширотного и субмеридионального направлений преимущественно долинного характера. Здесь дороги пересекают Хмельницкое и Тернопольское плато, Ривненскую, Сокальско-Торчинскую и Приднестровскую возвышенности, Малое Полесье, Толтры.

В пределах Украинского щита (правый берег р. Днепра) развита густая сеть железных дорог, в основном совпадающих с направлением

долин рек. Левобережье Днепра (Гуляйпольское плато и Приазовская возвышенность) имеет более разреженную сеть железных дорог меридионального и субширотного направлений. Железные дороги связывают промышленные районы Украины — Донбасс, Кривой Рог, запад Украины. Здесь наиболее густая сеть железных дорог — кольцевых и радиально расходящихся во всех направлениях. Трассы дорог — долинно-водораздельные.

На территории Причерноморской впадины, в пределах Причерноморской, Нижнеднепровской, Балтской, Присивашской, Северо-Крымской низменности и равнин, имеется ограниченная сеть железных дорог.

Сравнительно разреженной железнодорожной сетью субширотного простирания с долинными ходами характеризуются Днепровско-Донецкая впадина, правобережные аккумулятивные равнины Украинского Полесья. На левом берегу Приднепровской террасовой и Полтавской равнин развита довольно густая сеть субмеридионального направления.

Высокая грузонапряженность железных дорог (около 28 млн т грузов на 1 км путей), характер перевозимых грузов (каменный уголь, химическая продукция, нефть, соль, минеральные удобрения и другие экологически опасные виды) практически не оставляют надежд на бесследность влияния железной дороги на окружающую обстановку, в частности на геологическую среду.

Наиболее заметно влияние на природную среду в процессе строительных работ. Строительство железных дорог выполняется в полосе отвода, ширина которой для однопутной дороги нормальной колеи 1520 мм зависит от категории линии, уклонов рельефа и изменяется от 23 до 50 м (с учетом лесополосы вдоль железной дороги) и при значительных глубинах выемок или высот насыпей может достигать 100 м и более.

При сооружении земляного полотна нарушается закономерность развития природных процессов за счет: заложения притрассовых карьеров для разработки грунтов с помощью сухойой техники или методом гидромеханизации; собственно сооружения земляного полотна, т. е. прорезки грунтовыми массивов выемками (экскавация, буровзрывные работы) или нагрузки их насыпями; вскрытия недр глубокими выемками или тоннелями, котлованами под фундаменты мостов; строительства мостов, водопропускных труб; транспортного оснащения районов с выявленными залежами полезных ископаемых, подработанных территорий, участков предстоящего затопления.

Природные комплексы Украины, особенно южных регионов и средней полосы, весьма чувствительны к техногенному воздействию железных дорог. Такие факторы геологической среды, как наличие покровных легкоразмываемых пылеватых и лессовых грунтов, подстилаемых легковыветривающимися при вскрытии глинами морского происхождения (неоген), приводят к интенсивному проявлению неблагоприятных процессов гравитационного характера, разрушению откосов выемок (рис. II.7). Этому способствует наличие водоносных горизонтов, проявление суффозионных процессов и др.

Особенности природного строения, инфильтрационной активности грунтов, появление техногенных источников замачивания часто приводят к подтоплению площадей. Так, в районе ст. Николаев Одесской ж. д. в 1940-е — 1950-е гг. первый от поверхности горизонт подземных вод залегал на глубине 15—20 м. В середине 1970-х гг. он находился на глубине 2—5 м от поверхности земли. Аналогичная картина отмечалась во многих районах юга Украины (ст. Усатово Одесской ж. д. и др.). При этом повышение уровня подземных вод приводило к подтоплению сооружений и снижению прочности, несущей способности основания, что потребовало дополнительных расходов для устройства

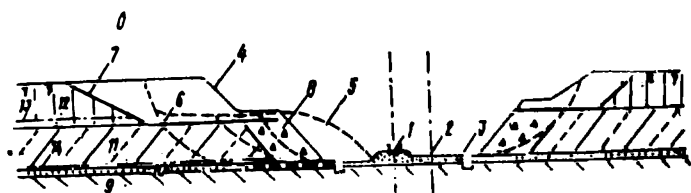
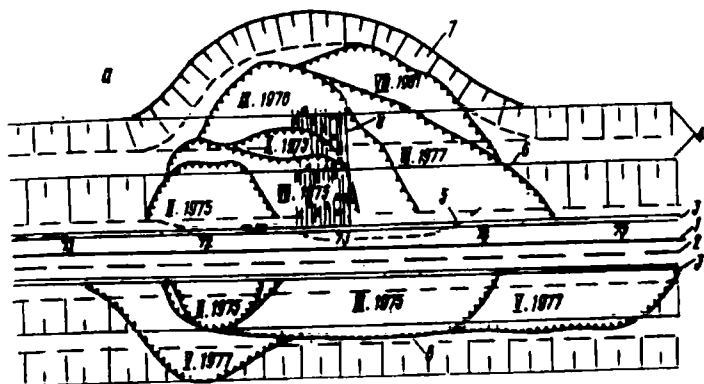


Рис. 11.7. Деформации железнодорожной выемки на юге Украины (Одесская ж. д.):

а — план (схема) с развитием оползня во времени; б — характерный поперечный профиль. Цифры на схемах: 1 — железнодорожный путь; 2 — место под второй путь; 3 — железобетонный лоток; 4 — проектное очертание выемки; 5 — контур тела оползня; 6 — бровка отрыва (граница) оползня; 7 — контур выемки после ликвидации оползня; 8 — прорезы в теле оползня и контрбанкет из щебня; 9 — глина; 10 — песчано-супесчаный водоносный слой; 11 — суглинок красно-бурый; 12 — пылеватые и лессовидные суглинки; 13, 14 — первый и второй водоносные горизонты; V.1977 — дата очередной активизации деформаций

фундаментов зданий и сооружений наряду с мероприятиями по защите их от просадочности.

Геологическая среда северных районов Украины (аллювиальных равнин Украинского Полесья как оснований сооружений) в отличие от юга Украины менее восприимчива к влиянию железных дорог, но их природные биокомплексы весьма чувствительны к загрязнению (водоемы, атмосфера, растительность).

К основным объектам природной, в частности геологической, среды в связи с воздействием железных дорог относятся поверхность земной коры, образующая рельеф местности, почвенный покров, земные недра, подземные и поверхностные воды, животный мир в целом и человек в частности, растительный мир, исторические и архитектурные памятники.

При строительстве железных дорог видоизменяется рельеф — срезаются положительные формы, засыпаются понижения; на равнинах «вырастают» насыпи высотой до 20—30 м; холмы и склоны прорезаются выемками глубиной до 20—30 м. При этом нередко нарушается устой-

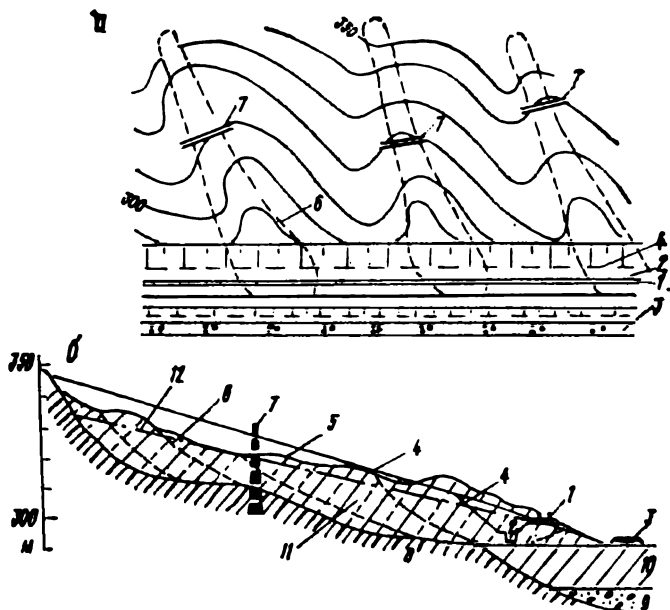


Рис. 11.8. Деформации горного склона (оползень — поток) в результате строительства железной дороги в Закарпатье (Львовская ж. д.):

а — схема в плане; б — характерный поперечный профиль. Цифры на схемах: 1 — железнодорожная линия; 2 — железобетонный лоток; 3 — шоссе; 4 — профиль склона и контур полувыемки по проекту; 5 — контур оползня — потока после деформации; 6 — плоскости смещения грунтов, очертания оползня; 7 — удерживающие подпорные стены (дополнительный проект); 8 — сланцы и песчаники — флиш (неоген); 9 — галечник (аллювий); 10 — глина (аллювий); 11 — элювиально-делювиальные суглинки; 12 — горизонт подземных вод

чивость склонов (юг Украины, Закарпатье), развивается эрозийная деятельность, образуются промоины, овраги (рис. 11.7, 11.8).

Глубокие выемки и тоннели, врезааясь в недра, служат дренами, изменяют гидрогеологический режим. Наиболее протяженный тоннель в Украине расположен при пересечении Бескид — 1,8 км. Нарушение недр связано с глубоким заложением фундаментов опор мостов и виадуков (от 5—10 до 20—40 м). При этом суживаются русла рек. Нередки изменения направлений рек, отводов русел. Например, отвод русла р. Днестра в Полесье (рис. 11.9).

Разработка песка и гравия в речных карьерах, забивка шпунта, устройство временных переправ нарушают нерестилища, разрушают или загрязняют русла рек, изменяют уровень подземных вод.

Вырубка древесно-кустарниковой растительности ослабляет травяной покров, за счет чего нарушается общий водно-тепловой баланс поверхности, изменяются почвенно-биологические условия и активизируется эрозия склонов. Земляное полотно препятствует поверхностному стоку, иногда подпруживает его, что усугубляется подчас неточным расчетом водоотводов. Все это приводит к подтоплению, затоплению или к осушению (при гидромеханизации) территории. В результате последнего происходит усыхание деревьев, чувствительных к уровню грунтовых

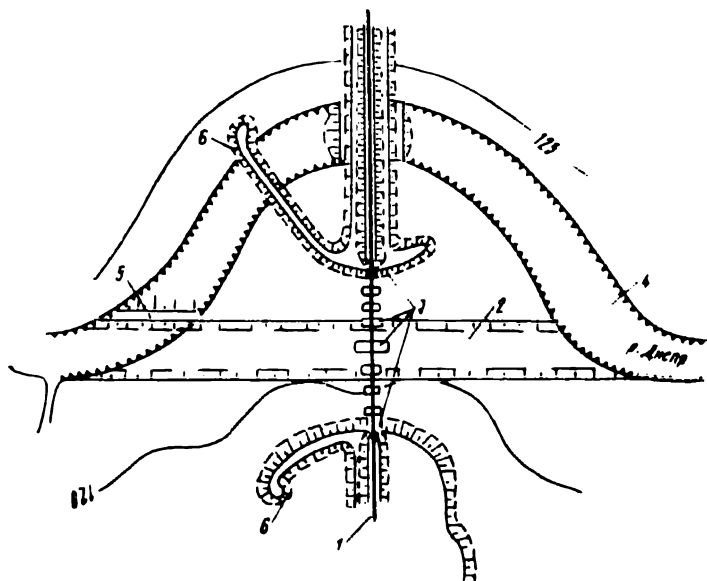


Рис. 11.9. Железнодорожный мост через р. Днепр с отводом его русла (Украинское Полесье):

1 — железнодорожный путь; 2 — канал, отводящий русло; 3 — опоры моста (про-
ект); 4 — старое русло р. Днепра; 5 — дамба, перекрывающая старое русло; 6 —
система водозащитных дамб

вод (черная ольха, дуб и др.). Такие явления наблюдаются в районе Киев — Триполье.

Источником загрязнения поверхностных вод служит сброс технической воды при строительстве, в которой содержатся сотни миллиграммов на литр взвешенных частиц и десятки миллиграммов на литр нефтепродуктов.

Отвалы при сооружении тоннелей и выемок пригружают склоны, вызывая оползни. Выхлопы газов от передвижных электростанций, компрессорных, аккумуляторных, взрывы скального грунта загрязняют атмосферу.

Заложение карьеров в карстовых районах с интенсивным водоотливом может привести к активизации карстовых процессов (например, район Ополя).

Железные дороги в процессе эксплуатации оказывают непосредственное воздействие на эколого-геологическую обстановку. Для обеспечения железных дорог имеются сотни станций, десятки локомотивных и вагонных депо, заводов, сотни котельных и т. п. Их производственная деятельность связана с расходом значительного количества воды, образованием загрязненных стоков, пылегазовых выбросов. Особенно загрязнены стоки со станционных путей. В атмосферу попадает большое количество пыли, мелкой золы, оксидов углерода, азота и серы, фенолы. Один тепловоз по вредным выбросам эквивалентен 10—15 грузовым автомашинам. Ущерб почве составляют свалки мусора, котлованы с остатками химических грузов, нефтепродуктов. На человека отрицательно влияет шум при движении поездов: его интенсивность

составляет 90—100 дБ при допустимом уровне 30—80 дБ. Ежегодно потребляются десятки миллионов кубических метров воды на хозяйственные нужды, из них $\frac{1}{3}$ сбрасывается в поверхностные водоемы [11.27, 11.80].

Важным фактором является общее «постарение» железных дорог. На большинстве из них, построенных в конце XIX — начале XX в., земляное полотно по размерам не соответствует современным нагрузкам. Требуется их реконструкция, для которой необходимы десятки миллионов кубических метров привозного и местного грунта, что приведет к новым эколого-геологическим нарушениям.

Особую опасность представляют аварии на железных дорогах, в результате которых в грунт инфильтруются огромные количества кислот, нефтепродуктов и др.

Противоречия между необходимостью развивать железнодорожный транспорт и защитой эколого-геологической обстановки (необходимость того и другого очевидна) требуют тщательного взвешивания всех решений, глубокой экспертизы, дополнительных капложений). Необходимо повысить культуру труда станционных работников. На станциях продолжают утечки мазута, потери аммиака и т. д.

В последнее время благодаря выработке нормативных актов по защите окружающей среды в области железнодорожного транспорта и транспортного строительства глубже прорабатываются варианты трасс и система защитных мероприятий (очистные сооружения, безотходная технология, обратное водоснабжение и т. д.). Учитываются интересы населения, оберегаются личные участки, угодья, предусматриваются скотопрогонные сооружения при трассировании линий.

Автомобильные дороги. До 1917 г. в Украине было всего 4800 км дорог с твердым покрытием, к 1941 г. эта цифра увеличилась до 24 300 км. К 1987 г. в Украине создана разветвленная сеть автодорог. Ими связаны все города, районные центры, поселки городского типа, центральные усадьбы колхозов и совхозов, железнодорожные станции, пристани, сахарные заводы, свекло- и зерноприемные пункты, аэропорты и пр. Интенсификация отраслей народного хозяйства потребовала увеличения грузооборота, обеспечения скоростных перевозок. Для этого были созданы не только новые дороги с твердым покрытием, но и многочисленные широкопрофильные автострады. Их строительство сопровождалось перестройкой ландшафтов (особенно в горных и пересеченных местностях, при переходах рек и пр.). Проводились нивелирования возвышенностей с перемещением огромных земляных масс и вскрытием коренных пород, проходка малых и затяжных выемок, полук, где нередко обнажались слабые неустойчивые и карстующиеся комплексы пород, огромные объемы приходились на засыпку пониженных участков рельефа.

Таким образом, строительство и эксплуатация автодорог и автострад приводят к нарушению экологической обстановки. Перестройка современного ландшафта часто сопровождается нарушением гидрологических и гидрогеологических условий, возникновением и активизацией опасных геологических процессов и явлений — карста, просадок пород, суффозий, сверхнормативных осадок поверхностей за счет тиксотропии грунтов и динамических нагрузок. К тому же движение автотранспорта создает шум, вибрацию, загазованность, ослепляющее воздействие фар и пр. При строительстве дорог рельеф уродуется многочисленными притрассовыми карьерами, подъездными путями, городками строителей, заправочными и ремонтными станциями.

Многочисленные примеры активизации просадочных деформаций на лессовых массивах и суффозионных осадок за счет скопления вод в дорожных кюветах или подтопления угодий. В районах распространения карстующихся пород (Украинские Карпаты, Предкарпатье, Крым,

Причерноморская впадина) карстовые процессы развивались вследствие нарушений поверхностного и подземного стока. Усиление эрозионной деятельности во многих регионах приводило к образованию рытин, промоин, оврагов, глинистого карста. В Горном и Предгорном Крыму, Украинских Карпатах, в районах глубокого вреза речных долин строительство автодорог сопровождалось многочисленными подрезками склонов. За счет нарушения равновесного их состояния возникали многочисленные осывы, оползневые смещения. Оголялись огромные площади с рыхлыми и полускальными комплексами пород, активными для физического выветривания и интенсивно засоленными (поэтому неэффективны рекультивация и закрепление склонов почвенно-растительным слоем).

В заболоченных угодьях Украинского Полесья, в поймах равнинных рек за счет удаления слабых илистых и заторфованных пород под дорожными сооружениями нередко нарушаются гидрогеологические условия и направления миграции воды. Создание дорожных насыпей вкрест простирания потока грунтовых и подземных вод вызывает гибель растительности, а в иных условиях — заболачивание земель.

Кратко представим основные мероприятия по охране геологической среды. Наиболее эффективный способ охраны — осуществление в полном объеме мер, предусмотренных в проекте, на стадиях строительства и длительной безаварийной эксплуатации.

Природоохранные мероприятия в лесных, лесостепных и степных геосистемах Украины направлены на предотвращение просадок, процессов эрозии, карста, заболачивания; в горных областях — процессов оползания и осыпания грунтов на склонах. Все изложенное призвано обеспечить сохранение или незначительное экологически стерильное изменение геосистемы. Для этого должны осуществляться инженерно-геологические и ландшафтные изыскания по трассам. Для линейных сооружений мероприятия разрабатываются при освоении таких объектов: склонов крутизной свыше 5° ; поверхностных водотоков и дренирующих территорию понижений; болот всех типов; участков развития водной и ветровой эрозии; оползнеопасных склонов; районов распространения песчаных и просадочных лессовых грунтов; размываемых абразией побережий; зон периодической осушки акваторий; земель сельскохозяйственного назначения (пашни).

Препятствием на пути эрозии является растительный и особенно дерновый покров. Известно, что на естественных склонах, не тронутых земляными работами и сохранивших дерновый покров, плоскостной смыв не приносит никакого вреда даже при значительных (до 20°) уклонах. На более крутых склонах в полосе отвода полного восстановления растительности не происходит. Поэтому первоочередным и весьма эффективным способом борьбы с эрозией является рекультивация земель в полосе отвода, восстановление растительного и дернового покрова и неперемонное сохранение уже имеющейся растительности. При пересечении трубопроводами сельскохозяйственных земель и лесных угодий предполагается рекультивация земель, которую проводят согласно Ведомственным строительным нормам (ВСН 179-85).

Противоэрозионные мероприятия предусматривают закрепление грунтов, устройство организованного стока поверхностных вод там, где процессы эрозии наблюдаются еще до начала строительства. Эти меры должны применяться во всех геосистемах, где имеется пересеченная местность. На протяженных (200—300 м и более) склонах для предотвращения развития эрозионных процессов устраивают водоотводные валики, железобетонные и деревянные желоба. На путях намечающихся водотоков устанавливают плетневые щиты, заглубляемые в грунт, которые препятствуют переносу частиц грунта вниз по склону.

Большую опасность представляют оползни. Оползневые участки

большой протяженности рекомендуется обходить выше оползневого склона. Однако выявление оползней на ранней стадии их развития весьма затруднительно. Кроме того, оползни возникают в результате нарушения склона полкой. Мероприятия должны обеспечивать предотвращение возникновения оползня или прекращение смещения оползающего грунта. На практике применяют такие способы: улоаживание, срезка верхней части, террасирование, уменьшение мощности оползня. Наиболее простыми и эффективными мероприятиями являются перехват поверхностного и грунтового стока путем устройства дренажа, планировка склона и закрепление его поверхности растительностью. При этом необходимо создание специальной эксплуатационно-ремонтной службы для квалифицированного обслуживания дренажных систем. Следует иметь в виду, что дренаж быстро выходит из строя и тогда искусственные сооружения не только не осушат склон, но часто сами могут быть коллекторами воды и активизировать оползневые явления. Более надежно возведение подпорных стенок из буронабивных свай, которые, к примеру, успешно применялись на оползневых склонах газопровода Долина — Ужгород (междуречье Латорица — Боржава). Однако их применение ограничивается высокой стоимостью в случае большой мощности оползающих грунтов, что приводит к нерентабельности подпорных стенок.

Имеются и другие решения. Например, на нефтепроводе «Дружба» в районе с. Пасеки трубопровод поднят на П-образные опоры. Труба скользит по опорам, которые постепенно сползают вместе с грунтом. Задача службы эксплуатации в этом случае состоит в периодической замене сползающих опор.

Опоры мелкого заложения могут применяться как для трубопроводов в полке, так и для трубопровода, проложенного перпендикулярно к склону, когда его заглубление ниже поверхности скольжения может усугубить оползневую обстановку на склоне.

Таким образом, при рассмотрении альтернативных вариантов заложения трасс предпочтение должно отдаваться экологически стерильным, хотя и менее удобным для производства строительным работам и, на первый взгляд, более дорогостоящим. Не допускается использования территорий заказников, заповедников, памятников природы и культуры, а также вдоль рек, озер, водоемов, в санитарных зонах домов отдыха, курортов и др. Трассы должны прокладываться в обход населенных пунктов с подветренной их стороны. Нецелесообразные по технико-экологическим расчетам варианты строительства оговариваются особыми требованиями.

В лесных массивах трассы прокладываются по возможности с использованием просек и противопожарных разрывов и должны совпадать с направлением господствующих ветров для естественного проветривания и уменьшения снегозаносимости.

II.2.6. Водохозяйственная деятельность

II.2.6.1. Системы перераспределения водных ресурсов и гидротехнические сооружения (каналы, крупные водоводы, водохранилища, пруды, озера)

Географическое расположение, геологическое строение территории, а также климатические условия определили ограниченный объем и неравномерное распределение водных ресурсов в Украине. Наибольшая густота речной сети, а следовательно и водность, наблюдается на северо-западе республики. Основной объем воды в реках проходит в весенний период (до 70 %), т. е. в течение трех-четырех месяцев.

Для перераспределения зарегулированного стока рек по территории и доведения воды до потребителей построено восемь крупных каналов общей протяженностью 1190 км, производительностью 21,1 млрд м³ подачи воды в год (табл. II.29). Кроме того, для подачи воды в Донбасс, Кривбасс, в города Харьков, Кировоград, Умань, Черновцы и другие построено десять крупных водоводов общей протяженностью 1091 км и производительностью 1191 млн м³ воды в год (табл. II.30).

В условиях крайне ограниченных водных ресурсов для бесперебойного водоснабжения населения и народного хозяйства в республике построено 1087 водохранилищ (общий объем воды в них 55 млрд м³) и 27 496 прудов (около 3,0 млрд м³). Характеристики прудов и водохранилищ приведены в табл. II.31—II.35.

Особое место в обеспечении территории Украины водой занимают водохранилища Днепровского каскада гидроэлектростанций, полный объем которых составляет 43,7 млрд м³ воды. Техническая характеристика водохранилищ приведена в табл. II.36.

Кроме построенных прудов и водохранилищ на территории Украины имеются естественные озера и лиманы, характеристики которых даны в табл. II.37 и II.38.

Таким образом, из 60 370 тыс. га земельной площади под водой водохранилищ и прудов находится 11 733 тыс. га, или 19 %.

Для Украины характерен высокий коэффициент зарегулирования поверхностного стока рек (72 %), что отрицательно влияет на окружающую среду. Так, в южных районах республики наблюдается подъем уровней грунтовых вод, подтопление земель и населенных пунктов. Интенсивное испарение с водной поверхности прудов и водохранилищ вызывает изменение микроклимата, приводит к излишним потерям воды.

Сложное водное хозяйство, оцениваемое в 35 млрд руб., в значительной мере влияет на эколого-геологическую обстановку на территории Украины.

II.2.6.2. Водозаборы

Эксплуатация подземных вод многочисленными водозаборными сооружениями не только приводит к изменению собственно гидрогеологических условий отдельных регионов, но и оказывает существенное влияние на изменение общей природной обстановки. Поэтому изучение изменений природной среды в целом и геологической среды в частности, связанных с воздействием отбора подземных вод водозаборными сооружениями, является одной из основных задач геологической службы.

К основным последствиям эксплуатации подземных вод, связанным со снижением уровня в продуктивном (эксплуатируемом) водоносном горизонте, относятся:

изменение режима и баланса подземных вод эксплуатируемых и смежных с ними водоносных горизонтов — формирование обширных воронок депрессии, изменение направления движения подземного потока, превращение областей разгрузки в области питания, изменение качества подземных вод по площади и в разрезе. Изменение условий питания и разгрузки может привести и приводит к истощению подземных вод или (и) истощению их эксплуатационных запасов;

снижение уровня грунтовых вод и связанные с этим процессом изменения ландшафтных условий, сопровождающиеся такими негативными явлениями, как угнетение или даже гибель растительности, пересушивание сельскохозяйственных земель, вызванным изменением влажности в зоне аэрации и влагооборота в почвогрунтах. Эти процессы приводят также к исчезновению болот, осушению колодезев, сокраще-

Таблица 11.29. Основные каналы Украины

Канал	Год ввода в эксплуатацию	Источник забора, его расположение	Протяженность, км	Пропускная способность, м ³ /с	млн м ³ /год	Основное назначение	Принадлежность
Северо-Крымский	I очередь — 1975, II и III — ведется строительство	р. Днепр, Каховское вдхр., в 1,6 км от плотины Каховской ГЭС, Херсонская обл.	400,3	300,0 4200		Водоснабжение городов Керчи, Феодосии, Симферополя и др.; техническое водоснабжение промышленных предприятий, орошение — 395,9 тыс. га, обводнение — 660 тыс. га Северного Крыма	Госводхоз Украины
Главный Каховский магистральный	1973—1979	р. Днепр, Каховское вдхр., с. Любимовка, Каховский р-н, Херсонская обл.	129,7	520,0 8200		Водоснабжение населенных пунктов и предприятий Херсонской обл., орошение	То же
Днепр — Донбасс	I очередь — 1981	р. Днепр, Днепродзержинское вдхр., в 40 км от г. Днепродзержинска, Днепропетровская обл.	263,0	120,0 2743		Комплексное водоснабжение Донбасса и Харьковского промышленного района	» »
Днепр — Донбасс	II очередь — 1994	222 км I очереди канала г. Краснопавловск, Харьковская обл.	171,0	16,0 500		Питьевое и техническое водоснабжение Донбасса	» »

Днепр — Кривой Рог	1961	р. Днепр, Марьянский залив Каховского вдхр., с. Марьянское, Апостоловский р-н, Днепрпетровская обл.	42,95	41,0 929	Водоснабжение населенных пунктов и промышленности Кривбасса, орошение с/х районов рыбозаведения лугпром	ПО Кривбасс-промводоснабжение. ПО Южметаллургпром
Днепр — Ингулец	1989	р. Днепр, Пыбульинский залив Кременчугского вдхр. Кировоградская обл.	40,0	37,0 1003	Водоснабжение предприятий Кривбасса	Госводхоз Украины
Северский Донец — Донец-басс	1958—1959	р. Сев. Донец, пос. Райгородка, Славянский р-н, Донецкая обл.	131,6	43,0 1106	Водоснабжение населенных пунктов предприятий Донецкой обл.	ПО Укрпромводчермет
Дунай — Сасык	1980	р. Дунай, Соломоново гирло, с. Лиска, Килийский р-н, Одесская обл.	13,3	130 3000	Заполнение оз. Сасык, орошение	Госводхоз Украины

Таблица 11.30. Крупные водоводы Украины

Водовод	Год ввода в эксплуатацию	Источник забора, его расположение	Протяженность, км	Прпускная способность, м³/с млн м³/год	Основное назначение	Принадлежность
Днепр — Донец-басс — Харьков	1985	Канал Днепр — Донбасс	142	8,6 239	Питьевое водоснабжение г. Харькова	Госжилкомхоз Украины
Второй Донецкий	1954	Подземные воды в долине р. Сев. Донца	150	2,5 73	Питьевое водоснабжение г. Донецка	Гос. комитет Украины металлург. промышленности

Водород	Год ввода в эксплуатацию	Источник забора, его расположение	Протяженность, км	Промысловая емкость, м ³ /сут	Млн м ³ /год	Основное назначение	Принадлежность
Днепр — Белая Церковь	1987	р. Днепр, Каховское водр.	250	2		Питьевое водоснабжение г. Белой Церкви	Госжилкомхоз Украины
Днепр — Кировоград	1973	Кременчугское водр.	116	1,7	60	Питьевое водоснабжение городов Александрия, Кировограда, Знаменки	То же
Стрый — Львов	1979	р. Стрый	80	54	1,6	Водоснабжение населения и предприятий г. Львова	» »
Межгорное водохранилище — Севастополь	1988	Северо-Крымский канал	78,5	1,5	51	Питьевое водоснабжение городов Севастополя, Симферополя	» »
Южно-Донбасский	1970	Канал Сев. Донец — Донбасс	158	47,5	5,4	Водоснабжение населения и предприятий г. Мариуполя	Гос. комитет Украины металлург. промышленности
Днепр — Западный Донбасс	1986	р. Днепр	70	170	1,4	Питьевое водоснабжение трех районов Днепропетровской обл.	Гос. комитет Украины угольной промышленности
Днепр — Одесса	1968	р. Днепр, Беляевский водозабор	28	43,8	1,0	Водоснабжение населения и предприятий г. Одессы	Госжилкомхоз Украины
Днепр — Черновцы	1982	р. Днепр	30	420	1,0	Водоснабжение населения и предприятий г. Черновцы	То же

**Таблица 11.31. Водохранилища объемом 1 млн м³ и более
(на 1.01.1990 г.)**

Бассейн реки	Количество водохранилищ, шт	Объем воды при НПУ, млн м³	Площадь водного зеркала при НПУ, км²
Днепр	510	45 987,20	7668,90
Сев. Донец	130	2007,26	423,47
Юж. Буг	192	849,83	322,03
Днестр	58	3309,97	278,38
Дунай	33	1308,0	530,59
Висла	11	69,53	30,26
Реки Причерноморья	47	851,85	289,15
Реки Приазовья	106	752,76	107,52
Всего	1087	55 136,40	9650,30

Примечание. Здесь и далее в бассейн р. Дуная включены бассейны рек Тисы, Прута, Ялпуха, Катлабуха, Картала; в бассейн р. Вислы — бассейны р. Зап. Буга до границы с Беларусью и р. Саном; в бассейн рек Причерноморья — оз. Сасык, от устья р. Дуная до границы с Россией, западно- и южное Побережье Крымского п-ова, а также рек Альмы, Качи, Бельбека, Черной; в бассейн рек Приазовья — побережье Азовского моря от восточного побережья Крымского п-ова до р. Дона, включая реки Салгир, Молочную, Берду, Кальмиус, Кальчик, Миус, Кринку.

**Таблица 11.32. Водохранилища объемом более 10 млн м³
(на 1.01.1990 г.)**

Бассейн реки	Количество водохранилищ, шт.		Параметры водохранилищ при НПУ			
			Объем, млн м³		Площадь водного зеркала, км²	
	Всего	В том числе объемом более 100 млн м³	Всего	В том числе более 100 млн м³	Всего	В том числе более 100 млн м³
Днепр	37	7	44 952,2	44 166,5	7150,03	6932,80
Сев. Донец	16	4	1711,7	1429,3	318,60	258,90
Юж. Буг	12	1	403,6	150,8	85,68	20,30
Днестр	7	1	3194,9	3000,0	199,10	142,0
Дунай	5	4	1190,0	1166,0	177,80	176,20
Висла	4	—	49,6	—	22,40	—
Реки Крыма	17	—	492,8	—	62,70	—
Реки Приазовья	5	—	176,2	—	118,70	—
Реки Причерноморья	7	1	634,8	530,0	226,60	208,0
Всего	110	18	52 805,8	50 442,6	8361,61	7738,20

Таблица 11.33. Сведения о прудах по бассейнам основных рек
(на 1.01.1990 г.)

Бассейн реки	Количество прудов, шт	Полный объем воды, млн м ³	Площадь водного зеркала, км ²
Днепр	12 570	1536,81	1086,38
Сев. Донец	1872	172,24	112,74
Юж. Буг	6875	657,42	418,30
Днестр	2742	230,37	216,81
Дунай	602	56,55	38,30
Висла	511	35,37	23,37
Причерноморье	1330	116,46	77,10
Приазовье	994	180,88	110,20
Всего	27 496	2986,10	2083,20

нию или полному прекращению родникового стока. С другой стороны, снижение уровня грунтовых вод способствует усилению питания подземных вод путем сокращения испарения с их уровня, а также позволяет улучшить мелиоративное состояние земель (мелиоративный эффект) и уменьшить водопроитки к разрабатываемым месторождениям твердых полезных ископаемых;

уменьшение или даже периодическое прекращение стока рек за счет сокращения естественной разгрузки, а также изъятия части транзитного стока, обмеление озер. При этом наблюдается сокращение живого сечения реки (глубины и ширины) или площади водоема;

просадка земной поверхности, связанная с процессами вторичной консолидации осушенных пород и депрессионным уплотнением песчаноглинистых толщ при снижении пластового давления;

интенсификация суффозионно-карстовых процессов, изменение фильтрационных параметров водовмещающих отложений.

Прежде чем перейти к рассмотрению выделенных процессов, кратко охарактеризуем современное состояние отбора подземных вод на территории Украины. В настоящее время подземные воды широко используются в народном хозяйстве для водоснабжения, орошения земель и обводнения пастбищ, а также для лечебных целей (минеральные воды), как сырье для извлечения ценных компонентов (промышленные воды) и для теплофикации (термальные воды). Несомненно, наиболее существенное влияние на геологическую среду оказывает отбор пресных подземных вод, которые на современном этапе являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населения страны. Это объясняется рядом преимуществ, которые имеют подземные воды по сравнению с поверхностными в качестве источника питьевого водоснабжения, в первую очередь из-за лучшей защищенности от загрязнения. В связи с этим у нас, как и во многих других странах, значительно увеличилось использование подземных вод для питьевого водоснабжения. Если в начале 1950-х гг. доля подземных вод в коммунальном водоснабжении не превышала 10—15 %, то в настоящее время большая часть городов удовлетворяет потребности в питьевой воде за счет подземных источников. На подземных водах основано водоснабжение большинства городов Прибалтики, Беларуси, Армении, Грузии, Таджикистана, центральной части Европейской территории России, северных районов Украины, Узбекистана. В последние годы значительно увеличился отбор подземных вод в Сибири и на Дальнем Востоке, где они играют существенную роль в водоснабжении ряда краевых и област-

ных центров и крупных промышленных районов. Значительно увеличился отбор подземных вод и для орошения земель, главным образом в аридных районах (Крым, Средняя Азия, Закавказье, Южный Казахстан, Северный Кавказ). Использование подземных вод для этих целей оценивается величиной порядка 300 м³/с [II.15].

Увеличение отбора подземных вод сопровождалось его концентрацией (увеличением отбора с единицы площади). Значительно увеличилось количество крупных централизованных водозаборов, дебиты которых составляют сотни литров, а иногда и кубические метры в секунду. Резкое увеличение отбора подземных вод и его концентрация привели к необходимости изучения и оценки изменений природной (в том числе и геологической) среды под влиянием этих факторов.

Следует отметить, что проявление тех или иных изменений природной среды и масштабы этих изменений в процессе эксплуатации водозаборных сооружений во многом определяются гидрогеологическими условиями, в которых происходит отбор подземных вод. С этой точки зрения можно выделить пять основных типов гидрогеологических условий, различающихся последствиями эксплуатации подземных вод [II.30].

К первому типу относятся гидрогеологические условия, характеризующиеся эксплуатацией глубоко залегающих водоносных горизонтов, перекрытых слабопроницаемыми или практически водоупорными породами мощностью несколько десятков метров, в артезианских бассейнах платформенного типа. Эксплуатация подземных вод здесь происходит при неустановившемся режиме. В процессе эксплуатации формируются крупные воронки депрессии, площади которых достигают десятков тысяч квадратных километров, а понижение уровня в центре депрессии — 100 м и более. Отмечается подтягивание контуров соленых подземных вод, а в районах морских побережий — и интрузия морских вод.

Как правило, эксплуатация водозаборных сооружений в рассматриваемых условиях не оказывает существенного влияния на изменение составляющих питания и разгрузки лежащих выше водоносных горизонтов. В то же время изменение давления в процессе снижения уровня подземных вод на эксплуатируемые отложения, а также на лежащие выше слабопроницаемые глинистые породы приводит к вторичной консолидации последних, что вызывает в ряде случаев оседание земной поверхности.

Ко второму типу можно отнести гидрогеологические условия, в которых отбор подземных вод осуществляется главным образом из неглубоко залегающих напорных водоносных горизонтов, хорошо связанных с покрывающими водоносными горизонтами через «гидрогеологические окна» или слабопроницаемые отложения. В этих условиях основным источником формирования эксплуатационных запасов подземных вод являются ресурсы смежных водоносных горизонтов, поступающие в эксплуатируемый пласт. В отличие от гидрогеологических условий первого типа в этих случаях эксплуатация подземных вод при постоянном расходе происходит при режиме, близком к установившемуся. Здесь формируются воронки депрессии меньшей площади (сотни квадратных километров) и меньшей глубины (до 50—60 м). Эксплуатация водозаборов подземных вод в рассматриваемых условиях приводит к достаточно существенным изменениям баланса подземных вод как эксплуатируемого, так и смежных водоносных горизонтов. Если в естественных условиях, как правило, происходила разгрузка подземных вод лежащих ниже напорных горизонтов в лежащие выше грунтовые, то при эксплуатации происходит изменение соотношения уровней и перетекание подземных вод из грунтовых в напорные. Это приводит к снижению уровня в смежных грунтовых водоносных горизонтах с изменением условий разгрузки грунтовых вод, в том числе и путем испарения с их уровня. В связи с этим в рассматриваемых условиях возможно

Таблица 11.34. Сведения о водохранилищах и прудах

Река	Куда впадает	Длина реки на территории Украины, км	Притоки длиной более 10 км	
			Количество, шт.	Длина, км
Сан	Висла	56	27	631
Сирет	Дунай	100	14	269
Прут	»	199(299)	88	1977
Когильник (дук)	(Кун-Лиман Сасык	149(118)	24	870
Стрый	Днестр	239	29	534
Серет	»	248	30	599
Збруч	»	247	22	487
Ингул	Бугский лиман	354	26	718
Стырь	Припять	381(424)	48	1310
Горынь	»	577	150	3995
Случь	Горынь	451	82	1978
Уборть	Припять	172	34	720
Тетерев	Днепр	365	84	2130
Уж (Уша)	Припять	256	41	980
Сейм	Десна	228	25	794
Снов	»	190(200)	29	788
Остер	»	199	4	79
Рось	Днепр	346	62	1724
Сула	»	363	46	1409
Удай	Сула	327	23	604
Псел	Днепр	520	41	1200
Хорол	Псел	308	16	295
Ворскла	Днепр	335(317)	53	1514
Орель	»	384	27	914
Самара	»	320	20	811
Волчья	Самара	323	44	1424
Ингулець	Днепр	549	38	1278
Салгир	Залив Сиваш	204	11	521
Кальмиус	Азовское море	209	42	993
Миус	То же	88(90)	35	897
Оскол	Сев. Донец	287(185)	20	389
Айдар	»	209(217)	6	229
Кундрючья	»	25	1	11

осушение болот, угнетение растительности и другие изменения общих ландшафтных условий.

К третьему типу следует отнести условия, характеризующиеся эксплуатацией водоносных горизонтов, воды которых имеют активную гидравлическую связь с постоянно действующими крупными реками, с расходом, значительно превышающим дебит водозаборных сооружений. В этих случаях основным источником формирования эксплуатационных запасов являются привлекаемые ресурсы подземных вод, разгрузка которых в ненарушенных условиях происходила либо в реку, либо путем испарения. Здесь формируются весьма небольшие депрессионные воронки (радиусом несколько километров и глубиной 20—30 м) при стабильном режиме фильтрации. Эксплуатация водозабор-

в бассейнах рек длиной более 200 км (на 1.01. 1990 г.)

Водохранилища		Пруды		Водохозяйственный баланс при обеспеченности	
Количество, шт	Объем, млн м ³	Количество, шт.	Объем, млн м ³	75 %, млн м ³ /год	95 %, млн м ³ /год
2	25,5	251	10,7	+1,57	+68,5
—	—	50	2,60	+269,5	+70,5
2	4,53	414	31,62	+2693,0	+1249,0
2	3,46	47	3,95	—12,1	—31,1
—	—	57	2,56	+933,38	+538,04
7	57,0	44	7,33	+241,81	+154,29
7	18,0	167	23,36	+66,22	+62,66
26	99,76	673	80,9	+104,8	—38,9
4	54,54	353	58,7	+749,5	+443,1
24	56,50	1133	138,60	+1453,8	+758,4
16	30,03	628	72,92	+775,4	+316,8
1	1,45	21	4,75	+126,6	+66,6
14	94,03	520	92,84	+538,5	+149,4
1	1,80	118	13,97	+296,7	+82,7
15	40,75	306	47,98	—	—
—	—	69	4,34	—	—
—	—	68	6,05	+49,30	—2,78
48	111,40	1869	189,09	+344,98	+105,89
9	34,15	468	55,94	+416,63	+206,62
2	6,80	321	43,64	+222,41	+97,35
32	75,01	401	72,42	—	—
7	22,92	244	24,73	+66,48	+5,35
28	64,17	677	57,38	—	—
12	32,78	597	42,51	+127,2	+8,8
49	121,41	383	86,24	+123,4	—33,3
37	163,77	669	66,89	+54,4	—10,6
32	533,26	671	102,93	—181,7	—354,9
5	82,07	176	15,12	—87,5	—95,5
22	250,84	158	29,00	—39,0	—121,0
24	107,0	113	27,04	+148,9	+50,9
6	490,39	102	5,38	—158,08	—309,88
9	35,59	37	6,27	+224,09	—122,35
1	0,056	8	1,80	—	—

ных сооружений в условиях этого типа сказывается главным образом на поверхностном стоке, так как на 90—95 % расход водозабора формируется за счет привлечения поверхностных вод и прекращения подземного питания рек. Однако, так как дебит водозабора обычно существенно меньше, чем расход реки, каких-либо значительных изменений поверхностного стока при этом не происходит. В то же время существенное изменение может испытывать качество подземных вод (происходит опреснение вод, их обезжелезивание, а в отдельных случаях и их загрязнение).

К четвертому типу относятся условия, характеризующиеся эксплуатацией водоносного горизонта, связанного с поверхностными водами. Однако в отличие от третьего типа либо расходы поверхностных водо-

Таблица 11.35. Сведения о действующих водохранилищах объемом более 1 млн м³ и прудах (на 1.01.1990 г.)

Область	Водохранилища			Пруды		
	Количество, шт.	Полный объем, млн м³	Площадь зеркала, тыс. га	Количество, шт.	Полный объем, млн м³	Площадь зеркала, тыс. га
Винницкая	70	324,8	12,24	3197	271,2	22,16
Волинская	11	19,1	0,85	387	26,9	3,03
Днепропетровская	121	945,0	20,59	1242	155,1	9,19
Донецкая	147	885,8	19,45	1012	196,5	8,62
Житомирская	41	160,6	6,76	778	116,0	9,80
Закарпатская	9	52,1	1,11	57	8,3	0,45
Запорожская	28	97,6	3,91	849	89,9	5,85
Ивано-Франковская	3	63,5	1,67	583	29,8	2,32
Киевская	56	194,0	9,30	2386	235,2	18,15
Кировоградская	77	246,3	8,72	1915	215,8	13,38
Крым	21	336,8	3,60	817	80,7	3,05
Луганская	60	216,7	5,68	302	69,4	2,67
Львовская	22	90,8	4,17	1171	81,6	5,53
Николаевская	42	310,2	6,62	870	109,7	8,97
Одесская	52	1957,9	78,07	825	64,4	6,75
Полтавская	60	129,1	5,74	1217	222,1	15,13
Ривненская	11	70,7	3,49	423	75,6	6,27
Сумская	45	109,3	5,31	1195	161,6	8,92
Тернопольская	17	73,2	3,24	480	58,3	5,54
Харьковская	50	1526,2	32,59	1908	113,9	9,81
Херсонская	29	216,5	12,43	717	73,3	4,93
Хмельницкая	60	153,2	9,81	1796	142,7	12,01
Черкасская	32	118,1	5,40	2268	250,9	16,25
Черновицкая	3	3004,5	14,34	427	37,9	2,71
Черниговская	14	34,4	1,84	674	99,3	6,83
Итого	1081	11 336,4	276,93	27 496	2986,1	208,32
Днепровский каскад	6	43 710,0	688,70			
Всего в Украине	1087	55 046,4	965,63			

токов в определенные периоды соизмеримы с расходами водозабора, либо эти водотоки замерзают или пересыхают, либо отмечается затрудненная связь поверхностных и подземных вод. Для этих условий характерно периодическое осушение эксплуатируемого или лежащего выше горизонта в меженные периоды, которые могут сопровождаться исчезновением озер, родников, осушением болот и т. д. В этот период возможно полное прекращение стока на отдельных участках реки. В паводки происходит восполнение сработанных запасов подземных вод.

К пятому типу относятся гидрогеологические условия, характеризующиеся наличием ограниченных по площади структур и массивов горных пород, основной особенностью которых является практическая замкнутость баланса подземных вод в пределах рассматриваемой структуры. В зависимости от расхода водозабора, режима эксплуатации и расположения водозабора относительно контуров разгрузки подземных вод в формировании эксплуатационных запасов подземных вод основную роль играет либо перехват естественной разгрузки (естественные ресурсы), либо наряду с этим процессом и сработка естествен-

ных (емкостных) запасов подземных вод. В обоих случаях сокращение или уменьшение разгрузки подземных вод может привести к изменению окружающей среды (высыханию болот, уменьшению поверхностного стока, сокращению транспирации растительностью и т. д.). Такое последствие отбора подземных вод, как активизация карстово-суффозионных процессов, возможно в любом типе гидрогеологических условий при наличии карбонатных закарстованных водовмещающих пород.

Таким образом, возможные изменения тех или иных компонентов природной среды при эксплуатации водозаборных сооружений и масштабы этих изменений определяются гидрогеологическими условиями, что необходимо учитывать при изучении этих процессов. Следует отметить, что до последнего времени каких-либо целенаправленных научно-исследовательских и обобщающих работ по оценке возможных изменений геологической среды под воздействием эксплуатации подземных вод практически не проводилось. Исключительно слабо поставлены наблюдения за режимом отдельных компонентов природной (в том числе и геологической) среды в процессе эксплуатации водозаборов подземных вод. При этом если наблюдений за расходами водозаборных сооружений, уровнями подземных вод и содержанием в них некоторых компонентов явно недостаточно, но все же они имеются, то наблюдений за изменением поверхностного стока, положением поверхности земли, развитием карстовых процессов, изменением ландшафта и т. д., по существу, почти не проводится.

Крупные депрессионные воронки под влиянием работы централизованных водозаборов сформировались в Днепровско-Донецком и юго-западной части Московского артезианских бассейнов. Обширные воронки создались и в краевой части бассейна — в районе г. Киева, где отбор подземных вод в количестве около $6 \text{ м}^3/\text{с}$ привел к образованию двух депрессий: в сеноманском горизонте площадью 9 тыс. км^2 и понижением около 80 м и в юрском горизонте площадью 16 тыс. км^2 и понижением 90 м . Модуль эксплуатационного водоотбора составляет здесь от $0,1—0,5$ до $1—2 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

В Равнинном Крыму многолетний усиленный отбор подземных вод, главным образом для орошения, значительно превышающий эксплуатационные ресурсы подземных вод, привел к коренной перестройке гидрогеологических условий. Интенсивный отбор подземных вод, максимум которого в 1974—1975 гг. превышал $20 \text{ м}^3/\text{с}$, привел к образованию региональных депрессий в миоценовых водоносных горизонтах, вторжению соленых морских вод в водоносные горизонты, перетеканию солоноватых вод из неэксплуатируемых водоносных горизонтов в эксплуатируемые, что в свою очередь вызвало изменение качества вод эксплуатируемого горизонта. Так, в районе г. Красноперекопска минерализация подземных вод в миоценовых водоносных горизонтах с 1964 по 1975 г. возросла с $0,5$ до $3,5 \text{ г/л}$. В связи с принятыми в регионе мерами по уменьшению отбора подземных вод и искусственному пополнению запасов гидрогеологическая обстановка здесь несколько улучшилась.

Отбор подземных вод из грунтовых водоносных горизонтов, а также из напорных горизонтов, связанных с грунтовыми, во многих случаях приводит к снижению уровня грунтовых вод, увеличению мощности и снижению влажности зоны аэрации, что сказывается на изменении общих ландшафтных условий, и в первую очередь на условиях произрастания растительности. К сожалению, в настоящее время, по существу, отсутствуют исследования влияния положения уровня подземных вод на различные виды растительности в разных природных условиях. Очень мало имеется и непосредственных наблюдений за изменением ландшафтных условий в районах эксплуатации подземных

Таблица 11.36. Основные данные о водохранилищах

Характеристика	Водохра		
	Киевское	Каневское	Кременчугское
Год постройки	1964—1966	1973	1959—1961
Площадь водосбора, тыс. км ²	239	336	382
Средний многолетний бытовой расход, м ³ /с	1070	363	—
Средний годовой (бытовой) объем стока, км ³	33,1	43,9	47,8
То же, $P = 50 \%$	32,5	43,1	47,0
Наибольший наблюдаемый расход (1931 г.), м ³ /с	15 300	23 200	23 900
Наименьший наблюдаемый расход в межень, м ³ /с	200—300	200—300	200—300
Отметки нормального подпорного горизонта (НПУ), м	103,0	91,5	81,0
Отметка горизонта навигационной сработки (УНС), м	102,0	91,5	79,0
Отметка горизонта мертвого объема (УМО), м	101,5	91,0	75,75
Допускается ли форсировка над НПУ при катастрофическом паводке	Да	Да	Да
Площадь зеркала водохранилища при НПУ, км ²	922	581	2252
Длина водохранилища по оси, км	110	123	149
Максимальная ширина водохранилища, км	12,0	8,0	28,0
Средняя ширина водохранилища, км	8,4	5,5	15,1
Максимальная глубина водохранилища при НПУ, м	14,5	21,0	21,0
Средняя глубина водохранилища, м	4,0	4,4	6,0
Полный объем водохранилища при НПУ, км ³	3,73	2,50	13,52
Мертвый объем водохранилища при УМО, км ³	2,56	2,20	4,55
Рабочий объем водохранилища, км ³	1,17	0,30	8,97
Ведется ли регулирование	Ограниченное сезонное	Недельное, суточное	Годовое

Днепровского каскада, ГЭС и защитных сооружениях

нылище

Днепродзержинское	Днепровское	Каховское	Итого
1963	1933, 1947	1955	1932—1973
434	464	482	2328
—	—	—	—
52,0	52,0	52,2	52,2
51,0	51,2	51,2	51,2
24 100	24 500	19 300	—
200—300	200—300	200—300	200—300
64,0	51,4	16,0	Уклон 87 м/ 1000 км
63,50	51,4	14,0	—
63,50	48,5	12,7	—
Да	Нет	Да	—
567	410	2155	6887
114	129	230	855
8,0	7,0	25,0	—
5,1	3,2	9,3	—
16,0	53,0	24,0	—
4,3	8,0	8,4	—
2,46	3,32	18,18	43,71
1,96	2,47	11,4	25,14
0,50	0,85	6,78	18,57
Недельное, суточ- ное	Недельное, суточ- ное	Годовое	—

Характеристика	Водохра		
	Киевское	Каневское	Кременчугское
Ведется ли регулирование высоких половодий рабочей емкостью	Нет	Нет	Да
Коэффициент емкости водохранилища (к среднему стоку), %	3,5	—	18,6
Затопление земель, тыс. га	109,3	55,3	246,3
В том числе с/х угодий, тыс. га	53,1	2,6	120,9
Из них пахотных и приусадебных, тыс. га	10,8	2,0	43,9
Протяженность водозащитных дамб, км	69,2	78,4	88,1
Количество насосных станций (в числителе), суммарная производительность (в знаменателе), м ³ /с	$\frac{2}{66,4}$	$\frac{8}{158,6}$	$\frac{9}{196,6}$
Орошение из водохранилищ, тыс. га	8,6	28,7	39,0
Улов рыбы (1983 г.), тыс. ц	12,3	5,7	63,0
Нерестово-выростное рыбное хозяйство (растительноядных рыб)	—	Каневское, 191 га, 0,7 млн малька/год	Кременчугское, 1430 га, 3 млн малька/год
Установленная мощность ГЭС, тыс. кВт	575(ГЭС — ГАЭС)	444	625
Выработка среднегодовая ГЭС, млн кВт/ч	835	823	1506
Себестоимость 1 кВт/ч, коп. (1978—1983)	0,42	0,42	0,20

вод. Тем не менее имеющийся материал свидетельствует о том, что снижение уровня подземных вод в районах эксплуатации в определенных условиях приводит к угнетению и гибели растительности, хотя эти факты отмечаются не очень часто и на достаточно ограниченных участках. Как пример влияния эксплуатации подземных вод на изменение растительности можно привести р. Сев. Донец, где после прекращения попусков в маловодный период в связи с осушением аллювия наблюдалось исчезновение пойменных, старичных озер и высыхание лесов.

Как уже отмечалось, отбор подземных вод оказывает существенное влияние на поверхностный сток, особенно при эксплуатации подземных вод в гидрогеологических условиях четвертого и пятого типов, когда эксплуатация подземных вод приводит к уменьшению поверхностного стока. Однако влияние отбора подземных вод на изменение поверхностного стока неоднозначно, могут наблюдаться случаи, когда

яилище			
Днепродзержинское	Днепроовское	Каховское	Итого
Нет	Нет	Да	—
—	1,6	12,8	—
69,8	9,3	219,9	709,3
28,4	3,3	42,5	250,8
9,8	0,6	6,1	73,8
78,0	—	44,2	357,9
9		5	33
20,6	—	61,7	503,9
248,6	136,3	886,1	1347,3
10,7	6,5	80,6	178,8
Днепродзерж. (строится), 2,1 млн малька/год	—	Каховское, 730 га, 2,2 млн малька/год	8,0 млн маль- ка/год расти- тельнаядных
352	650(I очередь)	351	3825
	828(II очередь)		
1250	3640(I очередь)	1420	9974
	500(II очередь)		
0,16	0,10	0,12	0,24 (среднее по каскаду)

при эксплуатации подземных вод не происходит уменьшения поверхностного стока, а даже фиксируется его некоторое увеличение.

Возможные изменения подземного питания рек в связи с эксплуатацией подземных вод в Мещерской низменности анализировались в Государственном гидрологическом институте [11.40]. Проведенные исследования показали, что в результате эксплуатации подземных вод модуль подземного питания рек уменьшился на 50 %, а норма общего стока рек, попавших в пределы депрессионной воронки, уменьшилась на 20 %.

Существенно повлиял на сток рек Предкарпатья отбор подземных вод для водоснабжения г. Львова. Интенсивная эксплуатация подземных вод привела практически к полному поглощению меженного стока малых рек года 50%-ной обеспеченности.

Как уже отмечалось, отбор подземных вод оказывает определенное

Таблица II.37. Количество и площадь зеркала озер и лиманов по бассейнам главных рек Украины

Бассейн реки	Всего озер и лиманов	
	Количество, шт.	Площадь зеркала, км ²
Висла	787	109,4
Дунай	112	27,0
Днестр	167	410,2
Юж. Буг	92	176,6
Днепр	4820	1248,4
Сев. Донец	707	54,4
Реки Причерноморья	767	641,1
Реки Приазовья	263	227,0
Реки Крыма	349	428,6
Всего	8064	3322,7

влияние на оседание земной поверхности. Динамика развития оседания при отборе подземных вод определяется рядом факторов — интенсивностью водоотбора, величиной снижения напора, геологическим строением района, мощностью сжимаемых пород, степенью их первичной консолидации. Наиболее интенсивные оседания отмечаются в молодых несцементированных или полусцементированных, недоуплотненных отложениях с большой пористостью. Следует отметить, что отсутствие целенаправленных наблюдений за процессами оседания не позволяет дать достаточно полную их характеристику, однако имеющиеся данные свидетельствуют о необходимости учета этих последствий интенсивного водоотбора.

Так, в районе г. Таллинна многолетний отбор подземных вод привел к оседанию поверхности земли, в частности на площадях развития погребенных долин в четвертичных отложениях, при эксплуатации протерозойско-нижнекембрийского водоносного комплекса. Наибольшая интенсивность оседания наблюдается в приустьевых частях погребенных долин, где скорость оседания составляет 0,8 см/год. Наиболее интенсивное оседание отмечено в Центральной погребенной долине, где оно с начала XX в. составило 0,68 м [II.44].

Эксплуатация подземных вод трещинно-карстовых водоносных горизонтов часто приводит к активизации карстово-суффозионных процессов. На участках, где карстующиеся породы перекрыты несцементированными песчано-глинистыми отложениями, отбор подземных вод способствует образованию провальных воронок и деформации земной поверхности. Провальные явления могут быть связаны с выносом в результате механической суффозии твердых частиц породы по трещинам из карстовых полостей, заполненных вторичными образованиями; механический вынос песчано-глинистых пород может происходить и из перекрывающих карстующиеся породы пластов. Усиление карстообразования связано с расширением существующих трещин и карстовых полостей за счет растворения карбонатных пород при усилении скорости движения подземных вод и поступления в пласт вод с повышенной растворяющей способностью из современных областей питания.

Приведенная краткая характеристика влияния отбора подземных вод на изменение отдельных компонентов природной среды показывает, что при определении перспектив использования подземных вод необходимо учитывать возможные природоохранные ограничения. Это предъ-

являет новые требования к оценке эксплуатационных запасов подземных вод и методике их разведки. Как известно, разведочные работы на месторождениях подземных вод направлены на получение комплекса исходных данных для построения гидрогеологических моделей условий формирования эксплуатационных запасов подземных вод, позволяющих выполнить их комплексную и всестороннюю оценку, учитывающую целевое назначение работ. В свете современных требований [II.118] оценка эксплуатационных запасов подземных вод не ограничивается расчетом производительности водозаборов и прогнозированием возможных изменений качества воды, а включает комплекс вопросов, связанных с промышленным освоением месторождения. Одним из таких вопросов, наиболее ответственным и наименее разработанным с точки зрения учета экологического и экономического риска от последствий принятия решения, является оценка влияния эксплуатации на окружающую среду. До недавнего времени рассмотренные выше последствия отбора подземных вод при оценке их эксплуатационных запасов практически не учитывались. Между тем необходимость учета влияния может привести к существенным изменениям схемы водозабора, ограничению водотбора и даже отказу от использования подземных вод. В связи с этим требует уточнения и само понятие «эксплуатационные запасы подземных вод», в формулировке которого должны быть отражены природоохранные ограничения, а также методика проведения разведочных работ и оценка эксплуатационных запасов. Отметим, что в соответствии с требованиями «Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод» [II.118] материалы подсчета запасов должны включать оценку влияния намечаемого водозабора за расчетный период на поверхностные водные источники, экологические и другие природные условия данного района.

Для выполнения этого требования в процессе гидрогеологических исследований должна быть получена соответствующая исходная гидрогеологическая и инженерно-геологическая информация для обоснованных оценок и прогнозирования изменений гидрогеологических условий, которые могут оказать влияние на разные компоненты природной среды.

Методика инженерного прогнозирования масштабов перечисленных выше последствий отбора подземных вод разработана явно недостаточно, как и требования к гидрогеологическим исследованиям, которые следует проводить для решения указанных задач.

Необходимость инженерного прогнозирования явлений и процессов, связанных с влиянием отбора на окружающую среду, требует поиска оптимальных вариантов прогноза работы водозаборов. «Инженерный запас» в расчетах, который приводит к неоправданно большому и не оцениваемому количественно завышению расчетных понижений, может привести к прямо противоположным результатам в отношении факторов влияния на окружающую среду (завышение «мелиоративного эффекта» или занижение величины снижения уровня грунтовых вод, занижение уменьшения поверхностного стока). Это требует изучения и учета всех факторов, определяющих режим работы водозаборных сооружений. В связи с отмеченным при расчете водозаборных сооружений в расчетных схемах должны учитываться все источники формирования эксплуатационных запасов подземных вод и другие факторы, определяющие режим работы водозаборов независимо от степени достоверности их изученности.

Разная степень детальности и достоверности изученности различных факторов и источников формирования эксплуатационных запасов должна учитываться только при их категоризации. В случаях решения задач, связанных с оценкой влияния водотбора на разные компоненты окружающей среды, использование при расчетах так называемых

Таблица 11.38. Большие озера и лиманы (площадь зеркала более 5,0 км²) Украины

Озеро, лиман	Область	Бассейн реки, моря	Площадь, км²		Глубина, м		Длина, км	Площадь зеркала, км	Объем, млн м³
			водосбора	зеркала	средняя	максимальная			
Луки	Волынская	Висла	124	6,75	2,0	3,2	5,3	2,5	13,0
Орехово	»	»	399	5,5	1,7	3,6	3,9	2,1	10,5
Пудемское	»	»	52,5	16,4	4,4	19,0	6,0	3,6	72,0
Свитязь	»	»	112	27,5	6,3	58,4	7,8	4,1	180,0
Турское	»	»	205	12,0	0,9	2,6	5,6	3,2	12,3
Белое	Одесская	Днестр	—	5,05	—	1,0	2,5	2,0	—
Днестровский лиман	»	»	72 900	360,0	1,5	2,5	40,0	12,0	540,0
Кучурганский лиман	»	»	2 420	20,0	2,5	5,0	15,0	3,0	50,0
Бугский лиман	Николаевская	Юж. Буг	64 500	162,0	—	—	47,0	11,0	—
Белозерский лиман	Херсонская	Днепр	1 470	15,6	—	—	—	—	—
Днепровский лиман	Херсонская	Днепр	505 800	800,0	—	5,0	55,0	—	—
Збурьевский лиман	»	»	—	20,0	4,0	4,5	9,0	3,0	80,0
Кардашиский лиман	»	»	—	5,08	—	5,0	5,0	1,5	—
Лиман им. Ленина	»	»	22 590	17,2	—	—	—	—	—
Харьковская	»	Сев. Днестр	42,2	12,5	4,25	5,85	5,9	2,9	53,1
Березанский лиман	Николаевская	Причерноморье	1 770	60,0	—	3,2	26,0	4,0	—
Аджалыкский лиман	Одесская	То же	343	8,0	—	—	10,0	1,0	—
Алибей	»	»	1 320	72,0	—	2,0	10,0	10,0	—
Большой Аджалыкский лиман	»	»	254	7,0	—	—	7,5	1,5	—
Будакский лиман	»	»	156	30,0	—	2,0	15,0	2,7	—
Бурнас	»	»	1 120	22,6	1,0	1,9	10,0	3,0	22,6

Джантшейское	»	30	6,92	—	—	—	—	—	—
Кузлыницкий лиман	»	2 250	56,0	—	3,0	28,0	—	3,0	—
Тузлы	»	192	8,0	—	—	7,0	—	1,2	—
Сухой Лиман	»	347	12,0	—	6,5	9,0	—	1,5	—
Тилигульский лиман	»	5 420	80,0	12,5	19,0	60,0	—	5,0	1000
Хаджибейский лиман	»	2 700	70,0	—	13,0	33,0	—	3,0	—
Хаджидер	»	920	10,0	—	—	5,0	—	2,5	—
Шаганы	»	352	70,0	1,2	2,0	9,0	—	8,0	84,0
Каланчакский лиман	»	763	28,9	—	—	—	—	—	—
Молочное	Херсонская Запорожская	4 500	170,0	1,8	9,0	32,0	—	8,0	306,0
Болгарский Сивашик	Херсонская	—	14,0	—	3,0	24,0	—	3,0	—
Геническое	»	19,2	9,2	—	0,6	4,9	—	2,9	—
Акташское	Крымская	467	26,8	0,07	0,1	8,0	—	3,5	1,88
Айгульское	»	213	37,5	0,1	0,3	18,0	—	4,5	3,75
Бакальское	»	257	7,1	0,5	0,87	4,0	—	3,5	3,55
Джарылгач	»	286	8,3	0,9	1,05	8,5	—	2,3	7,47
Донузлав	»	1 288	48,2	—	27,0	30,0	—	8,5	—
Кызыл-Яр	»	328	8,0	0,03	0,3	5,7	—	1,4	0,24
Кирлеутское	»	101	20,8	0,3	0,6	13,0	—	3,0	6,24
Княтское	»	68,4	12,5	0,2	0,4	10,0	—	2,5	2,5
Кончи-Голь	»	—	5,0	—	—	—	—	—	—
Кояшское	»	23,0	5,01	—	0,6	3,7	—	2,0	—
Красное	»	66,4	23,4	0,3	1,0	13,5	—	2,5	7,02
Ойбурское	»	92,0	5,0	0,3	0,7	4,0	—	1,5	1,5
Панское	»	55,2	5,2	—	1,05	4,5	—	2,2	—
Сакское	»	209	9,7	0,6	1,52	5,5	—	3,0	5,82
Сасык	»	1 064	75,3	0,5	1,2	14,0	—	9,0	37,6
Старое	»	37,2	12,2	0,2	0,8	6,0	—	2,5	2,44
Тобечинское	»	189	18,7	0,1	0,5	9,0	—	4,5	1,87
Узунларское	»	259	21,2	0,05	0,1	10,0	—	5,5	1,06
Цокракское	»	74	8,5	0,8	1,3	4,1	—	3,5	6,8

обобщенных параметров в принципе недопустимо, если они несут в себе информацию не только о параметрах водовмещающих пород, но и об источниках формирования эксплуатационных запасов подземных вод.

Гидрогеологические модели месторождений подземных вод должны быть построены так, чтобы по возможности обеспечивать как расчет самого водозабора, так и прогноз изменения гидрогеологических условий под влиянием отбора подземных вод. При этом следует учитывать, что жесткая схематизация, вполне приемлемая для расчета водозабора, может оказаться совершенно неприемлемой для оценки влияния водозабора на окружающую среду.

В связи с изложенным повышаются требования как к достоверности гидрогеологических прогнозов при оценке эксплуатационных запасов подземных вод, включая природоохранные аспекты, так и к исходной информации, используемой для таких прогнозов.

С необходимостью решения по результатам разведочных работ природоохранных задач связано, как уже отмечалось, уточнение требований к составу, методике и объему гидрогеологических исследований, выполняемых при разведке подземных вод. В целом объемы работ и стоимость изысканий при этом возрастают. При оценке эксплуатационных запасов учет природоохранных задач может привести и к изменению группы сложности гидрогеологических условий и прогнозных ресурсов в соответствии с «Классификацией эксплуатационных запасов подземных вод», с которой должно быть соотнесено то или иное месторождение.

Таким образом, уже при постановке исследований должны быть сформулированы требования к природоохранным ограничениям, что в настоящее время делается только для определения возможных изменений поверхностного стока, да и то принимаемые ограничения не имеют необходимого научного обоснования.

Проведение любых дополнительных исследований следует осуществлять только в тех случаях, когда предварительные оценки и приближенные расчеты показывают, что масштабы изменений природной среды могут иметь существенное значение. Для этого полезно предварительное решение рассматриваемых задач на моделях, приближенных к реальной природной обстановке.

В связи с тем что в большинстве случаев возможные масштабы возмущений при опытных работах в процессе эксплуатации и при разведке несоизмеримы как по интенсивности, так и по продолжительности воздействия, основным методом решения природоохранных задач там, где это возможно, должен стать метод аналогии. Для использования этого метода особое внимание при гидрогеологических исследованиях должно быть уделено обоснованию аналогичности тех факторов, которые являются определяющими в процессах влияния отбора подземных вод на окружающую среду.

При отсутствии водозаборов-аналогов перспективно создание в типовых условиях специальных опытных полигонов и проведение на них комплекса специальных гидрогеологических исследований. Весьма перспективен также одновременный мониторинг всех процессов, сопровождающих отбор подземных вод в районах интенсивно эксплуатируемых месторождений, при этом наблюдения должны вестись как за гидрогеологическими и инженерно-геологическими факторами и процессами, так и за состоянием земной поверхности, изменениями поверхностного стока, растительностью и другими компонентами природной среды.

II.2.6.3. Водные мелиорации

Водные мелиорации представляют собой сложную систему мероприятий, рассчитанных на эффективное использование среды в целях интенсификации сельскохозяйственного производства. Многое при этом зависит от природных условий регионов — их сложности, степени выраженности качественных и количественных взаимосвязей между ландшафтными, биологическими, почвенными и геологическими компонентами. Водные мелиорации — это региональный и весьма динамичный фактор изменений водно-солевого режима, текстурно-структурных признаков, вещественного состава и свойств пород зон аэрации и активного водообмена. Динамика таких изменений, степень их необратимости неравнозначны для массивов в орошаемой и осушаемой зонах территории Украины.

Орошаемая зона. Оросительные мелиорации во многом определяют экологические особенности южных районов Украины. Здесь орошается уже более 2,5 млн га земель. Протяженность межхозяйственной и внутрихозяйственной сети составляет около 60 тыс. км. На каждый гектар в зависимости от влажности года подается от 2 до 4 тыс. м³ поливной воды с минерализацией от 0,4 до 3,0 г/л; потери (особенно на староорошаемых системах, построенных 10—15 лет тому назад) составляют 20—30 %, и за счет этого коренным образом меняется водно-солевой режим почв, грунтов зоны аэрации и покровной толщи, режим, баланс грунтовых вод и более глубоких водоносных горизонтов. Динамика изменений в определенной мере зависит от проектных разработок, применяемых систем сплошного, разреженного или выборочного орошения и, как оказалось, от способа водоподачи на орошаемые массивы.

Наряду с улучшением водного и питательного режимов почв и повышением их биологической активности орошение вызывает подъем грунтовых вод и растворение огромных запасов солей, находящихся в почвах и грунтах зоны аэрации, увеличивает питание залегающих ниже водоносных горизонтов, приток вод и растворов солей к пониженным участкам речных долин и балок — областям разгрузки подземных вод. Орошение вызывает гидроморфизм пород лессового покрова, наконец, активизацию ряда опасных геологических процессов и явлений. В некоторых случаях оно приводит к ухудшению химических, физических и морфологических свойств почв.

Мелиоративно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия определяются геологическим строением массивов. Площади, охваченные водными мелиорациями, по этому признаку делятся на две группы: 1) массивы на речных и комплексных плиоцен-четвертичных и четвертичных террасах (оросительные системы: Краснознаменская, Каховская, Северо-Рогачикская, Очаковская, Дунай-Днестровская и др.); 2) массивы на континентальной плиоценовой равнине (оросительные системы: Ингулецкая, Явкинская, Татарбунарская, большая часть Нижнеднестровской и др.).

На террасовых комплексах под покровной лессовой толщей залегают аллювиальные пески и пестрые супесчано-суглинистые отложения, подстилаемые коренными породами неогена. Для большинства этих массивов характерен активный вертикальный водообмен и горизонтальный отток грунтовых вод. На массивах с недостаточной естественной дренированностью под влиянием фильтрации из ирригационной сети и поливов происходит повсеместный подъем уровня грунтовых вод. Интенсивность этого подъема зависит от фильтрационных потерь, коэффициента земельного использования, условий водопользования и т. д. Например, на Краснознаменском массиве в первые пять лет эксплуатации системы (1960—1964 гг.) на площади до 30 тыс. га

прирост уровня грунтовых вод составил 0,5—3,0 м. В последующие пять лет интенсивность подъема уровня здесь уменьшилась. Максимальные приросты достигли 1,5—2,0 м. Однако влияние орошения на переформирование условий залегания грунтовых вод фиксировалось в региональном плане во всех террасовых комплексах. В 1967—1970 гг. на Краснознаменском массиве интенсивно вводится в эксплуатацию вертикальный дренаж. К 1980 г. было построено около 300 водопонижающих скважин с годовым водозабором порядка 180 млн м³. Под влиянием этого дренажа отмечается дальнейшее изменение условий залегания грунтовых вод. Поверхность водоносного горизонта в итоге приобрела ячеисто-бугристый характер. Последнее в значительной мере усложнило на орошаемых землях водный режим почв и сам почвообразовательный процесс.

Аналогичные изменения условий залегания и распространения претерпели грунтовые воды и на других орошаемых массивах (юг Татарбунарского, Каменский Под и др.). И здесь поверхность сформировавшихся ирригационно-грунтовых вод усложнена созданием вертикального и горизонтального дренажа. Однако в отдельных случаях (Маяко-Беляевская система, север Краснознаменской и др.) подъема грунтовых вод не произошло из-за хорошей дренированности площадей.

Массивы водораздельного типа занимают основное положение в общем балансе орошаемых земель. Их геологическое строение отличается значительной сложностью — неоднородностью и пространственной изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных признаков пород покровной лессовой толщи и наличием в ней литолого-стратиграфических горизонтов с разными природной плотностью и водопроницаемостью. Чередование в нормальном разрезе покровной толщи типично лессовых активно просадочных супесей, легких и средних суглинков, а также лессовидных тяжелых суглинков и глин обуславливает не только достаточно сложные условия с позиций инженерной геологии, но и выявления потенциально возможных коллекторов и водопоров.

На континентальной плиоценовой равнине в результате орошения (большая часть Татарбунарской, Дунай-Днестровская, Нижнеднестровская, Южно-Бугская, Ингулецкая, Явкинская, Каховская, Верхнерогачикская системы и др.) под влиянием фильтрации из ирригационной сети и поливов также произошел подъем уровня грунтовых вод.

Опосредованное влияние на изменение почвенных, гидрогеологических и инженерно-геологических условий оказывают способы водоподачи для орошения. На одних массивах она производится по магистральным каналам на возвышенных участках междуречий, на других — путем серии водохранилищ и прудов в днищах балок и речных долин с каскадным подъемом воды от устьевых их частей к верховьям (типа антиреки).

Там, где магистральные каналы проходят по возвышенным участкам междуречий, в общем сохраняются условия динамики и разгрузки подземных вод по направлению от водоразделов к речным долинам с соответствующей направленностью динамики водно-солевого режима. С той лишь разницей, что поток подземных вод существенно пополняется ирригационными водами и за счет этого создается устойчивая тенденция подъема уровня с последующим изменением водно-солевого режима, формированием верховодок и, наконец, активизацией ряда геологических процессов и явлений (деградация пород с изменением плотностных и фильтрационных свойств, гидроморфный устойчивый режим). Там, где водоподача осуществляется из каскада водохранилищ (Татарбунарская, Явкинская системы и др.) в днищах балок и долин существенно изменены условия водно-солевого режима, формирования и разгрузки подземных вод. В результате не только

усложнена гидрогеологическая, почвенная и инженерно-геологическая обстановки, но и нарушены природные условия отточности грунтовых вод; произошли интенсивные процессы гидроморфизма лессовых пород, активизировались опасные геологические процессы и явления, были подтоплены населенные пункты (долина Дракуля, балки Вереvчина, Барабай и др.). При этом способе водоподачи качество подаваемой воды не удовлетворяет требованиям поливного земледелия.

Выявлены закономерности формирования ирригационных грунтовых вод при сплошном, разреженном и выборочном орошении. При сплошном с началом орошения происходит повсеместный подъем уровня вод. Интенсивность подъема зависит от инженерного состояния системы и исходной глубины залегания зеркала воды. Амплитуда подъема характеризуется наибольшими значениями (табл. II.39). Установившееся

Таблица II.39. Динамика формирования ирригационных грунтовых вод при разных видах орошения

Орошение	Амплитуда прироста грунтовых вод, м/год		
	На поливных землях	На поливных участках	На примыкающих богарных землях
Сплошное	От 0,2—0,8 до 1,5—2,5 (зеркало устанавливается на глубине 1,5—2,5 м)	—	—
Разреженное	—	От 0,2—0,6 до 1,2—1,6 (влияние поливных участков на формирование грунтовых вод богарных площадей сказывается на расстоянии 5—8 км)	В 1,5—3 раза меньше, чем на поливных участках
Выборочное	—	От 0,2—0,4 до 0,8—1,0 (влияние поливных участков на формирование грунтовых вод богарных площадей сказывается на расстоянии до 5 км)	В 3—10 раз меньше, чем на поливных участках

зеркало грунтовых вод локально усложняется подканальными куполами и буграми. Примером таких систем могут быть северо-восточный участок Ингулецкого массива и Шкодогорская система. При разреженном орошении ирригационные грунтовые воды формируются в виде валов и бугров, которые в конечном счете сливаются в единый горизонт. Амплитуда прироста и влияние поливных участков приведены в табл. II.39. Примеры ирригационных систем с разреженным орошением — Нижнеднестровская, Троицко-Граденицкая системы. Наиболее крупные оросительные системы на континентальной плиоценовой равни-

не характеризуются выборочным орошением. Подъем уровня грунтовых вод здесь происходит обычно отдельными буграми с наименьшими значениями прироста (табл. II.39). К числу ирригационных систем с выборочным орошением относятся Ингулецкая, Татарбунарская, Дунай-Днестровская, Явкинская и Каховская системы.

На междуречье Днепр — Молочная с вводом в эксплуатацию Каховского водохранилища, материковой части Северо-Крымского канала, Краснознаменского, Чаплинского и Каховского магистральных каналов и орошения на системах с аналогичными названиями (относящихся преимущественно к террасовому типу) на площади порядка 250 тыс. га произошли существенные изменения в режиме и балансе подземных вод неоген-четвертичных отложений. Они сводятся к следующему. В естественных условиях годовое питание неогенового водоносного комплекса (главным образом за счет перетока грунтовых вод через раздельные слои) здесь составляло 218,4 млн м³. В расходной части общего баланса основного неогенового водоносного комплекса главную роль (72,3 %) играл горизонтальный подземный отток. Значительная часть этих вод (27,8 %) расходовалась на переток в другие водоносные горизонты и на водозаборы для нужд народного хозяйства. На участке р. Днепра, где в последующем было создано Каховское водохранилище, отток составлял 16,2 млн м³/год или 7,4 % общего оттока за пределы исследуемого региона.

В условиях работы Каховского водохранилища, Северо-Крымского канала и орошения питание основного неогенового комплекса составило 294,2 млн м³/год. В расходной части общего баланса подземных вод основного неогенового комплекса преобладал горизонтальный отток (81,1 % общего расхода). На переток в соседние водоносные горизонты и водозабор приходится 18,9 % расходной части баланса подземных вод. Динамические запасы основного неогенового комплекса в условиях функционирования водохранилища и оросительных систем пополнились на 83,4 млн м³. Причем это пополнение за счет Каховского водохранилища равно 37,2 млн м³/год, а потери на орошение — 46,2 млн м³. Питание грунтовых вод до создания Каховского водохранилища и начала орошения этой территории составило 3,7 млн м³/год.

В условиях трансформированного режима питание грунтовых вод плиоцен-четвертичных отложений резко изменилось. За счет потерь из магистральной сети и при орошении собственно питание грунтовых вод составило 158,5 млн м³/год, в том числе за счет потерь из материковой части Северо-Крымского канала — 17,04 млн м³/год, из Краснознаменского канала — 68,2, за счет орошения — 73,22 млн м³/год. Отсюда можно заключить, что в зоне влияния орошения за счет вод Северо-Крымского и Краснознаменского каналов общее количество воды, поступившее в горизонт плиоцен-четвертичных отложений, равно 368,5 млн м³/год. Из них 210 млн м³ ежегодно перетекает через раздельный слой и идет на питание основного неогенового водоносного комплекса. Значительный объем этой воды дрепировается Днепровским лиманом, заливами и лиманами Черного моря.

Подобными расчетами питания грунтовых вод и их взаимосвязи с лежащими ниже горизонтами в более восточных районах Причерноморской впадины (Татарбунарская, Нижнеднестровская, Ингулецкая оросительные системы) установлено, что если в естественных условиях переток грунтовых вод в лежащие ниже горизонты изменялся от 2 до 100 мм/год и в среднем по площади составлял 8—10 мм/год, то в условиях орошения он изменяется от 10 до 250 мм/год и в среднем составляет 25—30 мм/год.

Почти на 40 % орошаемой площади за 10—25 лет орошения сформировался установившийся компенсированный тип режима грунтовых

вод со средними сезонными амплитудами 0,3—0,6 м и глубиной залегания уровня от 1,0—1,5 до 7,0—10,0 м.

В 1988 г. площадь орошаемых земель с глубиной залегания грунтовых вод менее 1,5 м (такие земли обычно относятся к подтопленным) составила 2 % орошаемых угодий, при этом вторично подтопленные земли — 0,2 %, на остальной территории подтопление обусловлено первичными процессами. Это, как правило, земли пойм, низких надпойменных террас, подов и блюдеч. На всех подтопленных землях построен или строится дренаж для обеспечения оптимального водно-солевого режима.

В формировании солевого состава орошаемых почв и грунтов зоны аэрации главную роль играют водный режим почв, минерализация и ионный состав поливной и грунтовой воды. Установлено, что вторичное засоление происходит на площадях с любой глубиной залегания грунтовых вод при минерализации поливной воды 2—3 г/л и более; при глубине грунтовых вод менее 1,5—3,0 м и их минерализации свыше 3—6 г/л; в местах выклинивания грунтовых вод на поверхность. В остальных случаях содержание солей в почвах за 10—25 лет орошения не превышает допустимых значений. Однако если в вероятном составе солей неорошаемых почв преобладают гидрокарбонаты и сульфаты калия, то за 10—25 лет орошения наблюдается увеличение в 2—4 раза токсических солей. Химический состав солей становится хлоридно-сульфатным магниево-натриевым вместо сульфатно-гидрокарбонатного магниево-кальциевого в неорошаемых почвах.

Процессы вторичного засоления почв согласно мелиоративному кадастру в условиях Украины локализованы. В 1988 г. в целом засоленные орошаемые земли не превышали 1,5 % площади орошения; причем на вторично засоленные приходилось до 0,3 %.

Выполнена оценка степени оправданности региональных временных прогнозов в границах ряда действующих крупных государственных оросительных систем. Специальные исследования и обобщения [11.5] показали, что на предпрогножном уровне знаний не могла быть обеспечена исчерпывающая характеристика всего многообразия природных факторов и показателей водно-солевого режима грунтовых вод и зоны аэрации. Выявленные тогда эмпирические зависимости не обладали достаточной устойчивостью и отражали лишь общие тенденции ожидаемых процессов. В итоге получена низкая достоверность прогноза изменения мелиоративной обстановки. Прогнозы были выполнены преимущественно на базе идеализированных представлений, недостаточных исходных данных по граничным условиям, и поэтому обладают невысокой надежностью (табл. 11.40—11.42). Из этих таблиц видно, что расхождения между прогнозными и фактическими значениями глубин залегания грунтовых вод исчисляются сотнями процентов даже при небольших сроках прогноза. Существенны также расхождения между прогнозными и фактическими значениями минерализации грунтовых вод (табл. 11.43, 11.44).

Повышение точности прогнозов определяется не только необходимостью совершенствования теоретических разработок, но и наращиванием натурных исследований для выявления закономерностей влаго- и солеобмена в зоне аэрации и взаимосвязи ее с окружающей средой для определения фильтрационных и коллекторских свойств водонасыщенных и ненасыщенных почв и подстилающих комплексов пород, а также для оценки взаимосвязи грунтовых вод с лежащими ниже водоносными горизонтами.

Увеличение объемов водных мелиораций, освоение в перспективе массивов со сложными геолого-гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями определяют необходимость повышения ответ-

ственности проектных решений, в частности обоснования прогнозов. Это необходимо для экономически эффективного строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений, для рационального использования земельного фонда и охраны среды. Достоверность прогнозов должна обеспечивать качественную и количественную оценку возмож-

Таблица 11.40. Прогнозные и фактические площади с глубиной залегания грунтовых вод до 2 м (1975 г.) на орошаемых массивах, тыс. га

Массив, зона	Площадь		Погрешность прогноза, %	Организация, выполнявшая прогноз, год его выполнения и использованный метод
	прогнозная	фактическая		
Каменский Под	4,7	2,9	+162	НИИ геологии Днепропетровского университета; 1959; моделирование на ЭГДА
Татарбунарский	23,6	5,1	+463	УкрНИИГиМ; 1967; моделирование на гидроинтеграторе Лукьянова
Нижнеднестровский	8,5	2,2	+386	То же
Краснознаменский	42,5	68,1	-62	Укргипроводхоз, НИИ геологии Днепропетровского университета; 1960, 1965 гг.; моделирование на гидроинтеграторе Лукьянова, ЭГДА
Зона Северо-Крымского канала	8,3	5,1	+163	То же и Лаборатория мелиоративной гидрогеологии Киевского университета; 1960, 1963, 1965 гг.; те же методы
Ингулецкий	42,0	9,5	+442	ВСЕГИНГЕО; 1969; балансово-аналитический метод

ной оправданной их погрешности. Без этого нельзя определить степень рационального риска при разных вариантах разработки планируемого орошения или работы отдельных сооружений. Практика показывает, что к экономическим потерям ведет не только недоучет возможных негативных последствий мелиоративных мероприятий, но и необоснованный «инженерный запас прочности». Подобный «запас», в частности, обусловил такое положение, когда в 1986 г. в Одесской обл. сухой дренаж был на площади 2251 га, в Николаевской — на 6075 га. Только на Явкинском массиве орошения построенный дренаж был сухим на площади 3752 га. Это свидетельствует о том, что подход к выбору оптимальных вариантов должен определяться с учетом возможной ошибки и вероятности ее проявления [11.20] (табл. 11.44).

В орошаемой зоне в отличие от гидрогеологических вопросов менее исследованы проблемы инженерной геологии. Следует считать недостаточным, когда сведения об опасных геологических процессах и явлениях ограничиваются формальной фиксацией их проявления и локальными мероприятиями по устранению последствий. Большинство таких процессов и явлений на мелиорируемых площадях не исследовались

комплексно с позиций многофакторности их природы и динамики развития; не разработана система приоритета (степени значимости фактора воздействия) при наличии нескольких неодинаковых, но дополняющих друг друга проявлений: карста и суффозии, оползней, осовов, линейной и плоскостной эрозии, просадок лессового типа, реликтового термокарста и причин повышенной трещиноватости пород и др. Отсутствие таких работ особо недопустимо в случае лессового покрова как наиболее активно подверженного факторам техногенеза.

Многочисленные опасные процессы и явления имеют необратимую направленность, приводящую порой к аварийным ситуациям. Остановимся на нескольких примерах.

На бортах пологих балок Пришивашья в период строительства Северо-Крымского канала произошли прорывы дамб. Через образовавшиеся прорывы вылилось из канала около 5—6 млн м³ воды. На трех участках общей протяженностью до 250 м было повреждено полотно железной дороги, оголен устой железнодорожного моста. В результате на магистральной дороге было прекращено движение поездов до полутора суток. При этом была затоплена часть села — разрушено 12 домов и 7 производственных построек. В опорожненном канале ниже основания дамбы (по исследованиям Укргипроводхоза) были обнаружены карстовые ходы (данные В. С. Леу-ты), возникшие в результате механической суффозии пылевато-глинистых частиц. В природном состоянии последние были связующим цементом для кристаллов гипергенного гипса и тонкозернистого песка. Механическая суффозия сопровождалась (возможно, даже усложнялась) выносом легко- и среднерастворимых солей. Чередование прослоев гипсового песка в составе покровной лессовой толщи было приурочено к склонам пологих балок на глубине 1,5—4 м, реже 5—8 м от поверхности. В процессе изысканий их местоположение было пропущено. В плане и разрезе вмещающей покровной толщи прослой песка не имели определенной ориентировки залегания. Гипс составлял 10—15 %, местами до 40—44 % объема породы, мощность прослоев — 1,5—2,0, реже до 3—5 м. Построенный рядом с дамбой канала глубокий закрытый дренаж значительно увеличил градиенты фильтрационного потока и, как следствие, нарастание скорости фильтрации. Произошла механическая и химическая суффозия с образованием зон ослабленных пород и ряда открытых карстовых полостей размером до 20—30 см.

Прослой гипергенных песков встречаются и в других регионах юга Украины в пологих бортах широких балок и на склонах водоразделов. Поэтому данный пример имеет не только техногенную, но и

Таблица 11.41. Прогнозные и фактические площади с глубиной залегания грунтовых вод до 2 м на орошаемых землях, тыс. га

Год	Площадь	
	прогнозная	фактическая
<i>Татарбунарский массив</i>		
1975	13,4	0,8
1980	22,3	2,1
1985	31,3	3,6
<i>Нижнеднестровский массив</i>		
1975	6,3	0,3
1980	18,5	1,7
1985	18,5	1,4
<i>Ингулецкий массив</i>		
1975	36,4	5,6
1980	49,2	6,8
1985	58,1	7,1

Примечание. Прогнозы выполнены теми же организациями и по тем же методикам, что и в табл. 11.40.

экологическую направленность, поскольку при новых видах строительного освоения площадей может возникнуть подобная ситуация.

Часто основаниями мелиоративных водохозяйственных и гидротехнических объектов являются слабые илестые грунты (например, канал Дунай — Днепр Днепроовско-Бугского гидроузла и др.). Они характеризуются (по данным Ф. А. Новосельского, А. А. Сухореброго и др.)

Таблица 11.42. Прогнозные и фактические площади орошаемых земель с разной глубиной залегания грунтовых вод на землях Явкинской оросительной системы, га

Площадь	Глубина залегания УГВ, м			
	0—2	2—3	3—5	5
Прогнозная	—	9030	11 438	9661
Фактическая	152	1304	5577	23 096

Примечание. Прогноз составлен Институтом агрохимии и почвоведения РАН и кафедрой почвоведения МГУ методом математического моделирования, на пятый год после ввода системы в эксплуатацию

высокой сжимаемостью, обеспечивающей значительные осадки оснований сооружений, низкой водопроницаемостью, малой сопротивляемостью сдвигу, что может привести к потере устойчивости сооружений. Илы под водой являются слабыми основаниями, не способными без предварительного уплотнения нести нагрузку земляных плотин и других сооружений. К сожалению, проведенные в этом плане работы крайне ограничены. Илестые грунты на юге Украины в инженерно-геологическом отношении практически не изучены.

Выше уже отмечалась существенная динамическая неустойчивость лессовых покровов. Общие особенности этих пород приведены в разделе II.1.4.2.5. Здесь лишь акцентируем внимание на некоторых их региональных особенностях.

При строительстве и эксплуатации мелиоративных систем на сильно просадочных лессовых основаниях (на террасах р. Днепра в Херсонской и Запорожской областях, на высоких террасах р. Дуная в пределах межозерий Кагул — Ялпуг — Катлабук, на террасах р. Днестра в пределах Троицко-Граденицкой и Нижнеднестровской систем и др.) при отсутствии противопросадочных и противофильтрационных мероприятий наблюдались деформации каналов и бассейнов с просадками до 2,0—2,5 м, с образованием вдоль каналов типичных в таких случаях обратных уклонов, псевдотеррас и систем открытых трещин.

Большое значение имеют и послепросадочные деформации, составляющие для Дунай-Днестровского, Каховского и многих других орошаемых массивов 16—40 % и более общей деформации [11.68].

В орошаемой зоне, как отмечалось, в составе покровных отложений динамически наиболее активными являются лессовые отложения. Глубина техногенного воздействия на них в отдельных староорошаемых массивах достигает критических уровней. Это, в частности, проявляется в утяжелении механического состава пород, изменении текстурно-структурных признаков и их свойств под влиянием гидроморфизма при орошении за счет фильтрации воды под каналами и другими ирригационными сооружениями. На орошаемых массивах многих систем вскрывались суглинки, отличающиеся по сравнению с исходными (до орошения) более темной окраской, большей глинистостью, слоистостью,

слабым реагированием на HCl , большей пластичностью и даже текучей консистенцией. Такие процессы, в частности, установлены специальными исследованиями на Ингулецком массиве [11.33]. При изысканиях под орошение в нормальном разрезе субэвральные лесовые суглинки бугского и днепровского слоев (по УРМСК), залегающие в зоне аэрации, характеризовались как легкие, реже средние, желтые и серые, разуплотненные.

В 1972—1973 гг. на юге территории этой системы по периферии многочисленных подов установлены утяжеления механического состава, переход их в светло- и темно-коричневые разновидности, увеличения природной плотности с фаціальными замещениями легких и средних суглинков тяжелыми.

Осушаемая зона. Общий фонд заболоченных и переувлажненных угодий составляет 5,5 млн га, из которых 54,5 % земель (3,0 млн га) уже осушено и используется в сельскохозяйственном производстве. Основа осушительных мелиораций на заболоченных и переувлажненных землях Украины — понижение уровня грунтовых вод и отвод с пахотного горизонта почвенно-грунтовых верховодок для регулирования условий водного режима территории. Являясь факторами вмешательства в существующую природную среду, они неизбежно приводят к трансформации установившегося в природе равновесия в самой осушительной системе и на прилегающей к ней территории. Отсюда, с одной стороны, они преобразуют среду в целях удовлетворения возрастающих

Таблица 11.43. Прогнозные и фактические площади с разной минерализацией грунтовых вод на Ингулецком орошаемом массиве (1975 г.), га

Минерализация, г/л	Площадь	
	прогнозная	фактическая
До 1	3,4	10,2
1—3	12,7	9,6
3—5	1,6	0,3
5—10	3,8	1,3

Примечание. Прогноз выполнен в 1969 г. во ВСЕГИНГЕО балансово-аналитическим методом.

Таблица 11.44. Прогнозные и фактические значения минерализации грунтовых вод (г/л) в зоне Краснознаменской и Северо-Крымской оросительных систем

Массив	Прогнозные значения, на конец вегетационного периода через 3—5 лет после начала орошения		Фактические значения на прогнозный период	
	Метод балансовый	Метод Аверьянова	Предельные	Средние
Краснознаменский (совхозы «Память Ильича», «Приморский»)	4,0	4,0	1,3—28,0	7,1
Северо-Крымский (совхозы «Таврический», «Днепровский», «Орловский»)	7,4	7,4	7,5—18,8	11,6

Примечание. Прогноз выполнен в 1960 и 1970 гг. в УНИИПА.

потребностей общества, с другой — нарушают абиотические условия и генетически связанные с ним геоценозы.

Кроме социально-экономического аспекта, осушительные мелиорации оцениваются и с точки зрения обеспечения экологического равновесия. Важен вопрос о количественных и качественных изменениях окружающей и геологической среды с целью предупредить и исключить возможные необратимые отрицательные последствия.

Накоплено много данных о характере и глубине этих изменений, имеющих региональные особенности. Установлено, что под влиянием осушения претерпевают изменения режим и баланс грунтовых вод, гидрология речного стока, солевой состав природных вод, почв, подстилающих грунтов, структура почвенного покрова, активны процессы литификации торфяников и заторфованных грунтов с переходами их в минеральные комплексы. Влияние осушительных мелиораций на водный режим земель сочетается с активной ролью климатических и гидрологических факторов.

В результате понижения осушительной сетью каналов местных базисов эрозии среднегодовые уровни грунтовых вод на осушительных системах понизились на 0,6—0,95 м, что соответствует норме осушения для большинства сельскохозяйственных культур. При этом интенсивное снижение уровня грунтовых вод наблюдалось только в первые два-три года после ввода системы в эксплуатацию. В последующем он стабилизировался и изменения происходили только под влиянием метеорологических факторов и работы гидромелиоративной сети. Нарушенный режим грунтовых вод, сформировавшийся под влиянием осушительных мелиораций, в более сглаженном виде отражает их естественные изменения, но в связи с дренирующим действием каналов спад уровней происходит быстрее. Сроки наступления экстремальных уровней не изменились, амплитуда колебаний увеличилась. Кривые колебаний уровней грунтовых вод на осушаемых массивах в целом синхронны с их динамикой в осушительных каналах. Осушения предопределяют изменения уровня грунтовых вод и на сопредельных территориях. Ширина зоны влияния осушения составляет от 50—150 м (гончарный дренаж) до 300—2500 м (открытая сеть) и зависит от конструктивных особенностей системы, петрографо-минерального состава пород и гидрогеологических условий территории.

В Украине выделяются три территориальные зоны.

1. *Полесская.* Преобладают аллювиально-водно-ледниковые отложения, представленные в основном супесями и разнозернистыми песками. Зона влияния мелиорации на прилегающие территории до 2500 м. В этой зоне исключение составляет Житомирское Полесье, где на кристаллическом фундаменте развиты маломощные песчано-глинистые четвертичные отложения. Зона влияния не превышает 500 м.

2. *Зона Малого Полесья и Подолиш.* Преобладают супесчаные и суглинистые грунты. Зона влияния осушения 300—550 м.

3. *Зона Предкарпаття и Закарпаття.* Сложена повсеместно грунтами тяжелого механического состава (суглинки, глины). Влияние осушения на прилегающие территории незначительное (50—150 м) или вовсе отсутствует.

Однако в практике осушения в результате чрезмерной глубины каналов отмечались и более интенсивные понижения уровня грунтовых вод, что отрицательно влияло на сельскохозяйственные и лесные угодья. Используемые для водоснабжения колодцы нередко становились безводными. Так, в первые годы эксплуатации на осушительных системах Львовской, Волынской и Ривненской областей уровень грунтовых вод понижался ниже 2,0 м.

В отдельных системах, где грунтовые воды гидравлически связаны с первым от поверхности напорным водоносным горизонтом верхне-

меловых и кристаллических отложений (Волинское и Житомирское Полесье), общее снижение уровня грунтовых вод сопровождалось понижением среднегодовых пьезометрических уровней. Например, в осушительной системе «Верховье р. Стоход» они понизились на 0,5 м, в системе «Иква» — на 0,6 м. Этот процесс привел к исчезновению многочисленных восходящих в прошлом источников, а также связанных с ними ручьев.

На примере осушительной системы «Иква» можно констатировать, что после осушения увеличился отток по сравнению с подземным притоком (табл. II.45). Уменьшились расходы грунтовых вод на испа-

Таблица II.45. Изменения режима и баланса грунтовых вод под влиянием осушительных мелиораций (средние многолетние значения)

Состояние	Осадки, мм	Разница между оттоком и притоком, мм	Инфильтрационное питание, мм	Баланс грунтовых вод, мм	Среднегодовой уровень грунтовых вод, см
До осушения	691,9	19,9	—12,9	8,0	61
После осушения	680,0	—97,5	57,7	—39,8	131

рение, в результате чего увеличилось инфильтрационное питание грунтовых вод. Наибольшие значения инфильтрации отмечаются в системах, сложенных торфяными и песчаными грунтами. В результате сработки осушительной сетью уровней грунтовых вод сократилось пополнение их запасов. Как и до осушения, многолетний баланс грунтовых вод уменьшился от пойм рек к склонам долин; основное накопление запасов грунтовых вод преобладает в холодный период, а их сработка — в теплый.

Изменение характеристик речного стока под воздействием осушения связано с типами водного питания земель. При осушении болот и переувлажненных земель с интенсивным грунтово-напорным питанием (долины рек Гологурки, Гнилой Липы) объем речного стока увеличился на 10 % в связи с увеличением перетока грунтовых вод. В условиях атмосферного питания переувлажненных земель (долины рек Боложевки, Струги) объем речного стока почти не изменился. Осушенные земли становятся регуляторами влаги за счет увеличения мощности зоны аэрации. Они перераспределяют сток во времени, срезают высокие пики весенних паводков и увеличивают меженные уровни рек.

В результате осушения улучшился внутренний влагообмен почв и подстилающих грунтов. Исследования в системе «Иква» показали, что после осушения поверхностный сток уменьшился на 121,4 мм, главным образом за счет перевода его во внутрипочвенный. Если до осушения поверхностный сток в среднем составлял 331,0 мм или 47,0 % осадков, то после осушения — 209,6 мм или 34,4 % осадков.

Осушение земель сопровождается изменением солевого состава грунтовых и дренажных вод, почв и подстилающих грунтов. При осушении торфяников (система «Белый Сток», Львовская обл.) интенсифицировались процессы гумификации и минерализации торфа, в результате чего повысилась минерализация, изменился химический состав грунтовых и дренажных вод. Минерализация грунтовых вод торфяников до осушения составляла 613 мг/л, после осушения — 821 мг/л. За 16 лет на осушаемых землях химический состав гидрокарбонатных кальциевых грунтовых вод изменился на сульфатно-гидрокарбонатные

кальциевые. Произошло увеличение содержания аммиака от 0,2 до 0,7 мг/л, что указывает на антропогенное загрязнение грунтовых вод. Такая же тенденция обнаруживается в случае торфяников. Концентрация солей увеличивается в толще торфяников в направлении: зона аэрации — зона колебания грунтовых вод — постоянно обводненная зона. При таком распределении в вертикальном разрезе водорастворимых солей — при повышении уровня грунтовых вод минерализация дренажных вод уменьшается, а при снижении — увеличивается.

Исследования показали, что в средний по обеспеченности осадками год с одного гектара осушаемых земель выносятся с водами поверхностного и дренажного стока около 370 кг минеральных и органических веществ. Основная часть выноса формируется в паводковый (весенний) период и составляет более 60 % годового. Это способствует обеднению почвы и вызывает загрязнение рек. Вынос ядохимикатов усугубляет загрязнение.

При осушении массивов изменяется также структура почвенного покрова. Осушительным мелиорациям подвергаются две резко отличающиеся группы грунтов: минеральные глеевые и органогенные (торфяники), которые сформировались в условиях застойно-промывного водного режима. Исследованиями в системе «Солокия» установлено, что под влиянием осушения из верхних горизонтов минеральных грунтов происходит вымывание глинистых и илистых частиц и аккумуляция их в нижних слоях (иллювий). Это обуславливает изменение механического состава верхних горизонтов за счет относительного увеличения в них песчаных фракций. В то же время иллювиальные горизонты становятся более тяжелого механического состава, уплотняются, водопроницаемость их снижается.

Перераспределение механического состава минеральных почв по глубине приводит к изменению их фильтрационных свойств.

Осушение и сельскохозяйственное использование торфяных почв сопровождается уменьшением общей влагоемкости и пористости, увеличением концентрации твердой фазы в единице объема. В связи с уплотнением и увеличением плотности под влиянием обезвоживания происходит осадка торфяника. В процессе наблюдений установлено, что среднегодовая величина осадки достигла 17 см. Максимальные ее величины (23 см/год) наблюдались в первые три года после осушения. В результате понижения поверхности освоенных массивов возможно вторичное заболачивание торфяника, а в отдельных случаях — нарушение нормальной работы осушительной сети и других сооружений.

К важнейшей в экологическом отношении региональной проблеме относятся эволюция торфяников, заторфованных грунтов и оценка степени их техногенной литификации. В контурах проходных долин, в поймах и на низких речных террасах Полесья в общем балансе земельного фонда сюда относится до 30 % угодий. Для них типичны достаточно обильные осадки земной поверхности. Например, на площадях Смоленской осушительной системы в Нежинском и Куликовском районах мощность торфа за период мелиораций уменьшилась от 2,0 до 0,6—0,3 м с соответствующим изменением механического состава осадков, их плотностей, деформационных и водно-физических свойств. Исследования слабых неконсолидированных грунтов в общем весьма ограничены. Это касается динамики и объемов их усадки, перехода торфа при литификации в минеральные грунты с уменьшением при этом водоудерживающей способности и фильтрационных свойств.

Недостаточно изучено влияние осушительных мелиораций на формирование уровней, а главное, ресурсов грунтовых вод и первого напорного горизонта. По большинству бассейнов нет ясности в вопросе,

как и за счет чего происходит их компенсация, особенно на прилегающих площадях, в какой мере и где вероятна обработка статических запасов.

При осушении торфяных почв усиливается степень разложения и гумификации, возрастают содержание минерального остатка и зольность. Наличие таких количественных и качественных изменений в осушенных торфяниках, особенно при пересыхании верхнего горизонта, способствует его эрозии и дефляции, под действием которых разрушается не только почвенный покров в местах развевания, но происходит заметное снижение плодородия на участках аккумуляции эоловых отложений. Поэтому осадка и сработка торфяников представляют наибольшую опасность в экологическом и природоохранном отношении.

К негативным последствиям осушительных мелиораций следует отнести развитие ветровой эрозии (с обеднением почвенного слоя) в системах, где проектными решениями не были полностью учтены природные условия. Инженерно-геологические процессы (ветровая дефляция) привели на Буг-Золочевской осушительной системе (Львовская обл.) к размыву магистральных каналов и разрушению гидротехнических сооружений. Врез русла магистрального канала в верхнем течении достиг 3—4 м, а в низовьях каналы были полностью занесены аккумулятивным материалом.

В плане водных мелиораций особое место занимают западинные морфоскульптуры — поды и блюдца. Природные их особенности при строительном и народнохозяйственном освоении площадей даны в разделе II.1.4.2.4. Здесь лишь следует констатировать, что эти природные явления как элементы ландшафта, как геологические образования и, наконец, как инженерно-геологические элементы разреза (в данном случае геологические тела оглеенных активно влагеомких, слабопроницаемых пород и находящихся в смежном залегании с ними лессовые отложения) существенно усложняют природные условия мелиорируемых площадей. Они играют значительную роль в общем балансе земельного фонда. В северной половине территории Украины отчетливо проявляются сезонные подтопления блюдец. Существующие способы их мелиорации несовершенны, поэтому здесь, по данным Укргипроводхоза, во влажные годы теряется от вымокания 25—40 % урожая сельскохозяйственных культур.

В отдельных регионах накоплен многолетний опыт сельскохозяйственного использования подовых земель при орошении (Ингулецкая и Явкинская системы). Однако должной эффективности от этого нет. Последнее связано с тем, что отсутствуют глубокие научные проработки по воспроизводству плодородия подовых почв при орошении, по особенностям формирования здесь гидрогеологических и инженерно-геологических процессов. Учитывая значительные площади подовых понижений, в ближайшие годы необходимо провести комплексные исследования таких земель для интенсификации их использования.

В самой зоне осушения лесные угодья нередко сокращаются, а в отдельных массивах даже усыхают. Многочисленны примеры, когда в проектах гидролесомелиорации не учитываются экологические последствия и потери, вызванные осушением. Из-за пестроты размещения сельскохозяйственных угодий, лесных угодий и значительного дренающего влияния осушения (до 2 км и более) целесообразно вообще прекратить лесосушение до полного завершения мелиоративного строительства и стабилизации уровня грунтовых вод на сельскохозяйственных угодьях.

Все изложенное позволяет утверждать, что водные мелиорации в Украине оказывают негативное экологическое воздействие на природную среду. Так, в 1988 г. площадь орошаемых земель с неудовлетворительным мелиоративным состоянием в зоне орошения равна 6,4 %

общей площади орошения, а в зоне осушения — 14,2 %. В зоне орошения площадь поливных земель с неудовлетворительным мелиоративным состоянием, обусловленная комплексом вторичных явлений, составляла всего 3 % общей площади орошаемых земель. По всем мелиорируемым землям с неудовлетворительным состоянием разработан и осуществляется комплекс мер по улучшению сложившейся гидрогеологической и почвенно-мелиоративной обстановки. Современные мелиоративные системы Украины проектируются и строятся с высокой экологической надежностью, поэтому есть основания полагать, что со временем негативные воздействия орошения и осушения на окружающую среду будут уменьшаться. При осуществлении мелиоративных мероприятий необходимо учитывать требования рационального природопользования с учетом обеспечения постоянного повышения плодородия почв, экономного расходования водных ресурсов, сохранения естественных ландшафтов, гармоничной увязки мелиоративных объектов с окружающей территорией на экологической основе.

II.2.6.4. Подтопление и заболачивание территорий

В соответствии с ГОСТ 19185—73 «Гидротехника. Основные положения. Термины и определения» термин *подтопления* обозначает «повышение уровня подземных вод, приводящее к нарушению хозяйственной деятельности на данной территории». Это, как и большинство других определений подтопления [II.82, II.92, II.93], трактует его как процесс подъема уровней грунтовых вод, вызывающий неблагоприятные для человека последствия. Однако определить начало их проявления можно, лишь оценивая подтопление как некое неблагоприятное состояние геологической среды, характеризующееся своими критериями. Наиболее удачным представляется определение, данное А. Б. Ситниковым: это — природно-социальное явление, вызывающее увеличение влажности почв и грунтов, в результате которого резко ухудшается жизнедеятельность растений, разрушаются фундаменты сооружений и происходит ряд сопутствующих неблагоприятных изменений геологической среды [II.77, II.106]. При таком емком понимании подтопления, ориентированном не на внешние его признаки (в частности, подъем уровней грунтовых вод), а непосредственно на неблагоприятное изменение параметров среды, к нему примыкают опасные явления периодического переувлажнения приповерхностного слоя почвогрунтов атмосферными и поверхностными водами, а также водами техногенного происхождения. Такие явления могут быть вызваны аномально обильными и затяжными осадками, излишне интенсивным орошением, поверхностным стоком в понижения местности, наличием переуплотненных и осолонцованных почв, развитием измененных почвогрунтов в подах и западинах.

По Н. И. Плотникову [II.82], подтопление относится к техногенным процессам, характеризующимся притоком вещества и тепла с поверхности Земли в литосферу, соответственно без или с частичным изъятием вещества.

Основные неблагоприятные последствия подтопления связаны с ухудшением корневого дыхания растений, деформацией фундаментов, коррозией и разрушением материалов подземных конструкций и коммуникаций, затоплением подвалов зданий и погребов, выносом к земной поверхности нечистот, с развитием оползней, просадок, карстообразованием, вторичным засолением почв, заболачиванием земель.

Научно обоснованных обобщенных критериев подтопления к настоящему времени нет. Тем более отсутствуют нормы оптимального состоя-

ния почвогрунтов. Однако для расчета дренажей по снижению уровней грунтовых вод существуют определенные ведомственные требования, которыми руководствуются Госжилкомхоз Украины, Госводхоз Украины и другие ведомства. Так, по санитарным нормам для городских территорий глубина залегания грунтовых вод должна превышать 1,5 м. Для селитебных зон эта норма увеличивается, чтобы уровень грунтовых вод был ниже подвальных помещений не менее чем на 0,5 м. Для дорог указанная норма осушения в случае песчаных грунтов составляет 1,2 м, глинистых грунтов — 1,9 м. На мелиорируемых землях так называемые *критические глубины* залеганий грунтовых вод составляют для юга Украины — 1,5—2,0 м, для Полесья — 0,8—1,3 м [II.59]. На территориях карьеров, шахт, отдельных промышленных предприятий норма дренирования превышает десятки метров.

Картирование подтопленных площадей проводится для оценки масштабов подтопления, а также для выяснения предрасположенности к нему отдельных площадей крупных регионов. В первом случае составляются средние и крупномасштабные аналитические карты, во втором — оценочные мелкомасштабные и обзорные карты районирования территории по ее потенциальной подтопляемости. Принцип составления последних — выделение районов по наиболее обобщенным природным особенностям, определяющим условия и скорость подтопления (климат, орогидрография, тектоника, геологическое строение, гидрогеологические условия).

Центральной тематической экспедицией Государственного комитета Украины по геологии и использованию недр выполнено такое районирование для Украины. Согласно ему в Украине широко развиты интенсивно подтопляемые районы, требующие защиты одновременно с освоением. К интенсивно подтопляемым в естественных условиях относятся правобережное Полесье, значительная часть Закарпатья, локально — поймы и участки низких террас. Районы, интенсивно подтопляемые в условиях техногенеза, расположены преимущественно в центральных, восточных и южных областях Украины. Территории, характеризующиеся средней интенсивностью подтопления, распространены на Предкарпатской, Волыно-Подольской, Азово-Приднепровской, Донецкой возвышенностях, на левобережных террасах р. Днепра.

Временно неподтопляемые и неподтопляемые районы имеют подчиненное развитие. К ним относятся горные районы, Тарханкутская равнина, участки левобережных террас р. Днепра, Азово-Приднепровской, Волыно-Подольской и Среднерусской возвышенностей.

По данным Госводхоза Украины и Государственного комитета Украины по геологии и использованию недр, в Украине по состоянию на 1.08.1985 г. в подтопленном состоянии находились 95 тыс. га пахотных земель, 992 сельских населенных пункта. Основная причина — недостаточно обоснованное назначение оросительных норм, сроков и норм полива на существующих оросительных системах и неконтролируемое чрезмерное орошение приусадебных участков.

На орошаемых землях примерно в два раза по сравнению с естественным увеличено водопотупление на поверхности Земли. В связи с этим в пять—десять раз и более возрастает инфильтрационное питание грунтовых вод, отмечается повышение их уровней со средней скоростью 0,1—2,0 м/год [II.59].

В связи с тем что с началом орошения увеличение инфильтрационного питания происходит не мгновенно, а в течение одного—десяти лет [II.5, II.32], то и скорость подъема уровней грунтовых вод за это время постепенно нарастает. При этом формируется положительно-декомпенсированный тип их режима. При подъеме грунтовых вод до глубины 0,5—3,0 м он обычно сменяется установившимся типом

режима, компенсированным испарением, транспирацией и частично подземным стоком [11.5].

Защиту орошаемых земель Украины от подтопления эффективно выполняет дренаж (преимущественно горизонтальный). Однако при широком его применении встает проблема защиты природной среды от больших объемов дренажно-сбросных вод, часто минерализованных и загрязненных ядохимикатами.

В связи с заиливанием малых рек и потерей ими естественной дренирующей способности на территории Украины подтапливается от 400 до 700 сельских населенных пунктов и 60—200 тыс. га сельскохозяйственных угодий, расположенных в поймах рек (около 40 % всех подтопленных земель и населенных пунктов). Таким образом, предстоит расчистить и отрегулировать около 28 тыс. км русел рек.

Подтопление городов зафиксировано практически во всех областях республики. Оно наблюдается в 244 городах и поселках городского типа. В отдельных городах подтапливается до 30 % территории. Особенно неблагоприятная обстановка сложилась в Крыму, Днепропетровской и Одесской областях. Суммарный ежегодный ущерб от подтопления городских территорий превышает 250 млн руб.

Основная причина подтопления городских территорий — утечки хозяйственно-питьевой и производственно-технологической воды из коммуникаций промышленных предприятий, жилищно-коммунальных (водопровод, канализация, теплосеть), потери воды при чрезмерных поливах приусадебных участков и улиц, при сбросе промышленных стоков.

По данным ЦСУ Украины только 73 % количества воды, поступающей в водопроводы централизованного водоснабжения, возвращается в канализацию. Во многих городах подтоплению способствует отсутствие канализационных систем. Централизованное водоснабжение имеется в 415 городах Украины, в 748 (из 908) поселках городского типа, в то время как канализация есть соответственно в 322 и 524 из них.

Самоподтопление городских застроенных территорий часто происходит в три стадии [11.72]. Первая развивается во время строительства объектов. За счет повышенных инфильтрационных потерь поверхностных и атмосферных вод могут возникать отдельные куполообразные повышения уровней грунтовых вод, формироваться верховодки, местные переувлажнения грунтов. Вторая стадия развивается в начальный период эксплуатации построенных объектов. Промачивание грунтов и питание грунтовых вод происходит преимущественно за счет утечек из водонесущих коммуникаций. Происходит расширение куполов грунтовых вод, площадей развития верховодки. Третья стадия подтопления отмечается при дальнейшей эксплуатации сооружений. Под влиянием продолжающегося техногенного питания грунтовых вод происходит слияние отдельных их куполообразных поднятий и непосредственное подтопление инженерных сооружений.

Во многих случаях подтопление городских территорий обуславливается подпором со стороны вблизи расположенных гидротехнических сооружений: водохранилищ, магистральных каналов, прудов-накопителей, а также орошаемых массивов и рек в период паводка.

Подтоплению городов способствуют перепланировка и освоение прилегающих неудобных территорий, что ведет к снижению дренирующей роли балок и оврагов в результате засыпки их слабофильтрующим материалом.

Для борьбы с подтоплением необходимо проведение комплекса специальных мероприятий.

1. Научное обоснование оптимальной водохозяйственной деятельности (режимов, орошения, дренажа, водоотбора) с помощью постоянно действующих гидрогеологических моделей, в том числе опирающихся

ся на натурные исследования, физическое и математическое моделирование влагосолепереноса в почвогрунтах [II.32, II.77, II.106].

2. Расширение и совершенствование службы контроля за режимом грунтовых вод и состоянием почвогрунтов зоны аэрации, в частности путем создания комплексных натуральных полигонов по типу гидрогеологической станции «Феофания» Института геологических наук АН Украины [II.77, II.106].

3. Введение современных методов орошения — подпочвенного, капельного и др.

4. Восстановление дренающей способности малых рек, балок и оврагов.

5. Сооружение дренажей и обоснование отвода дренажных вод.

6. Строительство оградительных противофильтрационных сооружений, использование разного вида гидроизоляций и прочих средств пассивной защиты.

7. Сооружение и восстановление канализационных систем в населенных пунктах.

8. Уменьшение фильтрационных потерь воды в промышленности, утечек из водопроводных сетей.

9. Обоснованное сокращение норм полива улиц, садов, парков скверов и приусадебных участков.

II.2.6.5. Изменение гидрогеологических условий под влиянием техногенных воздействий

К специфическим особенностям подземной гидросферы, прежде всего ее верхней части, относятся, во-первых, значимость подземных вод для человечества как важнейшего полезного ископаемого, разностороннее использование которого постоянно возрастает; во-вторых, геологическая и экологическая активность подземных вод — весьма распространенного и относительно подвижного компонента литосферы, в значительной мере обуславливающего направленность и интенсивность многих геологических процессов в земной коре.

Активная реакция подземных вод на усиливающиеся техногенные воздействия увеличивает влияние человека на остальные компоненты геологической среды. С учетом этой двоякой роли подземных вод рассмотрим некоторые особенности современного состояния и тенденций эволюции гидрогеологических условий на территории Украины.

Мощная сырьевая база Украины в сочетании с большими трудовыми ресурсами обеспечила создание многоотраслевого народнохозяйственного комплекса с многоотходным технологическим процессом.

Промышленность Украины выбрасывает в атмосферу и воду около 25 % всего объема промышленных выбросов бывшего Советского Союза. Добыча полезных ископаемых приводит к ежегодному перемещению свыше 1 км³ горных пород и 1,8 км³ шахтных вод. В результате техногенное воздействие на окружающую среду в 10—15 раз выше, чем по бывшему СССР в целом.

В Украине запасы пресной воды в 8,5 раз меньше (в пересчете на одного жителя) мирового показателя.]

Средний многолетний сток рек составляет 87 млрд м³, а в маловодном году 95%-ной обеспеченности не превышает 49,4 млрд м³. По обеспеченности водой в пересчете на одного жителя Украина занимает 12-е место среди бывших союзных республик. При этом общее водопользование с 1960 г. возросло в 3,5 раза — с 10 до 35 км³/год.

Таким образом, значительная плотность населения, концентрация водоемких промышленных и сельскохозяйственных производств, существенные потери воды, обусловленные несовершенством технологий

производства и коммунального хозяйства, усиливающееся глобальное, региональное и локальное загрязнение гидросферы при весьма ограниченных и неравномерно распределенных по территории водных ресурсах определяют особую остроту проблемы устойчивого обеспечения республики водой при минимальных экономических и экологических потерях. В этих условиях особое значение приобретает максимальное использование подземных вод для водоснабжения.

В Украине потребности в хозяйственно-питьевом водоснабжении частично или полностью удовлетворяют за счет подземных вод Киев, многие областные центры — Львов, Полтава, Ривне, Чернигов, Хмельницкий, Луцк, Харьков и другие города, подавляющая часть сельского населения.

В связи с широким использованием подземных вод как полезного ископаемого для питьевого, хозяйственного, бальнеологического, промышленного и других видов водоснабжения оценка их эксплуатационных запасов является важнейшим гидрогеологическим исследованием. Как показывает опыт последних лет, такая оценка должна включать не только гидрогеологические изыскания и технико-экономические сопоставления, но и экологическое обоснование возможности и целесообразности вовлечения подземных вод в сферу хозяйственной деятельности человека.

Необходимость экологического обоснования эксплуатации подземных вод — одна из важнейших задач планирования изменения водного баланса территории, гидрогеологических исследований, предваряющих разведку и включенных в состав разведочных работ.

Наиболее ответственный этап экологического обоснования — выбор источника водоснабжения. Практическая важность этого этапа видна на примере организации водоснабжения г. Черновцы. Здесь основное водоснабжение города было обеспечено водами р. Днестра при наличии значительных ресурсов подземных вод в долине р. Прута. Аварийная ситуация на Стебниковском калийном заводе, расположенном в бассейне р. Днестра, показала, что отсутствие комплексного экологического анализа обстановки привело проектировщиков к неверному инженерному решению, изменение которого потребует значительных дополнительных затрат.

Техногенные воздействия на подземную гидросферу могут быть значительны и разнообразны. Так, увеличение питания подземных вод нередко сопровождается ухудшением условий их дренирования, что определяется следующими факторами: повышением базиса дренирования горизонтов в результате заиливания малых рек, строительством многочисленных прудов и водохранилищ; слабо контролируемым увеличением питания подземных вод при орошении; неупорядоченным водопользованием в населенных пунктах, на предприятиях; потерями при переброске стока; агротехническими, лесомелиоративными, противозерозийными мероприятиями.

Днепровский каскад водохранилищ и 24 тыс. водохранилищ на остальных реках Украины привели к ощутимому подпору и повышению уровня грунтовых вод, которое имеет региональный характер.

Техногенное питание водоносных горизонтов в зонах орошения в несколько раз превышает естественное. Потери в канализационных и водопроводных сетях городов нередко достигают десятков процентов их производительности и резко увеличивают питание подземных вод. Воздействие агротехнических, противозерозийных, лесомелиоративных и других мероприятий приобрело региональный характер и усиливается с каждым десятилетием. В отдельных районах (в основном в пределах разрабатываемых месторождений полезных ископаемых) усиливается истощение подземных вод. Значительных размеров достигло

региональное и локальное их загрязнение ядохимикатами, азотными и органическими соединениями, металлами и т. п.

Все эти процессы необходимо учесть при выполнении исследований для оценки ресурсов подземных вод, влияния их отбора на окружающую среду, влияния техногенных воздействий на изменение гидрогеологических условий и оцениваемые ресурсы. В результате должны повышаться требования к методике, содержанию и объемам гидрогеологических исследований. Неизбежно должны увеличиваться расходы на выполнение поисково-разведочных работ. Поэтому, в частности, прием сопоставления стоимости 1 м³ разведанной воды с ранее полученными результатами в новых условиях становится несостоятельным.

Допустимые пределы изменения природной среды под влиянием эксплуатации должны предварительно формулироваться в задании и оцениваться в результате обоснования выбора проектными организациями варианта водоснабжения. Аналогично в задании должны отражаться возможные существенные количественные и качественные изменения водообменной геосистемы в области формирования эксплуатационных запасов подземных вод под влиянием техногенных факторов.

СВ 1970-х гг. организациями Министерства геологии, Академии наук, Минвуза Украины была выполнена региональная оценка перспективных эксплуатационных ресурсов подземных вод территории Украины. Суммарная их величина составила 57,2 млн м³/сут (21 км³/год). Наибольшие эксплуатационные ресурсы выявлены в Черниговской, Ривненской, Львовской, Тернопольской, Полтавской, Сумской и Херсонской областях, наихудшая обеспеченность подземными водами — в Одесской, Николаевской, Кировоградской, Житомирской, Днепропетровской и Винницкой областях.

В Украине разведано 811 месторождений подземных вод, эксплуатационные запасы которых составляют 15,2 млн м³/сут (5,5 км³/год).

Новый этап изучения ресурсов подземных вод, начавшийся в 1980-е гг., определялся необходимостью более полного изучения и учета источников формирования ресурсов, оценки влияния эксплуатации подземных вод на окружающую среду, оптимизации схем водоснабжения, влияния техногенных воздействий на условия формирования и эволюцию ресурсов подземных вод.

Задачи этого этапа требуют интенсификации исследований в следующих основных направлениях:

- 1) активизация исследований нарушенного режима подземных вод в районах крупных действующих водозаборов и водопонижений;

- 2) расширение комплексирования в полевых экспериментальных исследованиях;

- 3) организация специальных экспериментальных полевых исследований в натурных условиях;

- 4) расширение исследований на имитационных моделях в целях повышения степени адекватности схематизации природных условий в натуре, разработки вариантов взаимодействия различных факторов в условиях необходимости комплексирования задач оценки ресурсов, изучения влияния эксплуатации подземных вод на окружающую среду, техногенных факторов на изменение ресурсов подземных вод;

- 5) совершенствование долгосрочных прогнозов на основе их сопоставления с данными эксплуатации и натурных экспериментов.

Возрастает актуальность сверхдолгосрочных перспективных прогнозов, обеспечивающих разработку перспективной стратегии оптимального освоения водных ресурсов на основе минимизации негативных изменений окружающей среды с учетом взаимодействия ресурсоформирующих техногенных и естественных факторов в динамике.

Следует отметить, что исследования в этих направлениях ведутся

недостаточно интенсивно. Отставание наметилось в проведении экспериментальных работ на натурных полигонах и в репрезентивных бассейнах.

В 1982 г. в Украине было использовано 29,7 км³ воды, причем 14,7 км³ — безвозвратное потребление. Отбор подземных вод составил 20 % общего водопотребления и 28 % перспективных эксплуатационных ресурсов подземных вод.

В принятых оценках состояния водных ресурсов Украины эксплуатационные ресурсы подземных вод учитываются лишь в размере 2,2 км³, которые определены как несвязанные с речным стоком в пределах фактически отбираемого объема. В результате такой оценки роли подземных вод в водообеспечении потребностей республики, а также в планировании значительного увеличения безвозвратного водопотребления (35 км³ при общем принятом объеме 56 км³) делается вывод о значительном дефиците водных ресурсов на перспективу до 2000 г. Между тем анализ структуры эксплуатационных ресурсов подземных вод показывает, что с учетом 50 % возврата использованных ресурсов в речную сеть дополнительно к принятым величинам может быть добавлено более 7 км³ воды. Кроме того, эксплуатация связанных с речным стоком подземных вод также не приводит к одновременному изъятию из речной сети соответствующего количества воды. Влияние на расход рек нередко сказывается через многие годы, а до этого сток рек увеличивается вследствие сброса использованных подземных вод. Умелое сочетание эксплуатации с искусственным восполнением подземных вод может существенно повысить прибавку подземных вод в водный баланс республики, доведя ее до 10—12 км³.

Недооценка роли подземных вод в обеспечении хозяйственно-питьевого водоснабжения подтверждается следующими цифрами. В 3,1 км³ воды, поставленных потребителям для хозяйственно-питьевого водоснабжения, подземные воды составили лишь 1,1 км³ (т. е. 35,5 %). Из 811 разведанных для хозяйственно-питьевого водоснабжения месторождений подземных вод с утвержденными запасами 5,6 км³ эксплуатируются 480 месторождений с водоотбором 2 км³. Для сравнения отметим, что доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения населения бывшего СССР за последние 20 лет возросла с 15 до 70 %. Анализ опыта экономически развитых зарубежных стран показывает, что во многих из них подземные воды являются основным источником водоснабжения городов (Бельгия, Дания, Швейцария, Италия, Германия, Франция, Венгрия и др.).

В нашей республике с большим трудом преодолеваются затруднения в развитии водоснабжения городов, частично или полностью обеспеченных на перспективу запасами подземных вод или поверхностных источников (Киев, Черкассы, Полтава и др.).

Наряду с необходимостью уменьшения энергоемкости и металлоемкости продукции как важнейших показателей эффективности производства назрела серьезная потребность в широком применении и снижении такого показателя, как водоемкость продукции. Сопоставление этого показателя за последние 30 лет в США и в Украине показывает, что в США с 1970 по 1985 г. показатель водоемкости снизился в два раза. У нас этот показатель возрос на 12 %. На перспективу до 2000 г. в США планируется дальнейшее абсолютное уменьшение потребления воды и, следовательно, снижение водоемкости производства. У нас намечается дальнейшее существенное увеличение потребления воды и сохранение водоемкости производства на современном уровне.

Отсутствие серьезных разработок и планов снижения водоемкости производства, недооценка возможностей использования подземных вод

для водоснабжения предопределяют возникновение дефицита в водном балансе Украины на перспективу, приводят к необходимости реализации крупных дорогостоящих гидротехнических проектов, создают угрозу выноса из строя систем водоснабжения многих городов в случае возникновения аварийных ситуаций на Днепре, Днестре и других реках, приводят к активизации негативных последствий.

Таким образом, эффективное использование водных ресурсов — одна из важнейших проблем для оптимального решения которой нужна существенная перестройка в системе исследования, планирования, комплексного использования действенного контроля и управления. Вопросы изучения и рационального использования ресурсов подземных вод относятся к числу наиболее актуальных, но не единственных в комплексе гидрогеологических проблем в Украине. Интенсивное и разнообразное хозяйственное освоение ее территории вызывает существенные изменения в подземной гидросфере. Как отмечалось, наиболее значительное влияние оказывают мелиорация земель, гидротехническое строительство и регулирование поверхностного стока, развитие городских и промышленных агломераций, добыча полезных ископаемых горными выработками и др.

Техногенные воздействия по характеру влияния на подземную гидросферу могут быть подразделены на группы факторов: 1) обуславливающих нарушение естественного водного баланса (условий, питания и разгрузки подземных вод; 2) приводящих к нарушению естественных условий формирования качества подземных вод.

Нарушение естественного водного баланса территории обусловлено изменением соотношения питания и разгрузки подземных вод под влиянием техногенных факторов. В результате происходит истощение подземных вод или подтопление территории в связи с избыточным питанием грунтового горизонта или зоны аэрации.

Наиболее развито истощение подземных вод в районах шахтной или карьерной добычи полезных ископаемых. К таким районам, в первую очередь, относятся Донбасс, Криворожский железорудный бассейн, серные месторождения Предкарпатья, Днепровский буроугольный бассейн, Белозерское железорудное месторождение и др. Интенсивный отбор подземных вод Запорожским железорудным комбинатом в объеме до 15 млн м³/год при понижениях уровня до 200 м и более привел к развитию депрессии и сработке запасов подземных вод Запорожской обл. на площади более 10 тыс. км². В Днепровском бассейне в результате добычи бурых углей карьерным способом производится отлив более 80 млн м³/год подземной воды хорошего качества.

В связи с интенсификацией отбора подземных вод для сельскохозяйственного водоснабжения в 1970-х гг. наметилось истощение запасов основного неогенового водоносного горизонта в Степном Крыму. Снижение уровней этого горизонта привело к загрязнению подземных вод в результате перетока соленых вод из смежных горизонтов на площади около 5000 км². Безусловно, значительная часть водоотлива, связанного с добычей полезных ископаемых, приводящая к чрезмерному снижению уровней подземных вод, неизбежна. Однако здесь особенно актуальными становятся вопросы оптимального использования откачиваемых вод разной минерализации при общем дефиците воды хорошего качества в этих районах.

Довольно сложные гидрогеологические задачи возникают в районах, в которых после отработки месторождений отключаются дренажные системы, закрываются шахты, в результате чего может происходить активный подъем соленых вод и засоление пресных подземных вод.

Таблица II. 46. Техногенное влияние

Техногенный фактор	Процессы, вызванные влиянием техногенных факторов	Основные при подзем	
		Уровень	
		Подъем	Снижение
Водозабор подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения	Снижение уровня в продуктивном (эксплуатируемом) горизонте; изменение направления движения подземного потока на противоположное; превращение области разгрузки в область питания; изменение качества подземных вод по площади и разрезу; изменение параметров фильтрации и влагопереноса	—	+
Мелиоративно-осушительные системы	Снижение уровня первого от поверхности водоносного горизонта; увеличение амплитуды сезонных колебаний уровней подземных вод; изменение параметров влагосопереноса; изменение минерализации и химического состава подземных вод	—	+
Горнодобывающие предприятия (шахты, карьеры, обогащательные фабрики, хвостохранилища и др.)	Снижение уровня осушаемых водоносных горизонтов; наличие на поверхности земли в отвалах, хвостохранилищах загрязняющих веществ; появление новых областей питания и разгрузки; коренное изменение взаимосвязи поверхностных и подземных вод; изменение направлений движения подземного потока	⊕ —	⊕ +
Шлаконакопители, накопители промстоков, золоотвалы, пруды-охладители АЭС	Подпор вод, содержащих загрязняющие вещества, иногда имеющих повышенную температуру; подъем уровня подземных вод; изменение качества подземных вод: растворение и накопление солей в зоне аэрации; увеличение испарения и изменение параметров фильтрации и влагопереноса	⊕ +	— —

на режим подземных вод

знаки техногенного режима ных вод				Влияние на геологическую среду	
Минерализа- ция		Загрязнение		Отрицательное	Положительное
Увеличе- ние	Уменьше- ние	Увеличе- ние	Уменьше- ние		
⊕	+	⊕	—	Переосушение земель, приводящее к гибели растений; гибель болот; осушение колодцев; прекращение родникового стока; интенсификация суффозионно-карстовых процессов; оседание поверхности земли; уменьшение запасов подземных вод	Осушение заболоченных и подтопленных земель; уменьшение водопритоков к горным выработкам
⊕	—	⊕	—	Уменьшение речного стока	—
⊕	+	⊕	—	Ухудшение ландшафтных условий; истощение запасов подземных вод; деформация поверхности; ветровой перенос загрязненных техногенных отложений; подъем уровней грунтовых вод на застроенной территории	Осушение заболоченных и подтопленных земель
⊕ +	— —	⊕ +	— —	Загрязнение подземных вод; подтопление земель; интенсификация суффозионно-карстовых процессов; ветровой перенос загрязняющих веществ	Формирование промысловых вод

Техногенный фактор	Процессы, вызванные влиянием техногенных факторов

Мелиоративно-оросительные системы	Увеличение инфильтрационного питания за счет поливов, фильтрации из каналов и агротехнических мероприятий; растворение солей в зоне аэрации; увеличение испарения и транспирации; изменение параметров влагосолепереноса
Урбанизирование и промышленные объекты	Увеличение инфильтрационного питания за счет потерь воды из канализационных систем, поливов и уменьшения испарения; наличие загрязняющих веществ на поверхности земли; растворение солей в зоне аэрации; изменение параметров фильтрации и влагосолепереноса; изменение взаимосвязи атмосферных, поверхностных и подземных вод
Гидротехнические каналы	Появление линейных гидрогеологических границ, оказывающих питающее или дренирующее влияние на водоносные горизонты; изменение уровня подземных вод; растворение солей в зоне аэрации; увеличение испарения и транспирации; изменение параметров влагосолепереноса
Водохранилища и пруды	Подпор из водохранилища (пруда) пресных вод; подъем уровня подземных вод; растворение солей в зоне аэрации; увеличение испарения и транспирации; изменение параметров влагосолепереноса

знаки техногенного режима ных вод				Влияние на геологическую среду	
Минерализа- ция		Загрязнение		Отрицательное	Положительное
Увеличе- ние	Уменьше- ние	Увеличе- ние	Уменьше- ние		
⊖	+	⊕	—	Подтопление земель; вто- ричное засоление поч- вогрунтов; возникно- вление оплывов и ополз- ней; интенсификация суффозионно-карсто- вых процессов	Формирование водо- носных горизонтов с пресными водами
⊕	—	⊕	—	Загрязнение подземных вод и уменьшение их запасов; подтопление земель; интенсифика- ция суффозионно-кар- стовых процессов; вет- ровой перенос загряз- няющих веществ	—
⊕	—	⊕	+	Подтопление земель; вто- ричное засоление поч- вогрунтов; оттеснение загрязненных или соле- ных вод к действующим водозаборам; интен- сификация суффо- зионно-карстовых про- цессов	Формирование прес- ных вод, оттеснение загрязненных и со- леных вод от водо- заборов
— ⊕	—	— ⊕	+ —	Подтопление земель; вто- ричное засоление поч- вогрунтов; интенсифи- кация суффозионно- карстовых процессов; появление наведенной сейсмичности; оттесне- ние загрязняющих или соленых вод	Формирование прес- ных подземных вод

Техногенный фактор	Процессы, вызванные влиянием техногенных факторов	Основные при подзём	
		Уровень	
		Подъём	Снижение
Скважинный сброс жидких и твердых отходов в водоносные горизонты и зону аэрации	Подъём уровня подземных вод в продуктивном водоносном горизонте; изменение взаимосвязи между водоносными горизонтами	⊕	—
Установки искусственного пополнения подземных вод	Подъём уровня подземных вод в продуктивном водоносном горизонте (при нагнетании); увеличение питания подземных вод через инфильтрационный бассейн; растворение солей в зоне аэрации; изменение взаимосвязи подземных и поверхностных вод; изменение параметров фильтрации и влагосолепереноса	+	—
Площадное применение удобрений и ядохимикатов, животноводство	Внесение на поверхность земли удобрений и ядохимикатов, а также отходов животноводства; накопление органических и неорганических соединений в зоне аэрации и грунтовых водах; изменение параметров фильтрации и влагосолепереноса	—	—
Систематический площадной вертикальный дренаж	Снижение уровня в осушаемом водоносном горизонте, изменение направления движения подземного потока; изменение параметров фильтрации и влагосолепереноса	—	+

Примечание. Принятые в таблице обозначения: минус — отсутствие призна неблагоприятным исходом

В последние годы в Украине особенно остро встала проблема борьбы с подтоплением сельскохозяйственных земель, территорий городских агломераций, сел. Активное подтопление территорий отмечено в Крыму, Одесской, Днепропетровской, Николаевской и Херсонской областях. Подтопление происходит на многих тысячах гектаров пахотных земель, в 200 городах и поселках, во многих селах. В последние 10—15 лет подъем уровня грунтовых вод и насыщение влагой пород

знаки техногенного режима ных вод				Влияние на геологическую среду	
Минерализа- ция		Загрязнение		Отрицательное	Положительное
Увеличе- ние	Уменьше- ние	Увеличе- ние	Уменьше- ние		
⊕	—	⊕	—	Загрязнение подземных и поверхностных вод	—
—	+	—	+	Подтопление земель; ин- тенсификация суффо- зионно-карстовых про- цессов	Формирование запасов подземных вод
⊕	—	⊕	—	Загрязнение подземных и поверхностных вод; вегровой перенос за- грязняющих веществ	—
—	+	—	+	Переосушение земель; интенсификация суф- фозиионо-карстовых процессов; уменьшение запасов подземных вод	Защита земли от под- топления и забола- чивания Защита эксплуати- руемых подземных вод от засоления и загрязнения

ка; плюс — наличие признака с благоприятным исходом; плюс в кружке — то же, с

зоны аэрации во многих городах и на промышленных площадках приняли устойчивый характер. Подтопление фиксируется в Одессе, Днепропетровске, Херсоне, Луганске, Харькове, Симферополе, Джанкое, Керчи, Феодосии и др. Развитие процессов подтопления в основном связано с неудовлетворительным состоянием эксплуатации водохозяйственных объектов, гидротехнических сооружений и мелиоративных систем; отсутствием должного учета и контроля за использованием

воды, несоблюдением норм водопользования при орошении земель и работе других объектов, завышением этих норм; отставанием строительства и ввода в эксплуатацию дренажных систем, коммунальных, промышленных и ливневых канализаций и других сооружений; неудовлетворительным состоянием малых рек, невыполнением в необходимых объемах работ по их очистке, реконструкции водотоков.

Региональными факторами подтопления стали 24 тыс. водохранилищ и прудов, созданных на больших и малых реках и занимающих более 2 % территории Украины. Среди них наибольшее влияние в плане подтопления земель оказывают водохранилища на р. Днепре. Днепровский каскад водохранилищ имеет важное народнохозяйственное значение не только для Приднепровья, Донбасса, Крыма, куда направляется днепровская вода по каналам Днепр — Кривой Рог, Днепр — Донбасс, Днепр — Ингулец, Каховскому, Северо-Крымскому.

Создание Днепровского каскада водохранилищ в равнинных условиях Украины вызвало изменение гидрогеологических, гидрологических и инженерно-геологических условий, что привело к затоплению и подтоплению пониженных участков. В процессе строительства и эксплуатации водохранилищ построено значительное количество защитных от затопления и подтопления сооружений, включающих линейные и вертикальные дренажи, насосные станции, дамбы и др. В результате защищено около 600 км берегов, 200 тыс. га земель, 190 населенных пунктов. Тем не менее значительные территории в зоне влияния водохранилищ подтоплены.

Изменение условий формирования качества подземных вод происходит на значительной части территории Украины. К региональным факторам их загрязнения относятся, как отмечалось, промышленные выбросы в атмосферу, воду, почвы. В результате работы промышленных предприятий, энергетических объектов, транспорта резко возросло поступление в окружающую среду многих металлов (среди них таких токсичных, как ртуть, свинец, медь и др.) и соединений (табл. II.46). Повышенные концентрации этих металлов фиксируются в воздухе и почве на расстояниях до 100 км и более от крупных промышленных центров, их продуцирующих.

Весьма распространенными стали так называемые кислотные дожди, вызванные поступлением в воздух значительного количества сернистого ангидрида. Они приводят не только к снижению урожая многих сельскохозяйственных культур, но и влияют на геохимические процессы формирования состава подземных вод.

К региональным факторам загрязнения подземных вод относятся средства защиты растений и минеральные удобрения. В связи с их применением широко распространилось азотное загрязнение подземных вод. Но особые опасения вызывает региональное проникновение пестицидов и их производных в подземную гидросферу. Практически во всех регионах Украины в грунтовых и ряде напорных водоносных горизонтов, имеющих важное значение для водоснабжения и бальнеологических целей, зафиксированы упомянутые соединения.

В этой связи необходимо отметить, что в системе управления качеством окружающей среды особую роль играют показатели и стандарты чистоты элементов биосферы. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в почве должны обеспечивать чистоту пищевых продуктов, атмосферного воздуха, питьевой воды. Однако в реальной обстановке они гарантируют качество указанных объектов только при миграции пестицидов в экологических системах *почва — воздух, почва — вода, почва — растения*. В тех случаях, когда миграция пестицидов проходит по длинным трофическим цепям, происходит аккумуляция этих соединений в последующих от почвы звеньях, в том числе в подземных водах. Вызвано это тем, что из всех звеньев циркуляции

пестицидов в биосфере наименее изучено и учтено в соответствующих нормативах и практике взаимодействие в такой сложной многокомпонентной системе, как пестицид — почва — подземная гидросфера.

Анализ литературных данных и материалов наших исследований позволяет установить значительное различие в поведении одного и того же пестицида в поверхностном и пахотном слоях почвы, в зоне аэрации и зоне насыщения. В анаэробных условиях на глубине ниже зоны аэрации увеличивается длительность сохранения вещества на 1—2 порядка, изменяются коэффициенты сорбции и десорбции пестицидов, скорости горизонтальной и вертикальной миграции. В результате создаются предпосылки к распространению и накоплению вредных веществ в подземной гидросфере хозяйственно-питьевого назначения.

Таким образом, один из путей совершенствования нормирования в почве пестицидов — исследование специфики их поведения в системе почва — подземная гидросфера. Для его осуществления необходимо разработать методики изучения миграции и деградации пестицида в водообменной геосистеме, моделирования процессов взаимодействия в системе вода — порода. Особое внимание должно быть уделено варьированию параметров таких факторов, как почвенно-климатические условия, геологические и гидрогеологические особенности регионов и т. д. Полученная информация позволит прогнозировать распространение и накопление пестицидов в подземной гидросфере и путем регулирования допустимого содержания пестицида в почве управлять качеством подземной воды.

Крупными источниками локального загрязнения подземных вод являются накопители и отстойники предприятий химической, нефтеперерабатывающей, металлургической промышленности, многочисленные энергетические объекты, крупные животноводческие комплексы, отдельные предприятия пищевой промышленности (в частности, сахарные заводы). Их негативное влияние особенно значительно в Донбассе, Криворожье, Нижнем Приднепровье, включая районы Днепропетровска, Днепродзержинска, в Запорожье, Предкарпатье, Восточном Приазовье. Значительная опасность загрязнения поверхностных и подземных вод создается при возникновении аварийных ситуаций на промышленных предприятиях и энергетических объектах. Как отмечалось, в сентябре 1983 г. в бассейне р. Быстрицы, притоке р. Днестра, произошел прорыв дамбы отстойника с выбросом отходов калийного производства. В результате были загрязнены упомянутые реки, подземные воды, понесли убытки колхозные хозяйства ряда районов Приднестровья.

Суммарные изменения окружающей среды под влиянием техногенных воздействий на подземные воды отображены в табл. II.46.

II.2.7. Искусственные подземные пустоты

В данном разделе рассмотрим некоторые аспекты использования искусственных подземных горных выработок в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, и взаимодействия этих выработок с геологической средой. Использование подземных пустот с точки зрения охраны окружающей среды играет важную роль в двух аспектах: высвобождения наземного пространства и его экологической чистоты.

Классификация искусственных подземных пустот многообразна. В зависимости от целевого назначения выделяются три основные группы: 1) хранилища и емкости технологической подготовки жидких и газообразных продуктов; 2) обитаемые объекты различного типа; 3) камеры депонирования и захоронения.

Обитаемые подземные объекты по назначению делятся на гражданские и промышленные. Гражданские — развлекательно-спортивные помещения, гаражи, рекреационные учреждения, хранилища культурных ценностей и др.; промышленные объекты — подземные заводы, сборочные цеха (особенно высокоточных производств), склады (сырья, готовой продукции и т. д.), подземные электростанции [11.81, 11.119, 11.120]. Часть из них имеет оборонное значение.

Накоплен значительный опыт использования подземных сооружений для хранения сельскохозяйственной продукции и размещения холодильников. В последнее время разрабатываются проекты подземного размещения ядерных электростанций (или ядерных реакторов). По характеру подготовки среды подземных пустот можно выделить подготовленные при разных горных работах (шахтные выработки) и специально создаваемые. Использование готовых горных выработок — одно из направлений комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. Частью этого же направления является удаление в подземные выработки отвалов и шламов горно-обогатительных предприятий. Возможно также создание комбинированных сооружений, т. е. дополнение готовых выработок специально построенными.

Анализ современного состояния подземного строительства и учет технических возможностей настоящего и ближайшего будущего позволяет выделить три группы подземных сооружений: традиционные, развивающиеся и перспективные. К первой группе относятся различного рода хранилища и технологические емкости, складские помещения, лечебницы, гаражи; во вторую группу можно включить емкости воздушных аккумуляторов для электростанций, камеры захоронения радиоактивных и токсичных отходов (РАО и ТО), спелеоагропромышленное производство; в третью входят обитаемые промышленные объекты, энергетические узлы.

Среда строительства искусственных подземных пустот. Для создания искусственных подземных пустот пригодны разные горные породы, обладающие достаточной прочностью и устойчивостью, более или менее низкой проницаемостью (магматические и метаморфические — граниты, гнейсы, туфы, базальты, кристаллические сланцы и др.; осадочные — гипсы, ангидриты, соляные породы, а также известняки, доломиты, глины, аргиллиты, песчаники; и наконец, вечноммерзлые и замороженные отложения).

Географическая распространенность пород, благоприятных для подземного строительства, неравномерна и определяется типом тектонической структуры. Магматические и метаморфические образования развиты преимущественно в пределах щитов и древних платформ, локально — в молодых подвижных зонах. На территории Украины они занимают значительные площади Украинского щита, локально встречаются в складчатых областях Украинских Карпат, Горного Крыма, в Донбассе и других регионах. Карбонатные толщи развиты в геосинклинальных и платформенных прогибах. Терригенные отложения формируются в условиях подвижных областей и платформенных чехлов. И карбонатные и терригенные образования широко распространены на Украинском щите, а также в обрамляющих подвижных зонах. Галогенные формации приурочены главным образом к орогенным структурам (передовым и внутригорным прогибам), перикратонным прогибам и рифтогенным впадинам. В Украине эти формации установлены в Северо-Западном Донбассе, Днепровско-Донецкой впадине (ДДВ), Предкарпатском и Закарпатском прогибах, а также в Крыму, Предбурджском прогибе, на Волыно-Подольской плите.

В инженерно-геологическом отношении магматические и метаморфические породы относятся к классу скальных, осадочные — скальных, полускальных и рыхлых. С точки зрения свойств этих пород как

строительной среды их способность к различным изменениям — природным и техногенным — весьма неоднозначна.

Магматические и метаморфические образования в целом могут рассматриваться как сравнительно устойчивые даже в масштабе геологического времени. В ходе геологической эволюции эти образования подвергаются воздействию экзогенных, эндогенных и тектонических факторов. Воздействия экзогенных факторов (выветривания физического и химического) для разных групп пород различные, однако в среднем скорость их проявления измеряется тысячелетиями, т. е. при строительстве влияние этого фактора можно не учитывать.

К эндогенным факторам относятся метаморфизм, наложенные процессы и т. д. В большинстве случаев развитие этих явлений происходит в масштабах геологического времени и для подземного строительства они малозначимы.

Тектонические факторы наиболее существенно проявляются в форме дизъюнктивных дислокаций — разломов и сопровождающих процессов блокировки, будинирования, трещиноватости. Развитие дизъюнктивных дислокаций может быть почти мгновенным (например, при землетрясениях), однако в большинстве случаев измеряется масштабами геологического времени. В асейсмических областях (например, большая часть Украинского щита) выбор достаточно монолитных участков — задача разрешимая. Проявление дизъюнктивных дислокаций вызывает нарушение целостности массивов, изменение физико-механических свойств пород, в частности их прочности, проницаемости (т. е. герметичности емкости) и т. д. Одним из последствий может быть соответственно обводнение массива и емкости. Масштабы обводненности могут быть весьма значительными. Однако независимо от масштабов проявления в случае магматических образований гидрогеологический фактор в целом имеет стабильный характер в отличие от карстующихся осадочных пород. Ввиду этого региональная сейсмичность должна учитываться.

Осадочные породы можно подразделить на две группы: подверженные и неподверженные карсту. В неподверженных карсту породах выделяют несколько типов, характеризующихся различными свойствами с точки зрения подземного строительства, — обломочные, глинистые, железистые и др. Среди обломочных пород достаточно широко распространены песчаники. Основные структурно-текстурные особенности песчаников формируются на стадиях седиментации и диагенеза. На стадии катагенеза происходит как уплотнение, так и явления разуплотнения (вторичной пористости, трещиноватости). Обводнение песчаных пород связано с локальными геологическими факторами и может быть весьма существенным. Глинистые породы представляют собой водоупоры. В ходе диагенеза и катагенеза происходят преимущественно процессы уплотнения и фазовых преобразований, реже отмечается явление разуплотнения. Общая направленность постседиментационных преобразований глинистых пород: глинистые илы — глины — аргиллиты — сланцевые аргиллиты — глинистые сланцы (начальные стадии метаморфизма). К стадии диагенеза на значительных глубинах относятся элизионные процессы, дающие начало диапризму и инъекциям в песчано-глинистых толщах. Большинство процессов диагенеза и катагенеза развиваются в масштабах геологического времени.

К числу подверженных карсту пород относятся карбонатные (известняки, доломиты, мел, мергели), галогенные (гипс, ангидрит и соляные). Степень воздействия карста на них весьма различна. Минимальна она для карбонатных пород, наиболее значительна — для соляных, максимальна — для калийно-магневых солей.

Строение карбонатных толщ и их состав определяются типом тектонической структуры и палеогеографическими условиями образования.

Физико-механические свойства карбонатных пород находятся во взаимосвязи с их минеральным составом и генетическим типом (биогенным, обломочным, хемогенным). Общая направленность постседиментационной эволюции: карбонатный осадок — карбонатная порода (известняк, доломит, мергель) — кристаллическая карбонатная порода (начальный метаморфизм). С точки зрения изменения физико-механических свойств наиболее существенным процессом диагенетической и катагенетической стадий литогенеза является перекристаллизация. Под воздействием магнневых растворов может происходить доломитизация известняков (в доломитах наблюдается и обратный процесс — дедоломитизация). Локально могут развиваться окремнение, ожелезнение и др. При катагенезе может происходить не только повышение плотности и прочности породы, но и локальное разуплотнение, возникновение вторичных пористости и трещиноватости. Постседиментационные изменения развиваются обычно неравномерно, они определяются структурно-текстурными особенностями и изменчивостью вещественного состава породы.

Галогенные образования включают группы сульфатно-кальциевых (гипсы, ангидриты) и соляных отложений. Первичным сульфатно-кальциевым осадком в большинстве случаев является гипс. В процессе диагенеза и особенно катагенеза гипс переходит в ангидрит. При условии избыточного увлажнения и определенных термодинамических параметров может происходить и обратный процесс. Эти явления взаимопереходов, связанные с изменением объема породы, являются причиной внутриформационных атектонических дислокаций. Ангидрит — порода с низкими абсолютными значениями пористости и проницаемости, однако в процессе катагенеза иногда возникают вторичные пористость, кавернозность и трещиноватость. Процессы наложенного минералообразования (окремнения, карбонатизации и др.) обычно имеют локальный характер.

Соленосные формации, считающиеся весьма благоприятными для подземного строительства, характеризуются значительным площадным развитием (сотни тысяч квадратных километров) и большой мощностью (до 2 тыс. м и более при мощности отдельных пластов до нескольких десятков метров). Формы залегания — пластовая, линзовидная, штоковая. Вещественный состав соляных толщ характеризуется преобладанием каменной соли при подчиненной роли несоляных пород, иногда — калийных солей.

В Закарпатском прогибе на доступных глубинах соленосные толщи находятся в солянокупольных структурах, в Преддобруджском прогибе — в пластовом залегании, в ДДВ и на северо-западе Донбасса — в пластовой и купольной формах, в Предкарпатском прогибе — в виде сложно дислоцированных пластово-линзовидных тел. Девонские формации, никитовская и славянская свиты нижней перми ДДВ и Донбасса, неогеновая толща Закарпатского прогиба, баденская формация Предкарпатского прогиба и юрская Преддобруджского прогиба характеризуются почти мономинеральным (галитовым) солевым составом, в краматорской свите нижней перми ДДВ и Донбасса и добаденских отложениях неогена Предкарпатья (воротыщенская серия — баличская свита) имеются мощные залежи калийно-магнневых солей. Развитие таких солей является фактором, неблагоприятным для подземного строительства.

Соляные породы подвержены карсту в силу высокой растворимости (в г/л при 0 °С: для галита 356,5, сильвина 283,7; при 50 °С соответственно 367,2 и 430,2: такие минералы, как карналлит и бишофит, очень легко растворимы и ввиду гигроскопичности расплываются даже во влажной атмосфере). Для искусственных подземных пустот соляной карст — это активный и быстро протекающий процесс, подчас прини-

мающий катастрофический характер [II.34]. Основным условием развития карста является движение рассолов, их дренирование. Как правило, в зоне ноосферы это связано с техногенными причинами. Келпроки соляных структур обычно представляют собой высоководообильные образования, однако сам факт геологически длительного существования этих структур (с палеозоя, т. е. сотни миллионов лет) свидетельствует о возможности длительного функционирования полостей в условиях техногенного воздействия.

Сами по себе соляные породы водонепроницаемы и невлагоемки, что определяет их пригодность для подземного строительства. Эти свойства связаны с некоторыми литологическими особенностями. Перекристаллизация и литификация соляного осадка происходит уже на ранних стадиях диагенеза. Соляная порода характеризуется низкими пористостью и проницаемостью ($0,6-12\%$ и $3,67 \cdot 10^8 - 1,94 \cdot 10^8$ мкм² соответственно).

В процессе катагенеза уплотнение и залечивание различного рода пустот происходит в результате выпадения галита и других минералов из седиментационных и катагенетических растворов, при перекристаллизации, а также в результате галокинеза.

Пластичность каменной соли обуславливает уникальную подвижность соляных толщ — галокинез. Перемещение каменной соли в соляных пластах происходит вдоль плавных линий тока скольжением с образованием зон течения, высшей стадией развития которых являются плоскости соскальзывания [II.123]. Галокинез и сопряженные с ним техногенные процессы проявляются в виде более или менее опасных нарушений в подземных пространствах. Проявления галокинеза обуславливаются региональными, локальными и техногенными причинами, которые могут прогнозироваться на основе неотектонических и литологических методов.

Все осадочные породы, кроме соляных, в различной степени подвержены воздействию дизъюнктивных дислокаций с образованием зон разломов, дробления, будинирования, трещиноватости и т. д. В породах с повышенной растрескиваемостью это может вызывать противоположные процессы: в большей степени — карстование, в меньшей — залечивание пустот. Породы, обладающие пластичностью (глинистые, соляные), менее подвержены воздействию разрывных дислокаций, проявляют тенденцию к развитию пликтивных форм.

Как известно, горно-геологические условия подземного строительства в полого залегающих или слабодислоцированных толщах более благоприятны. В этой связи следует отметить, что наиболее интенсивна дислоцированность осадочных образований в подвижных зонах (геосинклинальных, орогенных), иногда — в рифогенных и умеренная — в перикратонных и платформенных прогибах; в платформенных чехлах залегание преимущественно субгоризонтальное. Распределение мощностей осадочных формаций имеет обратный характер: в платформенных чехлах их мощности минимальны.

Создание и эксплуатация искусственных подземных пространств любого назначения могут вызывать нарушения экологической обстановки окружающей среды, в том числе и внутреннего характера, т. е. в самих выработках. Среди нарушений в первом случае наиболее существенны оседание земной поверхности и изменение гидрогеологического режима. В породах, подверженных карсту, развитие его может быть сопряжено в прямой и обратной связи с этими негативными явлениями. Особо крупные и опасные масштабы карст иногда принимает в районах соляных выработок (например, эксплуатировавшееся геотехнологическим методом Новокарфагенское месторождение каменной соли в Донбассе; разрабатываемые шахтами залежи каменной соли: пластовые — вблизи г. Артемовска, солянокупольные в

г. Солотвино в Закарпатье, а также калийные месторождения Калуша и Стебника в Предкарпатском прогибе).

В горных выработках всех видов (в основном в осадочных породах) отмечаются следующие горно-геологические явления: связанные с воздействием горного давления — сдвиги масс горных пород, деформации выработок, вывалы, выдавливание (пучение) подошвы выработок, горные удары, выбросы пылевых масс и газов; связанные с нарушениями гидрогеологического режима или изменения физико-химического состояния внутриформационных вод — фильтрация, прорывы вод и плывунов, суффозия, депрессионные деформации пород, элизионные процессы, пучение глинистых пород, выщелачивание и др. Определенную роль могут играть деформации пород при нарушении температурного режима.

Строительство, эксплуатация и охрана подземных пустот. Из анализа мировой практики подземного строительства следует, что большинство объектов промышленного и складского назначения размещаются в осадочных породах (карбонатных — известняках, доломитах, галогенных — гипсах, ангидритах и особенно в соляных), в силу их строительной технологичности и свойств, благоприятных для обитания. Исключение составляют Скандинавские страны, где строительство ведется в преобладающих здесь кристаллических образованиях.

На территории Украины практикуется использование специально созданных подземных емкостей и отработанных горных выработок. К числу специально созданных относятся хранилища нефти и нефтепродуктов в соляных куполах ДДВ и Закарпатского прогиба. Отработанные горные выработки соляных и гипсовых шахт используются в качестве спелеолечебниц, хранилищ сельскохозяйственной продукции, вин, а также складских помещений в Северо-Западном Донбассе и Приднестровье.

Геологические условия строительства и эксплуатации подземных хранилищ в общем достаточно хорошо изучены ввиду значительного практического опыта. Комплексы требований к геологическим условиям строительства и использования подземных сооружений различных типов имеют свои особенности [II.119, II.120]. Для строительства газо- и нефтехранилищ используются массивы плотных более или менее непроницаемых пород — каменная соль, гипсы, ангидриты, известняки, доломиты, граниты, гнейсы, а также вечномерзлые грунты. Особую группу составляют хранилища в пористых коллекторах отработанных газонефтяных месторождений с водным подпором. В некоторых случаях применяется искусственная герметизация стенок хранилищ (специальным покрытием либо созданием ледоупорного слоя вокруг выработки) [II.17].

Выбор метода строительства определяется типом вмещающей породы. Шахтный метод (используются преимущественно отработанные выработки месторождений) применяется в любых породах. Метод выщелачивания пригоден для создания камер в соляных толщах [II.2, II.81, II.119, II.120, II.136, II.138]. Взрывные методы разработаны для пластичных пород (глин, суглинков) с применением обычных взрывчатых веществ, для некоторых типов пород — ядерными взрывами [II.3, II.17]. Емкости, созданные в пластичных породах взрывами обычных взрывчатых веществ, недолговечны. Они разрушаются через два-три года, поэтому для более длительного их функционирования необходимо дополнительное закрепление. Перспективно создание емкостей ядерными взрывами в соляных толщах. Успешно функционируют созданные таким путем хранилища природного газа.

Наиболее эффективно и экологически целесообразно создание подземных хранилищ нефти, нефтепродуктов, сжиженных газов и продук-

тов химической промышленности в соляных толщах [II.136, II.138 и др.].

Геологические работы при строительстве хранилищ, как и других подземных сооружений, включают три этапа: выбор участка строительства, бурение разведочных скважин и бурение эксплуатационных скважин (с использованием соответственно материалов бурения). Требования и критерии к выбору участков соляных толщ для подземного строительства сводятся к главной цели — исключить возможность воздействия факторов, неблагоприятных для создания и эксплуатации емкостей.

Исключая карстовые явления и обрушения, одинаково опасные для всех видов подземных емкостей, при создании и функционировании камер разного целевого назначения значимыми считаются следующие факторы. Для хранилищ жидких углеводородов (сырья и топлива), химических продуктов и газов важны факторы, определяющие устойчивость, формообразование (в первую очередь при методе размыва), герметичности и качество хранимого продукта. При создании емкостей взрывным способом могут играть роль существенные отклонения прочностных свойств и в определенных условиях проявления галокинеза.

В понятие устойчивости включается сохранение целостности и объема камер. Нарушения могут вызываться обрушениями потолочин, стенок и неровных поверхностей камер. Изменение их общего объема может происходить в результате конвергенции, вызываемой галокинезом (кроме случаев оседания подземных пустот). Основные предпосылки проявления галокинеза — повышенная температура соляной толщи (геотермального и техногенного происхождения), тенденция к росту соляного тела (регионального характера) и сейсмическое воздействие. Конечной стадией галокинеза может быть обрушение [II.123].

Герметичность камер может нарушаться при наличии проницаемых пластов и зон, а также с выходом контуров создаваемой камеры за пределы соляного тела. Обрушения возникают вследствие развития слоев и зон пониженной прочности, а также за счет неравномерности размыва пород, сильно различающихся по скорости растворения.

Для хранилищ сжиженных и сжатых газов неблагоприятным фактором является возможность газовых выбросов. Из двух основных форм проявлений газоопасности — суффлярной и микровключений — реальную опасность представляет первая. Таким образом, при строительстве таких хранилищ следует учитывать наличие близко расположенных газовых и газонефтяных месторождений (ДДВ, Закарпатский прогиб).

Перспективы освоения искусственных подземных пространств для условий Украины заключаются в строительстве специальных емкостей-хранилищ и использовании готовых пустот — отработанных горных выработок. Для создания специальных емкостей пригодны соляные купола ДДВ, Северо-Западного Донбасса, Закарпатья и пластовые толщи каменной соли Донбасса. Возможности расширения использования готовых подземных пространств достаточно обширны. Соляные шахты со значительными объемами пустующих выработок имеются в Северо-Западном Донбассе, вблизи г. Артемовска, в Закарпатье (Солотвинский солерудник). На базе действующего Солотвинского солерудника возможно расширение подземной лечебницы для астматиков. Для этой же цели можно использовать выработки (шахты) Донбасса. В Донбассе и Приднестровье имеются гипсовые шахты, отработанные пространства которых могут использоваться более широко для складских и иных помещений. Значительные объемы отработанных выработок известны в районах локализации угольных (Донбасс) и железорудных

(Криворожский бассейн) шахт, однако перспективы их освоения пока не ясны вследствие сильной обводненности.

Для Украины одной из наиболее сложных и пока практически не решаемой является проблема захоронения РАО и ТО. В странах с развитой атомной промышленностью разрабатывается несколько вариантов захоронения РАО: сброс в моря и океаны (в зонах разломов с быстрым накоплением осадков, в пустоты под дном акваторий, а также в буровые скважины в прибрежных участках); закладка в заглубленные и полугаглубленные бетонированные емкости; складирование в малонаселенных (в том числе пустынных и полупустынных), а также на необитаемых массивах суши в Арктике и Антарктике и др. Имеются предложения транспортировать отходы в космос. Большинство исследователей считает наиболее реальным использование для подземного захоронения различных геологических формаций [II.130, II.134 и др.]. Национальные программы многих развитых зарубежных стран по проблеме изоляции РАО исходят из генеральной цели — в ближайшие 10—15 лет начать удаление с поверхности Земли отработанного ядерного топлива и других РАО, не связанных с ядерным циклом АЭС в подземные сооружения, прекратив их накопление в биосфере. Надежность изоляции радионуклидов должна базироваться на принятой МАГАТЭ многобарьерной системе, включающей инженерные барьеры и геологическую среду. При этом большинство программ признает, что роль основного барьера при долговременном хранении должна выполнить геологическая среда. Наиболее перспективными считаются формации, способные сохранять изоляционные свойства десятки тысяч лет. Этим требованиям удовлетворяют магматические породы (эффузивные и интрузивные), глины и каменная соль.

Проекты создания опытных камер захоронения в магматических породах разрабатываются и реализуются в США, Франции, Швеции, Аргентине и др. (в гранитах и других интрузивных породах, в интрузиях мелкозернистых кремнистых пород, базальтовых и андезитовых лавовых покровах, пепло-лавовых туфах и др.) [II.129, II.132, II.136]. При известных преимуществах этих пород следует учитывать, что магматические тела разбиты системами концентрических и радиальных трещин на блоки, зачастую осложненные трещиноватостью более низкого уровня. Они, как правило, обводнены и требуют создания дополнительных инженерных барьеров для изучения возможности распространения радионуклидов подземными водами [II.128, II.129].

Пластичные глины смектитового состава соответствуют определенным требованиям к созданию емкостей для захоронения РАО. Они непроницаемы, что препятствует удержанию обломков контейнера в случае его разрушения; имеют высокий ионообменный потенциал, позволяющий удерживать радионуклиды; способны к уплотнению, что облегчает производство экранирующих материалов в промышленных условиях. Однако горные выработки в глинах неустойчивы. Детальные исследования глинистых толщ для строительства подземных камер проводятся во Франции и Бельгии [II.132, II.133].

Во многих проектах подчеркивается уникальность и перспективность для захоронения РАО соленосных формаций [II.120, II.130, II.135, II.136 и др.]. В них экологическая изолированность хранилища определяется отсутствием крупных открытых тектонических нарушений, низкими пористостью, газо- и водопроницаемостью, умеренной влажностью, повышенной пластичностью, теплопроводностью, возможностью применения индустриальной технологии сооружения емкостей. К числу неблагоприятных факторов соляных формаций относятся движение газовой-жидких включений в направлении источника повышенной теплоотдачи, влияние высоких температур на водосодержащие минералы, медленный подъем емкости в соляном теле, активизация

галокинеза при техногенном воздействии. Локальный характер комплексов этих факторов обуславливает необходимость детальных исследований в каждом конкретном случае [II.123, II.127, II.128, II.136 и др.].

Учитывая разнообразие геологических условий соленосных бассейнов Украины, республиканская программа по обращению с РАО должна исходить из целесообразности захоронения в соляных породах в специальных скважинах большого диаметра, пробуренных в соляных шахтах, и в емкостях, созданных геотехнологическим методом. Для постановки исследовательских работ, связанных с использованием соляных формаций в качестве хранилищ РАО, наиболее подходящими представляются Северо-Западный Донбасс и ДДВ. Вместе с тем целесообразно изучать возможности использования для этих целей массивов гранитов и эффузивных пород Украинского щита.

Общий принцип выбора участков для создания камер захоронения РАО заключается в более жестком соблюдении условий строительства подземных емкостей и дополняется этапами предварительного создания экспериментальной лаборатории в натурных условиях в целях обеспечения моделирования комплекса условий (горно-геологических, геохимических, гидрогеологических и др.) долговременного функционирования камер захоронения.

Таким образом, на территории Украины имеются благоприятные геологические предпосылки для широкого развития подземного строительства различного назначения как в пределах Украинского щита, где распространены массивы скальных (преимущественно кристаллических) пород, так и в крупных осадочных бассейнах, где широко развиты разнообразные комплексы осадочных отложений, пригодных для создания разных типов подземных сооружений.

II.2.8. Заповедные охранные территории, заказники, памятники

При изучении состояния геологической среды и ее отдельных компонентов возникает проблема эталонных, неизменяемых участков для получения данных о первозданном состоянии и свойствах пород, естественном протекании геологических процессов. Этим требованиям должны отвечать специальные охраняемые государством территории и объекты, которые по категориям разделяются [II.84] на заповедники и заповедно-охотничьи хозяйства; природные национальные парки; заказники республиканского и местного значения; памятники природы республиканского и местного значения; ботанические сады; дендрологические сады; зоологические парки; парки-памятники садово-паркового искусства республиканского и местного значения; заповедные урочища.

Самой высокой категории охраны отвечают государственные заповедники, которые создаются в целях сохранения в естественном состоянии типичных или уникальных природных комплексов для изучения естественного хода процессов и явлений, разработки научных основ охраны природы.

По состоянию на 1991 г. природно-заповедный фонд Украины включал 12 заповедников в областях — Донецкой (1), Житомирской (1), Закарпатской (1), Крымской (3), Луганской (1), Одесской (1), Херсонской (2), Черкасской (1), Львовской (1) и три филиала в областях — Запорожской, Николаевской, Сумской (табл. II.47).

При создании почти всех заповедников, как и других охранных территорий, основными руководящими принципами были требования к сохранению растительного и животного мира, основных компонентов биосферы. В значительной степени учитывались ландшафтные условия,

геоморфология и не всегда достаточное внимание уделялось геологическому строению как субстрату почвенного покрова, ландшафтным условиям протекания экзогенных геологических процессов.

В отношении приуроченности к геоструктурным и геоморфологическим областям большая часть заповедников расположена на равнинных территориях и только четыре (Карпатский, Карадагский, М. Мартьян, Ялтинский горно-лесной) — в горах Карпат и Крыма [11.8].

Таблица 11.47. Заповедники Украины

Название	Площадь, га	Геоструктурная область	Возраст геологического субстрата ландшафта	Ведущие геологические процессы
Полесский	20 097,0	Украинский щит	AR — PR	Заболочивание
Украинский степной	1634,4	Украинский щит, ДДВ	(AR — PR), N	Выветривание
Луганский	1575,5	Донбасс	C	»
Росточье	2080,0	Волыно-Подольская плита	K, N	Речная эрозия
Каневский	1035,0	Склон Украинского щита	P, K, J	Овражная эрозия
Аскания-Нова	11 054,0	Причерноморская впадина	N	Выветривание
Черноморский	57 048,0	То же	N	Аккумуляция
Дунайские плавни	14 851,0	Склоны Добруджи	N	»
Карпатский	12 706,0	Украинские Карпаты	P ₁₋₂ — K	Выветривание, эрозия
Ялтинский горно-лесной	14 591,0	Горный Крым	J ₁ —J ₂	Карст, эрозия
Мыс Мартьян	240,0	« »	J ₂ —J ₃	Абразия
Карадагский	2855,7	« »	J ₂	Выветривание, абразия

Крупнейшим равнинным заповедником, представляющим значительный интерес с точки зрения охраны геологической среды, является Полесский. Он расположен на границе с Беларусью, в Овручском и Олевском районах Житомирской обл., в зоне смешанных лесов в междуречье Уборти (приток р. Припяти) и ее притока Болотни. Из 20 097 га общей площади заповедника 17 087 га покрыто лесом. Около 22 % территории заболочены.

В геоструктурном отношении территория заповедника расположена на крайнем северном окончании Украинского щита, в месте перекрестия кристаллических пород протерозоя отложениями палеогена (песчаной харьковской свиты). В южной части заповедника в кристаллических породах протерозоя отмечается зона разломов юго-западного, северо-восточного простираний.

Основное направление научных исследований в данном заповеднике — изучение лесных и болотных природных комплексов. Заповедник пригоден также для постановки наблюдений за влиянием леса на геологические объекты, условия развития заболочивания как экзогенного геологического процесса. К территории заповедника в северной

части Украинского щита в пределах Житомирской обл. примыкает ряд геологических памятников — выходов гранитов, габбро, лабрадоритов в естественных обнажениях и в бортах карьеров [11.45].

В юго-восточной части Украинского щита, на Приазовской возвышенности расположен один из филиалов Украинского степного заповедника — Каменные Могилы, представляющий собой островной выход на поверхность кристаллических пород на водоразделе рек Берды и Кальчика. Заповедник пригоден для постановки наблюдений развития процессов выветривания кристаллических пород. Как геологические памятники охраняются также выходы кристаллических пород в Запорожской обл. (остров Хортица, Бельмак-Могила), выходы железистых кварцитов (Корсак-Могила, Могила Куксунгур, Каменная Могила).

К Украинскому степному заповеднику относятся филиалы Хомутовская степь в Новоазовском р-не Донецкой обл., расположенный в пределах Причерноморской низменности на крутом левом берегу р. Грузского Еланчика, а также Михайловская целина в Лебединском р-не Сумской обл., на водоразделе рек Груни и Сулы.

Общая площадь всех трех филиалов Украинского степного заповедника составляет 1634,4 га. Очевидно, что такая площадь недостаточна для изучения всех процессов, характерных для Украинской степи, охватывающей почти все равнинные геоструктурные зоны Украины, и где геологические условия, естественно, повлияли на развитие биосферных компонентов.

Эталонном природы засушливой степи является древнейший заповедник Аскания-Нова, расположенный в Чаплинском р-не Херсонской обл. По решению сессии Координационного совета ЮНЕСКО он имеет статус биосферного заповедника. Состоит из трех участков — Чапельного пода, Южного и Северного общей площадью 11 054 га. Наряду с сохранением и изучением редких видов животных и растений здесь исследуются особенности развития почв, что требует также раскрытия закономерностей протекания процессов в подпочвенном субстрате, т. е. в геологических формациях четвертичного и неогенового возраста.

В Донбассе и юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины находятся три филиала Луганского заповедника, общая площадь которого 1575,5 га. Станционно-Луганский филиал расположен вдоль левого берега р. Сев. Донца и включает единственный в Украине заповедный участок лесной поймы.

В геологическом отношении представляет интерес филиал Стрельцовская степь, расположенный на возвышенном левом берегу р. Камышной, впадающей в р. Деркул, левый приток р. Сев. Донца. С юго-запада и востока к этой территории примыкают овражные системы. Имеются обнажения меловых отложений.

На северном склоне Донецкого кряжа расположен филиал Прохальская степь, представляющий собой каменистые степи — выходы на поверхность карбоновых пород. Представляет интерес в геологическом плане с точки зрения влияния степной растительности на процессы преобразования отложений карбона.

В Яворовском р-не Львовской обл. находится заповедник Росточье, общая площадь которого 2080 га. Эта территория приурочена к так называемому Главному Европейскому водоразделу (Черное и Балтийское моря), где стыкуются геологические структуры Восточно-Европейской платформы и Предкарпатского прогиба, неогеновые отложения последнего трансгрессивно залегают на отложениях верхнего мела Галицко-Волынской синеклизы. Здесь сходятся геоморфологические области Подолии, Малого Полесья и Прикарпатья, физико-географические зоны леса и лесостепи.

Здесь отчетливо просматривается зависимость растительного покрова от геоморфологических условий. Можно проследить также влияние растительного покрова на протекание экзогенных геологических процессов. Интересно отметить, что здесь проходит граница максимального (днепровского) оледенения в его западном ответвлении. Отмечаются границы леса и сохранившихся болот с представителями последнелидовиковых реликтов — березой низкой, ивой лапландской и др.

Весьма интересна в геолого-геоморфологическом отношении территория Каневского заповедника (Каневский р-н Черкасской обл.), расположенного на правом возвышенном берегу Днепра в районе уникального геологического образования — Каневских дислокаций, происхождение которых до настоящего времени является предметом изучения геологов. Территория заповедника охватывает разные по геологическому строению участки, различные геоморфологические элементы склонов долины с развитыми склоновыми гравитационными процессами (включает пойму, заболоченные места, старичные озера). Наблюдаются оползневые процессы, широко развита овражно-балочная сеть. Интересное сочетание растительного покрова — от грабовых дубрав до участков степи. В данном районе сосредоточены весьма важные исторические и культурные памятники, поэтому есть необходимость и имеются возможности для расширения площади заповедника.

Крупнейшим по площади биосферным заповедником на территории Украины является Черноморский, расположенный на юге Херсонской и Николаевской областей. Он охватывает участки побережья Черного моря, примыкающие к ним аккумулятивные образования, косы и острова в Тендровском, Джарылгачском и Ягорлыкском заливах. Общая площадь заповедника 57 048 га, в том числе суши 9448 га и акватории 47 600 га. Территория представляет собой уникальные водно-болотные угодья, имеющие международное значение как места зимовки водоплавающих птиц, гнездящихся в странах Скандинавии. В плане изучения экзогенных геологических процессов здесь есть широкие возможности для наблюдения развития аккумулятивных форм морского побережья, имеются также абразионные участки (с Железный Порт на Тендровской косе).

В Придубруджском прогибе, в дельте Дуная с выходом на акваторию Черного моря расположен заповедник Дунайские плавни (Кирилловский р-н Одесской обл.). Площадь заповедника 14 851 га, из них суши 9251 га. В геологическом отношении заповедник представляет собой уникальный участок взаимодействия суши и моря, развития дельты крупнейшей реки Европы.

Весьма важны для сохранения эталонных участков геологической среды охранные территории в горных областях. Крупнейшим является Карпатский государственный заповедник, образованный в 1968 г. с целью сохранить наиболее типичные для Украинских Карпат горные и высокогорные ландшафты. Заповедник состоит из трех природных массивов: Угольско-Широколужанского, Черногорского и Хустского. Центральным является Угольско-Широколужанский массив площадью 10 363 га, расположенный на южных склонах хребта Красна и склонах г. Менчул (1501 м), где берут начало реки Большая и Малая Угольки, Лужанка, Терешул.

В Угольском заповедном лесничестве на поверхность выходит гряда юрских коралло-мшанковых известняков. Здесь отмечаются крутые выступающие гребни, живописные остроконечные скалы, образования из останков песчаника, отмечаются осыпи.

Высокогорный участок заповедника — Черногорский массив — расположен на юго-западных склонах Черногоры (горы Говерла, Петрос). Включает Черногорское лесничество площадью 2100 га, где представлены пралеса и полонины. В геологическом строении Черногорского

массива преобладают песчаники, аргиллиты мелового и палеогенового возраста, крепкие известняки.

Третий участок — Хустский массив — расположен в долине р. Рики, в Закарпатской низменности, площадью 256,5 га. Это известная Долина нарциссов.

Рельеф и ландшафты Черногорского участка Карпатского заповедника отражают реликтовые формы плейстоценового оледенения. Особенности гидрографии склонов горных частей заповедника — большое количество источников, родников, ручьев.

Растительный покров на территории заповедника, характерный для Карпат, где на высотах от 400 до 2000 м выделяются высотные растительные полосы, в нижней части представленные дубово-буковыми лесами, в средней — елово-буковыми, в верхней — полосой криволинейных из горной сосны, ольхи зеленой, кедра сибирского, а также субальпийскими и альпийскими лугами. В Угольском массиве сохранились буки высотой 42—45 м, возрастом 200—300 лет.

Основное направление исследований в Карпатском заповеднике — изучение природных комплексов Восточных Карпат, разработка методов восстановления горных лесов, их водорегулирующих и почвозащитных способностей. В этом плане необходим более полный учет особенностей геологического строения и условий развития экзогенных геологических процессов.

В Горном Крыму есть три заповедника. Наибольший по площади — Ялтинский горно-лесной (14 591 га) существует с 1973 г. Создан для изучения и охраны природного комплекса Главной гряды Крымских гор с многочисленными памятниками природы. Охватывает участки яйл и склонов на протяжении от мыса Айя на западе до горы Аюдаг на востоке. На территории заповедника выделяется много геологических объектов, весьма важных с точки зрения изучения истории геологического развития и протекания современных геологических процессов. Здесь широко развит карст, который проявляется в массивах пород и на поверхности (пещеры, гроты, карстовые воронки), водопады, отдельные выдающиеся скалы.

На Южном берегу Крыма отдельно выделяется наименьший заповедник Мыс Мартыан площадью 240 га. Он представляет собой ценный прибрежно-аквальный эталон, поскольку 50 % площади заповедника — акватория Черного моря.

Для сохранения ценнейшего геологического объекта в Крыму — горного вулканического массива юрского периода, создан заповедник Карадагский. Массив расположен на побережье Черного моря между городами Судак и Феодосией. Площадь его 2855,7 га, в том числе суши 2046,1 га, акватории Черного моря 809,1 га.

Массив представляет собой подводный вулкан, поднятый на поверхность горообразовательными процессами. Наблюдаются признаки подводных извержений в виде шаровых лав, спилитов и др. Среди вулканических форм распространены лавовые потоки, дайки, жилы, небольшие интрузии. Карадагский заповедник — это своеобразный минералогический музей, где насчитывается более 100 минеральных разновидностей. Он является также эталоном природных комплексов, сформированных в прибрежно-морских условиях.

Близки к заповедникам по категории охраны четыре заповедно-охотничьих хозяйства: Днепровско-Тетеревское и Залесское в Киевской обл., Крымское в Крымской обл. и Азово-Сивашское в Херсонской обл. Общая их площадь 120 тыс. га. Этот вид охраняемых территорий подчинен Министерству лесного хозяйства. С точки зрения экологической геологии они представляют интерес для изучения влияния растительного покрова на геологические тела.

Важная роль при решении вопросов охраны и рационального

использования природных ресурсов отводится национальным паркам — объектам рекреационно-природоохранного комплекса.

Существующие в настоящее время в мире национальные парки подразделяются [11.126] на открытые, курортные, полузакрытые и закрытые (заповедные). Основная задача последних — сохранение природы в интересах науки.

В Украине в настоящее время функционируют Карпатский и Шацкий природные национальные парки открыто-курортного типа. Карпатский природный национальный парк расположен в северо-восточной части Украинских Карпат, на север от Главного Карпатского водораздела до г. Яремчи. Площадь его 50,3 тыс. га. В геологическом строении территории парка главную роль играет меловой и палеогеновый флиш. В бортах долины р. Прута наблюдаются обнажения этих отложений. В геоморфологическом отношении парк охватывает низкорельефные районы Скибовой зоны и самые высокие районы Черногогоры с вершинами — Говерла (2061 м), Бребенеска (2032 м), Поп-Иван (2026 м), Менчил (2005 м). Отмечается высотная зональность, границы которой четко фиксируются по смене видов растительного покрова — от букового леса до лишайникового покрова, петрофильных видов растительности. В парке сосредоточено около 55 % всего видового состава флоры Украинских Карпат. Здесь имеются большие возможности для изучения взаимовлияния геологических условий и растительного покрова.

Шацкий природный национальный парк расположен в северо-западной части Волинского Полесья. Занимает площадь 32,5 тыс. га в крайнем северо-западном углу территории Украины, в междуречье Зап. Буга и Припяти, где находятся 22 озера. Наибольшее озеро Украины Свитязь занимает центральную часть парка. Площадь озера 27 км², глубина 58 м. Происхождение озер связывается с развитием карста в меловых отложениях кампанского яруса.

По функциональному зонированию в Шацком национальном парке выделяются заповедные и рекреационная зоны, территории хозяйственной деятельности и рекреационного использования, а также леса Шацкого лесхоза. В геологическом плане интерес представляют условия образования озер и история развития четвертичного покрова, представленного ледниковыми отложениями.

На территории Украины в настоящее время насчитывается 220 республиканских и 1298 местных заказников, а также 119 памятников природы республиканского и 2602 местного значения, среди которых 716 геологических памятников, включающих стратиграфические (стратотипы отложений разного возраста от архея до четвертичных, уникальные обнажения), палеонтологические (места с богатыми остатками ископаемой фауны и флоры), минералого-петрографические, тектонические (вулканические массивы Крыма — горы Аюдаг, Кастель, мысы Плака, Фиолент, тектонические разломы — Тополевский, Никитский сброс, грязевые вулканы — Вернадского, Андрусова, Обручева, Джау-Тепе и др.), в Карпатах — Мукачевский вулканический останец, Солотинский соляной шток, кратер вулкана — озеро Морское Око и др., геоморфологические (пещеры, водопады, оползни, отдельные выдающиеся холмы и скалы).

Объекты, представляющие геологический интерес, имеются также в парках-памятниках садово-паркового искусства, заповедных урочищах, многие из которых могли бы служить для постановки исследований эколого-геологического плана.

Общая площадь природно-заповедного фонда в Украине составляет около 9692 км², т. е. примерно 1,6 % территории республики. По данным ООН [11.126] в настоящее время в мире насчитывается 2600 только национальных природных и иных типов парков общей площадью

более 4 млн км², что составляет 2,6 % суши. Нормой же для охраняемых и заповедных территорий считается 3 %. Как видим, для достижения этой нормы в Украине природно-заповедный фонд необходимо удвоить. Это большая и сложная работа, требующая расширения всех видов исследований, и в первую очередь — геологических.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- II.1. *Абелев Ю. М.* Основы проектирования и строительства на макропористых грунтах.— Л.: Стройвоенмориздат, 1948.— 204 с.
- II.2. *Аренс В. Ж., Гайдин А. М.* Геолого-гидрогеологические основы геотехнологических методов добычи полезных ископаемых.— М.: Недра, 1978.— 215 с.
- II.3. *Атомные взрывы в мирных целях* / Ред. И. Д. Морохов.— М.: Атомиздат, 1970.— 124 с.
- II.4. *Бабак В. И.* Очерк неотектоники Крыма // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол.— 1959.— 34, № 4.— С. 51—65.
- II.5. *Баер Р. А., Зеленін І. В., Лютаєв Б. В. и др.* Мелиоративно-гидрогеологические условия Западного Причерноморья.— Кишинев: Штиинца, 1979.— 184 с.
- II.6. *Белевцев Я. Н., Епатко Ю. М., Веригин М. И. и др.* Железородные месторождения докембрия Украины и их прогнозная оценка.— Киев: Наук. думка, 1981.— 232 с.
- II.7. *Бондарчук В. Г.* Геологія України.— К.: Вид-во АН УРСР, 1959.— 830 с.
- II.8. *Бондарчук В. Г.* Основные вопросы тектоогенеза.— Киев: Изд-во АН УССР, 1961.— 382 с.
- II.9. *Бунз В. И., Турбович И. Т., Борисов Б. А. и др.* О методике выявления связи магнитуды землетрясений с тектоническими параметрами района // Докл. АН СССР.— 1974.— 214, № 3.— С. 553—556.
- II.10. *Валенков А. А., Кузяра В. И., Суслов А. И., Бережной В. В.* О мерах по предотвращению газодинамических проявлений при добыче угля в Донецко-Макеевском районе // Уголь Украины.— 1990.— № 2 (398).— С. 6—8.
- II.11. *Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I—IV групп:* Справочник / Под ред. В. А. Филова.— Л.: Химия, 1988.— 512 с.
- II.12. *Временные методические рекомендации по проведению геолого-экологических исследований при геологоразведочных работах (для условий Украины)* / Гл. ГУ «Укргеология» МГ СССР.— Введ. 1990.— Киев, 1990.— 87 с.
- II.13. *Гавриш В. К.* Нафта і нафтокопалини середовища.— Київ: Знання, 1984.— 48 с.
- II.14. *Гайдин А. М., Клишук А. Б., Ковшиков Н. Н., Салюк И. В.* Охрана геологической среды на серных месторождениях.— М., 1985.— 36 с.— (Сера и серная пром-сть: Обзор. информ. / НИИТЭХИМ).
- II.15. *Гидрогеологические основы охраны подземных вод* / Под ред. В. М. Гольдберга.— М.: Центр междунар. проектов Гос. ком. по науке и технике, 1984.— 412 с.
- II.16. *Гончар Г. Я., Мунтян Г. Н., Ротарь М. Ф., Чаповский В. А.* Изменение гидрогеологических условий на территории г. Одессы и некоторые проблемы охраны геологической среды // Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии территории городов и городских агломераций.— М.: Наука, 1987.— С. 70—72.

- II.17. *Гофман-Захаров П. М.* Проектирование и сооружение подземных резервуаров нефтегазохранилищ.— Киев : Будівельник, 1973.— 244 с.
- II.18. *Гриднев А. П.* XIV конгресс Мировой экономической конференции (МИРЭК) о состоянии и экологических проблемах развития угольной промышленности // Уголь.— 1990.— № 3.— С. 20—24.
- II.19. *Гроздова О. И.* Картографирование и региональные прогнозы техногенных изменений подземной гидросферы.— М., 1987.— 68 с.— (Гидрогеология и инж. геология: Обзор. информ. ВИЭМС / ВНИИ экономики минер. сырья и геол.-развед. работ).
- II.20. *Де Гроот М.* Оптимальные статистические решения.— М. : Мир, 1974.— 154 с.
- II.21. *Демчишин М. Г.* Современная динамика склонов территории Украины (инженерно-геологические аспекты).— Киев, 1988.— 54 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 88-13).
- II.22. *Демчишин М. Г., Краев В. Ф.* Динамика склонов территорий, прилегающих к сейсмогенным зонам // Геол. журн.— 1987.— № 6 — С. 42—48.
- II.23. *Дублянский В. Н., Вахрушев В. А., Климчук А. Б. и др.* Крупные карстовые полости СССР. II. Крымская спелеологическая провинция.— М., 1987.— 65 с.— Деп. в ВИНТИ 22.04.87, № 1111 В-87.
- II.24. *Дублянский В. Н., Ломаев А. А.* Карстовые пещеры Украины.— Киев : Наук. думка, 1980.— 180 с.
- II.25. *Екологічний Вісник // Червоний Гірник.*— 1990.— № 7 (16 980), 13 січ.
- II.26. *Екологічний Вісник // Червоний Гірник.*— 1990.— № 26 (16 999), 10 лют.
- II.27. *Железнодорожный транспорт и окружающая среда.*— М., 1987.— 36 с.— (Обзор. информ. / ЦНИИТЭИ МПС).
- II.28. *Забигайло В. Е., Широков А. З.* Проблемы геологии газов угольных месторождений.— Киев : Наук. думка, 1972.— 172 с.
- II.29. *Захаров Е. И., Панферов И. В.* Обнаружение очагов самовозгорания угля в шахтах на ранней стадии их развития // Уголь.— 1990.— № 3.— С. 48—49.
- II.30. *Зекцер И. С., Ковалевский В. С., Язвин Л. С.* Исследование ресурсов подземных вод в СССР // Вод. ресурсы.— 1987 — № 6.— С. 27—37.
- II.31. *Зенкович В. П.* Берега Черного и Азовского морей.— М. : Географгиз, 1958.— 207 с.
- II.32. *Зильбербранд М. М.* Гидрогеологические аспекты управления водно-солевым режимом орошаемых земель юга Украины.— Киев, 1989.— 34 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 89-6).
- II.33. *Иванов А. А., Воронова М. Л.* Галогенные формации.— М. : Недра, 1972.— 328 с.
- II.34. *Иванов Б. Н.* Карбонатный карст Украины и Молдавии // Карст в карбонатных породах.— М. : Изд-во Моск. ун-та, 1972.— С. 131—140.— (Тр. Моск. о-ва испытателей природы; Т. 17).
- II.35. *Иванов Б. Н., Васильев И. Н., Зенгина С. М. и др.* Условия и факторы техногенной активизации карстового процесса // Физ. география и геоморфология.— 1985.— Вып. 32.— С. 71—78.
- II.36. *Изменение мелниоративно-гидрогеологических условий водораздельных массивов под влиянием орошения (на примере Ингулецкого массива УССР) / Отв. ред. В. Г. Ткачук.*— Киев : Урожай, 1979.
- II.37. *Ильичев В. А.* Современное состояние фундаментостроения и

перспективы его развития // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении; Т. 1.— М.: Стройиздат, 1987.— С. 5—11.

- II.38. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / Под ред. Л. Н. Овчинникова.— М.: Недра, 1983.— 191 с.
- II.39. Калинин М. К. О механизме и условиях образования грязевых вулканов // Проблемы нефтяной геологии и вопросы методики лабораторных исследований.— М.: Гостехиздат, 1960.— С. 83—90.
- II.40. Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. Т. 3. Сборник руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых / Пред. ред. комис. А. М. Быбочкин.— М.: ГКЗ СССР, 1986.— С. 91—99.
- II.41. Клепиков С. Н., Трегуб А. С., Матвеев И. В. Расчет зданий и сооружений на просадочных грунтах.— Киев: Будівельник, 1987.— 196 с.
- II.42. Климчук А. Б., Аксем С. Д., Шестопалов В. М. и др. Режимное изучение активности гипсового карста западных областей Украины.— Киев, 1988.— 55 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 88-44).
- II.43. Климчук А. Б., Андрейчук В. Н. Геолого-гидрогеологические условия развития и генезис крупных гипсовых пещер запада Украины // Пещеры.— Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1988.— С. 12—24.
- II.44. Коноплянцев А. А., Ярцева-Попова Е. Н. Оседание поверхности Земли в связи с понижением уровня подземных вод.— М., 1983.— 48 с.— (Гидрогеология и инж. геология: Обзор. информ. ВИЭМС/ВНИИ экономики минер. сырья и геол.-развед. работ).
- II.45. Коротенко Н. Е., Щирица А. С., Каневский А. Я. и др. Геологические памятники Украины: Справочник-путеводитель.— Киев: Наук. думка, 1987.— 156 с.
- II.46. Костюк О. П., Пронишин Р. С., Карпив Т. С. Макросейсмический эффект от Карпатского землетрясения 4.III.1977 г. на территории Украины (Карпатское землетрясение 4 марта 1977 г. и его последствия) // Под ред. А. В. Друмя.— М.: Наука, 1980.— С. 178—183.
- II.47. Котлов Ф. В. Антропогенные процессы и явления на территории города.— М.: Наука, 1977.— 169 с.
- II.48. Котлов Ф. В., Брашнина И. А., Сипягина И. К. Город и геологические процессы.— М.: Наука, 1967.— 225 с.
- II.49. Крутов В. И. Основания и фундаменты на насыпных грунтах.— М.: Стройиздат, 1988.— 223 с.
- II.50. Кукал З. Скорость геологических процессов.— М.: Мир, 1987.— 246 с.
- II.51. Майданович И. А., Радзивилл А. Я. Особенности тектоники угольных бассейнов Украины.— Киев: Наук. думка, 1984.— 125 с.
- II.52. Максимчук В. Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ.— Киев: Будівельник, 1981.— 112 с.
- II.53. Малахов Г. М., Грицына А. Е., Малахов И. Н. Комплексное использование железорудного сырья Кривбасса // Комплексное использ. минер. сырья.— 1988.— № 5.— С. 81—84.
- II.54. Малахов Г. М., Малахов И. Н. Основы роботизации процессов добычи железных руд.— Киев: Наук. думка, 1988.— 189 с.
- II.55. Малахов Г. М., Малахов И. Н., Сиволобов Л. И. Циклично-

- поточная технология подземной разработки магнетитовых кварцитов.— Киев : Наук. думка, 1986.— 128 с.
- II.56. Малахов И. Н. Прогнозирование технико-экономических показателей подземной разработки магнетитовых кварцитов.— Киев, 1989.— 40 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук).
- II.57. Маринич О. М., Ланько А. І., Щербань М. І., Шищенко П. Г. Фізична географія Української РСР.— Київ : Вища шк., 1982.— 208 с.
- II.58. Маринич А. М., Пащенко В. М., Шищенко П. Г. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование.— Киев : Наук. думка, 1985.— 224 с.
- II.59. Мелиорация на Украине / Под ред. Н. А. Гаркуши.— Киев : Урожай, 1985.— 376 с.
- II.60. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горнодобывающих предприятий : Утв. Упр. гидрогеол. работ, Упр. цв. и редких металлов М-ва геол. СССР.— М. : ИМГРЭ, 1986.— 99 с.
- II.61. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами / Под ред. Ю. К. Сагет.— М. : ИМГРЭ, 1982.— 111 с.
- II.62. Методические рекомендации по изучению эколого-геологических условий городских агломераций и территориально-промышленных комплексов УССР / Под ред. Е. А. Яковлева.— Днепропетровск : Ин-т минер. ресурсов, 1988.— 243 с.
- II.63. Методические рекомендации по оценке источников загрязнения окружающей среды / Под ред. С. В. Григорян.— М. : ИМГРЭ, 1982.— 66 с.
- II.64. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами.— М. : М-во здравоохранения СССР, ИМГРЭ, 1987.— 24 с.
- II.65. Миронов К. В. Справочник геолога-угольщика.— М. : Недра, 1982.— 312 с.
- II.66. Молодых И. И. Грунты подов и степных блюдец субаэрального покрова Украины.— Киев : Наук. думка, 1982.— 160 с.
- II.67. Молодых И. И., Бублясь В. Н., Постнова Т. В. и др. Западинные морфоскульптуры (блюдца) средней части бассейна Днепра в связи с охраной геологической среды.— Киев, 1988.— 53 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 88-29).
- II.68. Молодых И. И., Драчинская Э. С. Инженерно-геологические закономерности формирования просадочности лессовых пород Северо-Западного Причерноморья.— Киев, 1988.— 55 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 88-20).
- II.69. Молодых И. И., Сурдутович О. И., Бруйко А. В. Изучение западинных морфоскульптур при проведении крупномасштабной гидрогеологической и инженерно-геологической съемки и изысканиях для целей мелиорации (методические рекомендации).— Киев, 1983.— 57 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 83-11).
- II.70. Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения / Под ред. В. П. Зенковича, Б. А. Попова.— М., 1980.— 280 с.
- II.71. Мосинец В. Н., Шестаков В. А., Авдеев О. А., Мельниченко В. М. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников.— М. : Недра, 1981.— 309 с.
- II.72. Муфтахов А. Ж., Дзекцер Е. С. Методы прогноза подтопления территорий // Процессы подтопления застроенных территорий грунтовыми водами.— М. : Стройиздат, 1985.— С. 53—62.

- II.73. *Науменко П. И.* Современная деятельность грязевого вулканизма Керченского полуострова // *Материалы по минералогии, петрографии и геохимии осадоч. пород и руд.*— 1976.— Вып. 4.— С. 115—135.
- II.74. *Нефтематеринские* свиты и принципы их диагностики / Под ред. Н. Б. Вассоевича, П. П. Тимофеева.— М.: Наука, 1979.— 270 с.
- II.75. *Николаев Н. И.* Новейшая тектоника и геодинамика литосферы.— М.: Недра, 1988.— 491 с.
- II.76. *Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР* / Под ред. Н. В. Кондорской, Н. В. Шебалина.— М.: Наука, 1977.— 535 с.
- II.77. *Огняник Н. С., Рудаков В. К., Рыбин В. Ф., Ситников А. Б.* Охрана подземных вод в условиях техногенеза.— Киев: Вища шк., 1985.— 224 с.
- II.78. *Олиферов А. Н.* Борьба с эрозией и селевыми паводками в Крыму.— Симферополь: Крым, 1968.— 92 с.
- II.79. *Олиферов А. Н.* Географические аспекты мелиорации селевых ландшафтов.— Симферополь: Изд-во Симфероп. ун-та, 1982.— 76 с.
- II.80. *Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте.*— М., 1982.— 56 с.— (Обзор. информ. / ЦНИИТЭИ МПС).
- II.81. *Папернов М. М., Зильберборд А. Ф.* Производственные и складские объекты в горных выработках.— М.: Стройиздат, 1984.— 183 с.
- II.82. *Плотников Н. И.* Техногенные изменения гидрогеологических условий.— М.: Недра, 1989.— 268 с.
- II.83. *Порфирьев В. Б.* Метаморфизм ископаемых углей.— Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1978.— 182 с.
- II.84. *Природно-заповідний фонд Української РСР // Реєстр-довідник заповідних об'єктів* / За ред. М. А. Воїнственського.— Київ: Урожай, 1986.— 224 с.
- II.85. *Проблемы инженерной геологии городов* / Под ред. Г. Л. Коффа.— М.: Наука, 1983.— 208 с.
- II.86. *Пустовитенко Б. Г., Королев В. А., Князева В. С. и др.* Распределение интенсивности сотрясений на территории Украины от Карпатского землетрясения 30 августа 1986 г. // *Сейсмологический бюллетень западной территориальной зоны единой системы сейсмических наблюдений СССР.*— Киев: Наук. думка, 1989.— С. 132—135.
- II.87. *Радзивилл А. Я.* Прогноз нового типа ловушек нефтегазоносных депрессий Днепровско-Донецкой субгеосинклинали // *Геол. журн* — 1983.— № 2.— С. 114—116.
- II.88. *Радзивилл А. Я.* Тектонические критерии и угленосность в комплексном региональном прогнозе нефтегазоносных и угленосных структур Днепровско-Донецкой впадины (в порядке постановки вопроса) // *Тектоника и стратиграфия.*— 1983.— Вып. 24.— С. 21—25.
- II.89. *Радзивилл А. Я.* Джерела енергії // *Рідна природа.*— 1989.— № 1.— С. 48—51.
- II.90. *Радзивилл А. Я., Майданович И. А., Иванова А. В. и др.* Угленосные формации и вещественный состав углей Днепровско-Донецкой впадины.— Киев: Наук. думка, 1990.— 220 с.
- II.91. *Рахманов Р. Р.* Грязевой вулканизм подвижных поясов и его геотектонические позиции: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук.— Баку, 1982.— 60 с.
- II.92. *Реймерс Н. Ф.* Природопользование: Словарь-справочник.— М.: Мысль, 1990.— 637 с.
- II.93. *Рекомендации по выбору исходных данных для модели прогно-*

- за процесса подтопления городских территорий // Проектный научно-исследовательский ин-т изысканий в строительстве Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1986.— 136 с.
- II.94. *Ресурсы поверхностных вод СССР*. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья.— Л.: Гидрометеиздат, 1967.— 492 с.
- II.95. *Ресурсы поверхностных вод СССР*. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия.— Л.: Гидрометеиздат, 1969.— 884 с.
- II.96. *Ресурсы поверхностных вод СССР*. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 2. Среднее и Нижнее Приднепровье.— Л.: Гидрометеиздат, 1971.— 654 с.
- II.97. *Рипский Е. М., Молодых И. И.* Инженерно-геологическое районирование лессовых грунтов Крыма // Тез. докл. Совещ. по пробл. инж.-геол. районир. и картир., Москва, 9—13 окт. 1962 г.— М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962.
- II.98. *Рудаков В. К.* Охрана территорий при гидротехническом и мелиоративном строительстве.— Киев: Урожай, 1987.— 104 с.
- II.99. *Руководство по контролю за загрязнением атмосферы*.— Л.: Гидрометеиздат, 1979.— 123 с.
- II.100. *Сагалова Е. А.* Использование результатов изучения сейсмичности района Вранча для сейсмрайонирования территории УССР // Сейсмичность Украины.— Киев: Наук. думка, 1969.— С. 81—91.
- II.101. *Сагалова Е. А.* Реализация долгосрочного прогноза в зоне Вранча // Геофиз. журн.— 1987.— 9, № 6.— С. 84—95.
- II.102. *Сейсмологический бюллетень*. Западной территориальной зоны — единой системы сейсмических наблюдений СССР (Крым — Карпаты, 1987).— Киев: Наук. думка, 1990.— 153 с.
- II.103. *Сейсмическое районирование СССР* / Под ред. С. В. Медведева.— М.: Наука, 1968.— 476 с.
- II.104. *Сейсмическое районирование территории СССР* / Под ред. В. И. Буня, Г. П. Горшкова.— М.: Наука, 1980.— 307 с.
- II.105. *Сергеев Е. М., Минервин А. В.* Сущность процесса облессования в подзолистой зоне // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геол.— 1960.— № 3.— С. 3—14.
- II.106. *Ситников А. Б.* Проблемы техногенной гидрогеологии // Геол. журн.— 1986.— 46, № 6.— С. 122—129.
- II.107. *Справочник по водным ресурсам* / Под ред. Б. И. Стрельца.— Киев: Урожай, 1987.— 304 с.
- II.108. *Справочник по пестицидам* (гигиена применения и токсикология) / Под ред. А. В. Павлова.— Киев: Урожай, 1986.— 432 с.
- II.109. *Стадников Г. Л.* Происхождение углей и нефти.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937.— 610 с.
- II.110. *Стрижельчик Г. Г.* Закономерности и особенности инженерно-геологических условий территории г. Харькова и влияние города на изменение геологической среды: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук.— М., 1977.— 25 с.
- II.111. *Сукачев А. Н.* Физико-химические аспекты внезапных выбросов в шахтах // Докл. АН УССР. Сер. Б.— 1987.— № 10.— С. 22—25.
- II.112. *Тимофеев С. В., Долгих Г. А.* О развитии опасных геологических процессов // Бюл. строит. техники.— 1987.— № 6.— С. 42—44.
- II.113. *Толмачов В. В.* Условия строительства промышленных объектов на закарстованных территориях // Пром. стр-во.— 1974.— № 8.— С. 34—36.
- II.114. *Толмачов В. В., Троицкий Г. М., Хоменко В. П.* Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий.— М.: Стройиздат, 1986.— 176 с.

- II.115. *Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1 : 50 000 — 1 : 25 000.*— М. : ВСЕГИН-ГЕО, 1990.— 127 с.
- II.116. *Тютюнова Ф. И.* Гидрогеохимия техногенеза.— М. : Наука, 1987.— 335 с.
- II.117. *Флейшман С. М., Перов В. Ф.* Сели.— М. : Изд-во Моск. ун-та, 1986.— 127 с.
- II.118. *Хордикийнен М. А., Язвин Л. С.* Влияние эксплуатации водозаборов на гидрогеологические территории СССР // Оценка изменений гидрогеологических условий под влиянием производственной деятельности.— М. : Недра, 1978.— С. 9—46.
- II.119. *Хрущов Д. П., Бабалян Г. Г., Клещенко С. А. и др.* Литологические критерии оценки участков и перспектив строительства подземных сооружений различного целевого назначения в соляных толщах.— Киев, 1989.— 45 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 89-3).
- II.120. *Хрущов Д. П., Бабалян Г. Г., Клещенко С. А. и др.* Перспективы строительства подземных сооружений различного целевого назначения в соляных толщах.— Киев, 1989.— 38 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 89-4).
- II.121. *Худан М., Ліницький А.* Кривий Піг // Літературна Україна.— 1990.— № 24 (4381). 14 черв.
- II.122. *Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / Под ред. А. И. Спиридонова.*— М. : Сов. энциклопедия, 1980.— 703 с.
- II.123. *Шехунова С. Б.* Модель галокинеза по литологическим данным: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук.— Киев, 1989.— 21 с.
- II.124. *Шищенко П. Г.* Прикладная физическая география.— Киев Вища шк., 1988.— 192 с.
- II.125. *Штернов А. Г.* Геология и генезис грязевых вулканов Керченско-Таманского района: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук.— Киев, 1968.— 24 с.
- II.126. *Ященко П. Т., Гребенюк Е. М., Галенкевич Л. А. и др.* Природные национальные парки Украины.— Львов: Вища шк., 1988.— 199 с.
- II.127. *Albrecht H. et al.* Zur Frage des Standsicherheitsnachweises von Hohlraumen in Salzgesteinen // 15th Int. symp. Salt-Northern Ohio Geol. Soc., 1980.— P. 195—211.
- II.128. *Bredehoeft J. D.* Will salt repositories be dry? // Trans. Amer. Geophys. Union.— 1988.— N 9.— P. 121—123.
- II.129. *Come B.* Overview of the MIRAGE community project on the migration of radionuclides in the geosphere // Doc BRGM — 1988.— N 161.— P. 195—211.
- II.130. *Coulon H., Debrabant F., Lajudie A.* Choix de matériaux argileux français utilisables pour le stockage de déchets radioactifs.— Paris : USTL Flanders Artois, 1980.— 37 p.
- II.131. *Ford D. C., Williams P. W.* Karst geomorphology and hydrology.— London : Unwin Hyman, 1989.— 600 p.
- II.132. *Krauskopf K. B.* Radioactive waste disposal and geology.— London; New York : Chapman and Hall, 1988.— 145 p.
- II.133. *Kuhn K.* Wo liegen die Unterschiede bei der Endlagerung zwischen Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland? // Atomwirt.— Atomtechn.— 1990.— 36, N 3.— S. 134—138.
- II.134. *Magain M.* Déchets nucléaires: études sur le terrain // Ind. Mag.— 1990.— 7, N 3.— P. 55—56.
- II.135. *Oliver J.-P.* Déchets nucléaires et déchets toxiques: une approche globale // Bull. AEN.— 1989.— 7, N 2.— P. 7—11.

- II.136. *Poppen S. A. G., Colley A. I., Mirza M. B.* Exploratory shaft design for a high-level waste repository in salt // *Tunnels. and Underground Space Technology.*—1988.— 3, N 2.— P. 183—192.
- II.137. *Sargent K. A.* Potential host media for radioactive waste // *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*—1989.— P. 20—23.
- II.138. *Shore protection manual.*—Washington: Eng. Res. Cent., 1983.— 186 p.
- II.139 *Whittington D. W., Langston R. E.* Evolution of Cavern Design For the Strategic Petroleum Reserve // *Underground Space.*—1984.— 8, N 4.— P. 259—263.

III. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

III.1. ОБЩЕГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

К общегеологическим методам относятся прежде всего методы актуализма, используемые для решения обратных задач. Методы актуализма ставят вопрос, какие эколого-геологические выводы вытекают из сравнения современных ноосферных природных условий на земной поверхности, в воздушном бассейне и Мировом океане с палеогеографическими обстановками по крайней мере на протяжении фанерозоя, т. е. на протяжении последних 600—500 млн лет геологической истории. На этом отрезке времени взаимоотношения биосферы с литосферой, гидросферой и атмосферой относительно четко запечатлены в захороненных минеральных и органических остатках, а также в магматогенных и хемогенных образованиях [III.7, III.22]. Другими словами, на принципах актуализма базируется *основное методологическое положение общегеологических методов* — использование палеогеографических и палеоэкологических данных для решения задач современной экологии. Это позволяет решить множество разнообразных задач, разных по конкретности. Для территории Украины, особенно неблагоприятной в экологическом отношении, наиболее значительным и первоочередным является научное обоснование решения следующих задач.

Прежде всего должны быть определены методы и направления максимально объективной научной оценки региональных и глобальных аспектов радиационной обстановки в связи с аварией на Чернобыльской АЭС и большой насыщенностью атомными энергокомплексами промышленности республики [III.15, III.18, III.22]. Геологические аспекты экологических проблем прежде всего определяются степенью радиационной нагрузки в геологической истории. Энергия радиоактивного распада не была значительной в планетарной форме развития, в том числе и в геологическом развитии Земли. На протяжении более 2 млрд лет в земной коре накапливались запасы радиоактивных веществ. За всю историю Земли живые организмы никогда не попадали под влияние значительных радиационных излучений. Очевидно, поэтому у живых существ нет иммунитета против изменений, вызванных радиацией, непосредственного ощущения опасности ее влияния и чувства страха. В то же время отмечены стратиграфические уровни, где массовое захоронение и накопление органического вещества в черносланцевых и угленосных толщах сопровождается повышенными концентрациями радиоактивных веществ. Также обращает на себя внимание совпадение этих явлений во времени с биостратиграфическими рубежами, со значительными резкими изменениями видового состава органического мира (граница нижнего и верхнего мела, верхнего мела — палеогена и др.).

Радиационная проблема не может быть рассмотрена в отрыве от проблемы энергетической. Это главная, определяющая эколого-экономическая и, в конечном счете, социальная политическая проблема. Вне

ее нельзя рассматривать проблему выживания региона и человечества в целом.

Установлено, что для планет характерны физико-химические преобразования [III.7]. В основе обмена вещества и энергии Земли, их изменений и преобразований находятся геохимические и биогеохимические процессы. И если не характерные для естественного энергообмена и вещественного преобразования Земли термоядерные реакции на Солнце снабжают энергией и Землю, и всю Солнечную систему, то это лишь потому, что биосфера Земли получает солнечную энергию через озоновый слой, который исключает получение жестких лучей в опасных для живых организмов дозах.

Все атомные реакторы на Земле (за исключением, возможно, глубоко погруженных в кристаллическое основание, ниже биосферной зоны) не изолированы надежными заслонами. Последствия их воздействия на биосферу изучены пока недостаточно. Но уже сейчас известно, что даже небольшие дозы радиации нежелательны.

О том, что использование энергии атома должно быть чрезвычайно осторожным, предупреждал в начале XX в. академик В. И. Вернадский [III.7]. Как уже отмечалось, она не приемлема для живого и биосферы в целом. Энергетический баланс Земли определяется химическими, в том числе и биогеохимическими преобразованиями. Эти положения являются научной основой для оценки взаимоотношений биосферы с тем или иным видом энергии, для наиболее рационального определения современным обществом и экономикой наиболее эффективных и экологически чистых ее источников.

Особенно активная дискуссия в последнее время развернулась в связи с оценкой перспектив атомной энергетики как альтернативы всем остальным энергетическим источникам. Большая мощность реакторов и мнимая экологическая чистота сыграли определяющую роль в формировании энергетической стратегии страны — ориентации на так называемый мирный атом. Это глубоко ошибочное мнение, которое возникло в связи с тем, что масса выбросов атомных объектов минимальная по сравнению с выбросами электростанций на твердом топливе или мазуте. Но это совершенно несопоставимые по качеству выбросы. Все продукты выбросов тепловых электростанций так или иначе связаны с деятельностью биосферы и могут быть в ней переработаны. Чтобы предохранить от загрязнения среду обитания живых организмов, необходимо развивать безотходное производство с учетом возможности экологических нагрузок конкретного региона. Топливные ресурсы должны быть полностью использованы и утилизированы. Наряду с этим углекислый газ, который выбрасывается современным производством как основной продукт сгорания в атмосферу, необходимо также утилизировать через биофотосинтез. В первую очередь необходимо сохранять и расширять площади лесов на планете. Вместо материалов из древесины целесообразно максимально использовать искусственные материалы, полученные из угля и углеводородов.

Таким образом, засорение окружающей среды и биосферы в результате использования органического топлива можно преодолеть разумным сбалансированным, полным использованием и пополнением энергетических (биологических) ресурсов. В связи с этим необходимо учесть, что на территории бывшего СССР ежегодно накапливалось 500 млн т органических отходов ценного сырья, переработка, которого может дать до 120 млрд м³ биологического газа (метана), что соответствует 100 млн т условного топлива.

Проблема же утилизации и обезвреживания радиоактивных отходов не решена у нас, как и в целом в мире. Основной вывод заключается в том, что прежде всего необходимо использовать все виды и источники энергии, которые действуют на Земле и присущи биосфере.

Природоохранные мероприятия стали в геологической науке и в геологической службе систематической работой [III.28]. Экспертная оценка прямого материального ущерба от развития негативных процессов в литосфере, кроме снижения экологического потенциала геологической среды, достигает 10 млрд руб/год. Изучение геологической среды (почвогрунтов, подземных вод и горных пород, их состава и структуры), прогнозирование ее изменений под влиянием техногенных факторов и определение граничных возможностей техногенных нагрузок — важнейшая социально-экономическая задача современной геологии.

В Академии наук Украины формируются комплексные программы по развитию *геоэкологии как отрасли знаний по закономерностям взаимодействия литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы в условиях хозяйственной деятельности человека и в геологических обстановках прошлого*. Опыт палеогеоэкологических построений должен лечь в основу экологических прогнозов.

Геоэкология тесно связана с географией, биологией, гидрологией, метеорологией, ландшафтоведением, здравоохранением, экономикой. Она рассматривается нами как единая научная концепция, и дробление геоэкологии на экогеохимию, гидрогеоэкологию, инженерную геоэкологию, экогеофизику, экогеодинамику и экогеоморфологию [III.28] представляется нецелесообразным и преждевременным.

Кроме традиционных задач геологии изучение современной геоэкологической системы и палеогеоэкологических систем значительно расширяет круг геологических исследований. На основании выводов о закономерностях круговорота вещества и энергии обосновываются комплексы особо охраняемых территорий — национальных парков, заповедников, заказников, областей питания водоносных горизонтов, зон санитарной охраны водозаборов и др.

Территория Украины выделяется особенно большой экологической нагрузкой (всего 0,03 % территории заповедников и заказников, в бывшем СССР около 1; в Германии примерно 12 %; пахотных земель в Украине около 70 %; США — 32—35, Германии — 28 %). Основная водная артерия — р. Днепр — засорена радиоактивными веществами и превращена в цепочку гниющих водохранилищ. Мегаполисы Донбасса и Среднего Приднпровья нуждаются в чистой воде и чистом воздухе. Эти районы являются первоочередными для постановки эколого-геологических съемок среднего и крупного масштабов.

Специализированные эколого-геохимические и радиогеохимические исследования уже проводятся на территориях крупных городских и промышленных агломераций (Киев, зона катастрофы Чернобыльской АЭС и др.). Исследования ведутся как наземными, так и аэрометодами. Применяются методы картирования: гидрогеологические, почвенно-геохимические, газовые, гелометрические и сейсморазведочные; инфракрасные тепловые и многозональные съемки, космозофотометрическое картографирование изменений природной среды.

Начато изучение геодинамических полигонов, составляются карты геохимических обстановок городов, промышленных районов, сельскохозяйственных угодий, горных массивов, подземных и поверхностных вод. Карты послужат основой для проектирования дальнейших исследований и природоохранных мероприятий. Особенно остро стоит вопрос об охране подземных вод.

Установлено более 100 очагов загрязнения подземных вод химическими, металлургическими, сельскохозяйственными и другими предприятиями. Ежегодно составляются информационные бюллетени о загрязнении и прогнозе изменения подземных вод. Они передаются ведомствам для использования и принятия мер защиты или устранения источников засорения. В перспективе планируется создание автомати-

зированной системы получения, передачи и машинной обработки гидро-режимных данных.

Опасные геологические процессы активизируются техногенной деятельностью, особенно в районах сооружения крупных объектов. Это оползни, сели, обвалы, карст, абразия морских побережий и берегов водохранилищ, просадка пород, грязевые вулканы. При изучении закономерностей развития экстенсивных процессов широко используется аппарат математической статистики. В последние годы в курортных зонах и заповедных местах побережья Черного моря начаты эколого-геологические исследования.

В целях прогноза землетрясений проводятся геофизические исследования глубинного строения сейсмоопасных районов методами сейсмического зондирования.

Назрела необходимость создания научно-методических основ эколого-геологического направления силами научных и производственных организаций Академии наук Украины и Госкомитета по охране недр с использованием опыта геологического картирования, а также опыта проведения геологоразведочных и горнопроходческих работ.

Предложено [III.28] эколого-геологические работы подразделить на три стадии: эколого-геологическую съемку (картирование и картографирование), эколого-геологическую разведку (изучение на конкретных объектах) и наблюдение — мониторинг геологической среды. Эколого-геологические исследования следует проводить на основе геологических съемок. Масштабы, как и при геологическом картировании, — мелкий, средний и крупный. Эколого-геологическая разведка проводится на участках детального изучения очагов или источников загрязнения (масштабы 1 : 10 000 — 1 : 1000).

Мониторинг геологической среды представляет собой высшую форму обобщения и организации наблюдений над природными объектами и процессами, над развитием динамики геологической среды в целом или ее составных частей. Для этого выбираются районы или участки с интенсивной техногенной нагрузкой.

Для организации и проведения эколого-геологических работ разработана комплексная программа исследований и мероприятий на 1991—1995 г. и на перспективу до 2005 г. Программой предусмотрены все три стадии работ.

Кроме того, развухались исследования в системе Академии наук, силами общественных природоохранных организаций и энтузиастов.

Успешное решение эколого-геологических проблем сегодняшнего дня и на перспективу требует не только научно-методического, но также кадрового и лабораторного обеспечения. В связи с этим геологические исследования необходимо поднять на качественно новый научно-технический уровень, определить базовые организации и научные центры, а также полигоны мониторинга.

В вузах страны на геологических и географических факультетах следует ввести подготовку специалистов по геоэкологии, а в научно-исследовательских институтах организовать повышение квалификации в этом направлении.

Целесообразно перенять международный опыт эффективного использования научно-технических разработок экологически обоснованного природопользования.

Как наиболее важное, необходимо отметить, что научно-методические разработки общегеологического плана как основа экологии, получив новый импульс в последние годы, отстают заметно от возможностей современной науки и пока не занимают должного места в естествознании и исследовании ноосферных процессов, их ближайших и перспективных последствий. По-прежнему призрак экологической катастрофы кажется реальностью в отдаленном будущем. Но это не так. Не-

обходимо проникнуться сознанием того, что разработка научных основ геоэкологии и экологии, их мировоззренческие аспекты и практические задачи должны формироваться в неразрывной связи с осуществлением планов научно-технического прогресса, который в отрыве от экологических реальностей и перспектив является безжизненным.

III.2. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Стратегию изучения влияния техногенных факторов на подземные воды можно сформулировать следующим образом. Взаимосвязь гидросферы, атмосферы, литосферы и биосферы определяет необходимость проводить изучение влияния техногенных факторов на режим подземных вод с привлечением информации об изменении климатических, гидрологических, литологических, тектонических и биогенных факторов.

Прогнозы и рекомендации по управлению подземными водами базируются на информации о процессах и явлениях, происходивших в естественных условиях.

Оценка существующего состояния гидрогеологических условий, прогноз, разработка мероприятий по рациональному использованию подземных вод и управлению их режимом осуществляются методами, объединяющими натурные, лабораторные и вычислительные исследования.

На территориях, подверженных интенсивному влиянию техногенных факторов, как правило, в свое время были проведены гидрогеологические исследования, в том числе и применительно к основным видам водохозяйственной деятельности. Обоснование рационального использования подземных вод, их охраны от загрязнения и мер борьбы с негативными процессами и явлениями возможно лишь на основе проведения новых гидрогеологических исследований, объемы и направленность которых определяются спецификой преобладающих на данной территории техногенных факторов.

В табл. III.1 представлены основные методы, используемые в гидрогеологических исследованиях применительно к преобладающим видам техногенных факторов, формирующих современный режим подземных вод [III.32].

III.2.1. Исследование миграции загрязняющих веществ в породах и подземных водах

Прогнозирование миграции и преобразований загрязнителей в зоне аэрации и подземных водах представляет собой большую сложность. Это обусловливается сложностью физико-химических процессов, протекающих в двух- или трехфазных системах, многообразием геологической обстановки и типов загрязнения. Обычно выделяются следующие основные типы загрязнения: 1) химическое, наиболее часто встречаются нефтяное, нитратное и хлоридное; 2) бактериальное; 3) тепловое; 4) радиоактивное [III.10].

При рассмотрении загрязнения верхней зоны геосферы ее целесообразно подразделить на два крупных блока: зону аэрации (включая почву и подстилающие породы) и водонасыщенную зону — зону грунтовых вод. В первом случае миграция происходит в трехфазной системе (твердая — жидкая — газовая) в основном в вертикальном направлении, во втором — в двухфазной системе (твердая — жидкая) и в основном в горизонтальном. Характер миграции загрязнений зависит от типа ландшафта и вида загрязнения. При этом первостепенную роль

Таблица III.1. Основные методы изучения водообмена, вызванного течию
Б. В. Боровский)

Группа методов	Подгруппа методов	Метод	Оцениваемые элементы
Гидрометрическая	Гидрологическая	Генетическое расчленение гидрографов рек	Разгрузка подземных вод в реки
	Гидрометрия родников	По родниковому стоку	Сосредоточенная разгрузка подземных вод: а) на поверхность; б) субаквальная
Гидродинамическая (аналитическое и математическое моделирование)	Исследование стационарных потоков	Профильные задачи по изучению расхода потока в характерных сечениях	Расход потока через поперечное сечение водоносного горизонта или его части Вертикальный расход потока через слабопроницаемые пласты, разделяющие водоносные горизонты
		Плоско-плановые задачи	Балансовое питание и разгрузка (подземный сток), боковой водообмен водоносного горизонта
		Многослойные (трехмерные) задачи	Баланс приходных и расходных статей водообменной системы
	Исследование нестационарных потоков	Профильные и точечные задачи по расходу латерального и вертикального потоков в характерных сечениях и участках	Изменяющийся во времени расход потока через поперечное сечение горизонта или его части; вертикальный расход потока через слабопроницаемый пласт

Изучаемые показатели	Методы изучения показателей	Ошибки в оценке водообмена
Расходы реки в выбранных сечениях	Замер расхода	Ошибки оценки расходов; поглощение либо деформация стока подрусловыми потоками; подземный перехват части стока карстовыми зонами; погрешности выбора оптимальной схемы дренирования
Расходы родников	То же	Неполный учет родников в зависимости от масштаба изучения; неполное дренирование подземных вод родниками
Коэффициент фильтрации (K), мощность (m) водоносных горизонтов, уклон потока (J)	ОФР, ОФН, геофизические методы, наблюдение за режимом подземных вод	Погрешности определения параметров и их картирования (интерполяция, экстраполяция)
Коэффициент фильтрации (K_0) и мощность слабопроницаемых пластов (m_0), разность напоров в смежных горизонтах, разделенных этим пластом (ΔH)	То же	Погрешности определения параметров и их картирования (интерполяция, экстраполяция)
Поля параметров (H , m , J), количественные характеристики граничных условий	То же; гидрометрические исследования, гидрометеорологические наблюдения, индикаторные исследования	Погрешности схематизации гидрогеологических условий и расчетной схемы
Поля параметров, количественные характеристики граничных условий по всем водоносным горизонтам, включенным в модель	То же	Погрешности схематизации гидрогеологических условий и расчетной схемы
Изменяющиеся во времени емкостные параметры, напоры	ОФР, ОФН, геофизические методы наблюдения за режимом	Погрешности определения параметров и их картирования; погрешности схематизации гидрогеологических условий и расчетной схемы (резкая фильтрационная неоднородность, скрытые источники и стоки, погрешности в определении краевых условий и т. п.)

Группа методов	Подгруппа методов	Метод	Оцениваемые элементы
Гидродинамическая (аналитическое и математическое моделирование)		Плоско-плановые задачи	Изменяющийся во вре- мени баланс при- ходных и расходных статей водоносного горизонта или его части
		Многослойные (трехмерные) за- дачи	Изменяющийся во времени баланс при- ходных и расходных статей водообмен- ной системы или ее части
Балансовая	Общего вод- ного ба- ланса	Среднеголетний водный баланс (в региональной постановке, по Б. И. Куделину и др.)	Балансовая разность питания и разгрузки подземных вод, не дренируемых реками
		Водный баланс замкнутых (по- лузамкнутых) структур, ло- кальных участ- ков	Основные приходные и расходные статьи баланса: разгрузка ($\pm Q_p$) в русло и из русла реки
		Анализ режима эксплуатации подземных вод (водозаборами, крупными водо- отливами)	Питание подземных вод, полностью или частично участвую- щих в формировании эксплуатационных запасов или водоот- лива
Индикационные по отношению к во- дообмену	Естествен- ных инди- каторов	Гидрогеохимичес- кие	Разгрузка подземных вод в реки, питание и разгрузка подзем- ных вод смежных горизонтов

Изучаемые элементы	Методы изучения показателей	Ошибки в оценке водообмена
Изменяющиеся во времени поля фильтрационных и емкостных параметров водоносных горизонтов	То же; гидрометрические и гидрометеорологические наблюдения, индикаторные исследования и т. п.	
Изменяющиеся во времени поля фильтрационных и емкостных параметров водоносных горизонтов и слабопроницаемых отложений водообменной системы или ее части	То же	
Атмосферные осадки, испарение и транспирация, речной сток	Метеорологический, гидрометрический	Погрешности оценки отдельных составляющих балансового уравнения, расположение зон питания и разгрузки в пределах одного балансового участка
Атмосферные осадки, испарение, транспирация, конденсация, амплитуда колебаний, расход в русло и из русла реки, коэффициенты фильтрации, мощность пластов, градиенты потока температур, концентрации химических компонентов на входе и выходе системы	Метеорологический, лизиметрический, по наблюдениям за режимом подземных вод; гидрометрический, по расходу потока; по уровням смешения — термометрический, гидрохимический	Слагаются из погрешностей методов, применяемых для оценок отдельных составляющих баланса
Геометрические характеристики области влияния водоотбора, режима уровней и водоотбора, изменение разгрузки в русла рек, гидродинамические параметры в напорных водоносных горизонтах	ОФН, гидрометрический, моделирование	Погрешности, связанные с неточным выделением генетических составляющих водоотбора, неполным вовлечением питания подземных вод выделенного участка и водоотбора, неточным определением контуров воронки депрессии
Концентрации естественных компонентов в подземных водах на входе и выходе системы	Химические, изотопные определения в воде	Несоответствие используемых моделей миграции натурным условиям, погрешности определения, погрешности выделения границ и структуры систем или частей, несовершенство системы наблюдения

Группа методов	Подгруппа методов	Метод	Оцениваемые элементы
Индикационные по отношению к водообмену		Геотермические (в том числе дистанционные)	Вертикальный водообмен через слабопроницаемый слой, поток по отдельным зонам
		Геофизические	Показатели проницаемости, расход подземных вод
	Искусственных индикаторов	Гидрогеохимические	Расход потока, питание либо разгрузка подземного стока
Тепломассоперенос в зоне аэрации	То же	Геотермические	Показатели искусственно созданной температуры и аномалии
		Геофизические	Показатели проницаемости, расход подземных вод
		Палинологические	Скорость потока
	—	На лизиметрах	
		По значениям всасывающих давлений по профилям влажности и коэффициентам влагопереноса. По оценке теплового режима	Инфильтрационное питание, испарение и транспирация
		По мигрирующим индикаторам	

Изучаемые показатели	Методы изучения показателей	Ошибки в оценке водообмена
Температура системы на входе и выходе	Температурные замеры	Несоответствие используемых моделей миграции натурным условиям, погрешности определения, погрешности выделения границ и структуры систем или частей, несовершенство системы наблюдения
Концентрация искусственных компонентов, солей, ионов, изотопов, красителей, сложных органических соединений (ядохимикатов, органических удобрений, специальных препаратов)	Определение концентраций веществ в воде	То же
Температурные замеры в зоне конвективного распространения аномалий	—	То же
Концентрация споропыльцевых индикаторов в воде	Определение концентрации в воде	
Баланс влаги в лизиметре	С помощью лизиметров	
Изменение всасывающих давлений. Изменение влажности	С помощью датчиков на монолитах в массиве. Натурное либо лабораторное определение влажности грунтов. Геотермические	Несоответствие исходной физической модели природному процессу, погрешности определения отдельных параметров, погрешности экстраполяции результатов, полученных на локальных участках, на большие территории
Изменение тепловых показателей по разрезу зоны аэрации		
Скорость миграции, коэффициенты задерживания распределения	Гидрогеохимические, изотопные	

Группа методов	Подгруппа методов	Метод	Оцениваемые элементы

Геологическая	Геохимические. Минералогическое. Структурно-геологические	—	Оценка питания и разгрузки (поглощения) подвижных подземных вод в результате водообмена свободных и физически связанных вод, дегазации мантии, перевода ресурсов в емкостные запасы и, наоборот, радиолиза подземных вод
Натурного моделирования	Гидрогеологической аналогии	Качественный анализ близости гидрогеологических условий объектов (сравнительно-гидрогеологическая аналогия), анализ связей изучаемой характеристики сопоставляемых объектов с основными формирующими факторами, анализ связей с процессами, не формирующимися, но имеющими единую первопричину	Водообмен в целом (при условии его полного определения на объекте-аналоге), подземный сток в реки, испарение и транспирация, боковой водообмен и др.
	С применением теории подобия	Прямого подобия, подобия с учетом водообменноформирующих факторов	Водообмен в целом (при условии его полного определения на объекте-аналоге), подземный сток в реки, испарение и транспирация, боковой водообмен и др.

Примечание. ОФР — опытно-фильтрационные работы, ОФН — опытно-фильт

Изучаемые показатели	Методы изучения показателей	Ошибки в оценке водообмена
Гидратация и дегидратация минералов, метаморфогенное изменение состава отложений, изменение геостатических нагрузок, вулканогенные процессы, гидрогенные изменения пород	Геохимические, минералогические, петрографические, палеографические, структурные	Погрешности экстраполяции процессов в пространстве и геологическом времени, приближенность методов наблюдений
Суммарное инфильтрационное питание, различные виды разгрузки, компенсируемые питанием, расход на боковых границах, ландшафтные показатели, геолого-гидрологические особенности, климатические показатели и др.	Метеорологические, гидрометрические, геоморфологические, геогидродинамические и др.	Погрешности определений на объектах-аналогах, погрешности интерполяции за счет ошибок определения используемых параметров и характеристик, автомодельности процесса
Суммарное инфильтрационное питание, различные виды разгрузки, компенсируемые питанием, расход на боковых границах, ландшафтные показатели, гидрологические особенности, климатические показатели и др.	Методологические, гидрометрические, геоморфологические, гидродинамические и др.	То же

Рациональные наблюдения.

играет водный режим ландшафта, поскольку вода является доминирующим миграционным фактором.

Процессы и факторы миграции загрязнителей в геологической среде. В процессе движения через зону аэрации (в дальнейшем — в подземных водах) загрязняющее вещество подвергается воздействию многих физико-химических и биохимических процессов, обуславливающих элиминирование, или ремобилизацию загрязнений, а также их трансформацию.

К основным элиминирующим процессам принадлежат гидролиз, сорбция, ионный обмен, осаждение, фильтрование (задерживание) и биоаккумуляция [III.11].

Посредством гидролиза из подземной среды может происходить удаление некоторых пестицидов, в частности фенолкарбаматов, производных фенолкарбамида и др.

Под сорбцией обычно понимают три основных механизма удаления загрязнителя из раствора: 1) физическую сорбцию, обусловленную ван-дер-ваальсовскими и кулоновскими силами; 2) химическую сорбцию, которая характеризуется образованием химических ассоциатов между ионами в поровом растворе и на поверхности частиц; в частности, на поверхности частиц ряд тяжелых металлов вступает в конденсационные реакции; 3) ионный обмен — широко распространенный в подземных водах обратимый процесс, при котором ионы порового раствора обмениваются с ионами поглощающего комплекса породы. В природных условиях более широко распространен катионообмен. Важным количественным параметром, характеризующим отношение между равновесными концентрациями вещества в твердой и жидкой фазах, является коэффициент распределения. Величина сорбции зависит от концентрации раствора, валентности ионов и ионного потенциала.

Одним из главных процессов элиминирования является **осаждение**, контролируемое pH и окислительно-восстановительным потенциалом порового раствора, а также его химическим составом. Наиболее интенсивно процессы осаждения осуществляются на геохимических барьерах — окислительно-восстановительных, кислотно-щелочных и др.

Возникновению таких барьеров в значительной степени способствует микробиологическая активность.

К процессам элиминирования относится также **фильтрование**, под которым понимается задержание грубодисперсных и, частично, коллоидных частиц фильтрационной средой. В результате может произойти закупорка пор и коагуляция породы.

Биоаккумуляция предполагает вхождение компонентов подземных вод в живые организмы. В подземных водах аккумулярование веществ прямо пропорционально наличию их в водной среде. Для количественного описания этого процесса используется так называемый фактор аккумуляции, равный отношению концентрации того или иного загрязнителя в живых организмах к его концентрации в воде.

Ремобилизация и вторичное загрязнение подземных вод могут происходить как локально (вследствие усиления микробиологической активности), так и в региональном плане. Так, при увеличении кислотности в связи с проникновением кислых осадков и уменьшением содержания карбонатов в грунтах происходит десорбция ионов металлов путем замены их ионами H^+ . При исчезновении кислорода и уменьшении окислительно-восстановительного потенциала будет усиливаться растворение оксидов и гидроксидов железа и марганца. Ремобилизация может происходить также в результате поступлений комплексобразующих веществ, более минерализованных вод, вследствие выми-

рания живых организмов, содержащих загрязнители, и изменения температуры.

Изучение процессов биохимического превращения и распада в подземных водах представляет большую сложность. Данных для оценки всех протекающих реакций и определения параметров недостаточно, и в связи с этим при моделировании используются упрощенные параметры. Все биогеохимические процессы в первом приближении можно разделить на две категории: метаболизирование органических веществ микробиологическим распадом и метаболизирование неорганических веществ анаэробным и аэробными микробиологическими превращениями. В результате метаболизирования органических веществ происходит распад высокомолекулярных соединений (белков, пептидов) с изменением параметров среды. С метаболизированием неорганических веществ связан, например, процесс образования нитратов, окисления двухвалентного железа до трехвалентного под действием сульфатредуцирующих бактерий и другие процессы. Все биохимические реакции связаны с изменениями кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий среды и, как следствие, с процессами элиминирования.

Роль мембранных процессов при миграции исследована слабо. В обогащенных органикой и глинистых грунтах поровое пространство представляет собой, по сути, структурированную коллоидную систему. В таких грунтах следует ожидать проявления мембранных эффектов, т. е. возникновения избирательной проницаемости, которая проявляется вплоть до разрушения коллоидной системы под действием того или иного фактора.

Опыт изучения форм миграции показывает, что компоненты находятся в основном в одной из следующих форм: 1) простые (гидратированные) и комплексные ионы; 2) истинно растворенные незаряженные комплексы и молекулы; 3) коллоиды и суспензии труднорастворимых соединений; 4) адсорбированные соединения на диспергированных частицах других веществ; 5) как составная часть живых организмов; 6) спонтанные газовые молекулы и совокупности.

Поровые растворы подвергаются частичной или полной **техногенной метаморфизации**. При частичной метаморфизации происходит накопление микрокомпонентов специфического состава, несколько изменяется рН раствора при сохранении исходного химического типа порового раствора. Полная метаморфизация предполагает глубокую трансформацию химического состава вплоть до изменения химического типа. Здесь огромное значение в процессах преобразования химического состава поровых вод играют процессы сорбции и ионного обмена.

В процессе движения почвенной влаги на контакте с сорбентами возникают сорбционные барьеры, характерные для илистых грунтов, торфов, глинистых пород, где могут сорбироваться и концентрироваться тяжелые металлы, радиоактивные загрязнения и т. д. Существенно, что коллоиды сорбируют ионы при концентрациях, меньших произведения растворимости, способствуя переходу загрязнений в твердую фазу, а в жидкую фазу в результате ионного обмена из поглощающего комплекса в раствор могут переходить обменные катионы. Между составом обменных катионов и химическим составом циркулирующих вод существует тесная взаимосвязь. По составу обменного комплекса можно судить о химическом составе вод, и наоборот. При миграции загрязнителя будут происходить сдвиг природного равновесия и изменение химического состава как порового раствора, так и поглощающего комплекса.

Миграция загрязняющих веществ в значительной мере определяется **геохимическими барьерами**. К примеру, в кислой среде интенсивно мигрируют кальций, стронций, железо (II), никель и др. Другие элементы — хром (VI), мышьяк (V), молибден (VI) — лучше мигрируют в

щелочных водах. При равной концентрации осаждаемость металлов зависит от pH. Кроме того, величина pH влияет на сорбционную способность минеральной фазы.

Для почвенной влаги зоны аэрации и грунтовых вод наблюдается повышение общей закомплексованности компонентов по сравнению с поверхностными водами. Так, по данным Ф. И. Тютюновой и др. [III.29], в загрязненных подземных водах в виде комплексных соединений мигрируют (в %): кальций 6—55; натрий 1—25; аммонийный азот 1—27; свинец 21—99; железо (III) 96—99; марганец (II) 4—56; цинк 18—98; медь 26—97.

Основными миграционными формами макрокомпонентов являются свободные ионы и сульфатные комплексы, микрокомпонентов — металлоорганические соединения, гидрооксокомплексы, сульфатные комплексы и свободные ионы. Возникающие при разложении органических веществ (например, в зонах влияния свалок с большим количеством органики) органические соединения часто действуют как интенсивные комплексообразователи, и под их влиянием многие токсические микроэлементы стабилизируются в жидкой фазе в виде комплексов с хорошей миграционной способностью.

III.2.1.1. Дифференциация и рассеяние загрязнителей в геологической среде

В результате возникновения того или иного многокомпонентного площадного источника загрязнения в зоне аэрации будут происходить дифференциация и рассеяние загрязнителей. Если условно разделить загрязнители на сильно-, средне- и слабосорбируемые, то рассеяние сильносорбируемых загрязнителей будет определяться в основном процессами переноса твердого стока; среднесорбируемые — будут частично выноситься в виде твердой составляющей поверхностного стока, частично растворяться поверхностными водами и частично проникать в грунт; слабосорбируемые — будут относительно быстро проникать в глубь проницаемой зоны аэрации при инфильтрации. Некоторая часть загрязнения быстро достигает уровня грунтовых вод по так называемым быстрым путям фильтрации — трещинам, зонам ослабления, практически не претерпевая изменения концентрации вследствие сорбционных и других физико-химических и биохимических процессов. Математическое описание миграции загрязнений в зоне аэрации с учетом физико-химических процессов, форм миграции и геохимических барьеров в трехфазных системах представляет большую сложность. В связи с этим изучение процессов миграции проводится в основном путем исследований на конкретных типовых ландшафтах с получением эмпирических зависимостей для конкретных типов загрязнения.

При расчетах возможного загрязнения подземных вод на участках хранения жидких отходов в результате фильтрации через зону аэрации сорбционные процессы и возможность изменения фильтрационных свойств грунтов обычно не учитываются [III.21, III.31], что значительно снижает достоверность прогнозов, и большинство расчетных методов требует уточнения опытными работами.

Отметим, что в процессе загрязнения подземных (особенно грунтовых) вод почва и подстилающие породы играют двойную роль: с одной стороны, они выполняют защитную функцию по отношению к подземным водам, но с другой — могут быть вторичными источниками загрязнения даже длительное время после ликвидации основного источника загрязнения. Например, при инфильтрации загрязненных атмосферных осадков происходит загрязнение почвы и подстилающих пород. Если же в загрязненный грунт будут просачиваться чистые атмос-

ферные осадки, то они будут загрязняться за счет растворения имеющихся в породе загрязнителей. Получившие в последнее время широкое распространение *кислотные дожди* не только сами по себе загрязняют грунтовые воды, но и способствуют переходу в растворенное состояние и приобретению подвижности многих загрязнителей, в частности тяжелых металлов. Таким образом, загрязнение зоны аэрации и грунтовых вод тесно связано с загрязнением окружающей среды в целом.

Загрязнение подземных вод характеризуется тем же комплексом физико-химических и биологических процессов, что и загрязнение зоны аэрации, однако его характерной особенностью являются перемещение и дисперсия в водонасыщенной пористой или трещиноватой среде, что при введении определенных допущений и «огрубления» реальной природной обстановки позволяет прогнозировать загрязнение или очистку подземных вод в естественных или искусственных условиях.

В настоящее время общепринята диффузионно-конвективная теория миграции вещества в подземных водах [III.11]. При этом изменение концентрации загрязнителя во времени описывается уравнением гидродинамической дисперсии:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\bar{D}_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} - V_i C \right), \quad (\text{III.1})$$

где C — концентрация загрязняющего вещества; $\bar{D}_{ij}$ — коэффициент дисперсии; V_i — скорость течения в направлении i ; t — время; x — координата расстояния.

При гидродинамической дисперсии различаются две составляющие: конвективная диффузия (или механическая дисперсия), обусловленная движением потока подземных вод, и молекулярная диффузия, которая от этого движения не зависит.

На практике происходящие в водоносном горизонте химические реакции, свойства раствора и твердой составляющей учитываются введением фактора замедления [III.2], который определяется различными методами экспериментальным или расчетным путем. В конечном счете принимается, что фронт загрязнения движется по потоку со скоростью, меньшей скорости растворителя. Фактор замедления определяется отношением

$$R = V_a/V_s, \quad (\text{III.2})$$

где V_a — скорость движения фронта воды; V_s — скорость движения загрязнителя. При использовании фактора замедления уравнение (III.1) принимает вид

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\bar{D}_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - V_i \frac{\partial C}{\partial x_i}. \quad (\text{III.3})$$

Фактор замедления определяется коэффициентом распределения в системе жидкость — скелет породы, плотностью и водонасыщенностью среды [III.34]:

$$R = 1 + K_d \rho \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon}, \quad (\text{III.4})$$

где K_d — коэффициент распределения; ρ — плотность породы; ε — ее пористость.

Коэффициент распределения K_d как мера сорбции (или другого процесса выведения загрязнителя из жидкой фазы) определяется соотношением концентраций загрязнителя в твердой и жидкой фазах

элементарного объема среды. Отсюда размерность коэффициента распределения — м³/кг.

Для статических экспериментов в пробирках, где исследуемая порода в течение нескольких дней взаимодействует с раствором загрязнителя стандартной концентрации, а затем проводится разделение и оценка концентрации загрязнителя в жидкой и твердой фазах, значение K_d определяется следующим выражением:

$$K_d = \frac{v(C_{ст} - C)}{m \cdot C} \quad (III.5)$$

где v — объем жидкости; m — масса твердого вещества (сорбента); $C_{ст}$ — концентрация загрязнителя в стандартном растворе; C — концентрация загрязнителя в жидкой фазе по окончании эксперимента.

Динамические эксперименты проводятся на колонках, заполненных исследуемой породой. С помощью насоса сквозь колонки создается ток воды, в которую на входе импульсами добавляется раствор загрязнителя. На выходе колонок с помощью автоматического пробоотборника фиксируются изменения концентрации в жидкой фазе, т. е. снимают выходные кривые, определяемые кинетикой сорбции. Значения K_d в этом случае определяются из выражений (III.2) и (III.4).

Значения коэффициентов распределения, полученные в лабораторных условиях на достаточно компактных моделях природных сред, не дают адекватного представления о взаимосвязи загрязнителя с конкретной горной породой. Наличие широкой гаммы загрязнителей и разнообразие природных обстановок заставляют отдавать предпочтение натурным экспериментам, позволяющим получить конкретные значения K_d для любого сочетания свойств загрязнителя и породы в условиях, максимально приближенных к естественным.

Для примера можно привести способ оценок коэффициентов распределения радионуклидов в системе вода — скелет породы, предложенный группой сотрудников ИГН АН Украины и ВСЕГИНГЕО [III.33, с. 16—17]. Высокая плотность поверхностных загрязнений и соответственно значимые поступления радионуклидов в почвенные растворы в результате аварии на Чернобыльской АЭС создали предпосылки для определения значений K_d на месте залегания. Анализ поровых растворов и матрицы в сочетании с определением плотности и влажности пород в месте отбора позволяет оценить значение K_d по следующей формуле:

$$K_d = \frac{C_{твр} \rho_{ск}}{C_{ж} \cdot W} \quad (III.6)$$

где $C_{твр}$ — концентрация радионуклида в твердой фазе; $C_{ж}$ — то же, в поровом растворе; $\rho_{ск}$ — плотность скелета породы; W — весовая влажность.

Плотность скелета породы определялась по общепринятой формуле

$$\rho_{ск} = \frac{\rho_{пор}}{1 + W} \quad (III.7)$$

где $\rho_{пор}$ — плотность породы в естественном состоянии; W — влажность (доли единицы).

Способ предусматривает возможность определения значений K_d и для пород, не загрязненных радионуклидами, путем внесения искусственных нуклидных меток и анализа распределения их в системе вода — скелет породы. Наличие соответствующей аппаратурной базы

позволяет применить подобный прием к любым загрязнителям и миграционным средам.

Коэффициенты распределения миграционных форм цезия-137 для пород верхней части зоны аэрации на севере Киевской обл. представлены в табл. III.2.

Таблица III.2. Коэффициенты распределения цезия-137

Порода	Цезий-137 в пороховом растворе, Ки/л		Цезий-137 в скелете породы, Ки/кг		K_d , л/кг
	От	До	От	До	
Торф	$5,1 \cdot 10^{-10}$	$2,8 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	3—190
Суглинок серый, опесчаненный	$6,0 \cdot 10^{-10}$	$2,6 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$4,2 \cdot 10^{-8}$	20—400
Суглинок темно-бурый, тяжелый	$2,6 \cdot 10^{-10}$	$2,6 \cdot 10^{-9}$	$4,6 \cdot 10^{-9}$	$9,6 \cdot 10^{-8}$	60—145
Почва суглинистая, гумусированная, мох	—	$7,3 \cdot 10^{-10}$	—	$2,5 \cdot 10^{-7}$	1500

Приведенные в табл. III.2 коэффициенты распределения отличаются значительной изменчивостью. Вместе с тем их нижние пределы достаточно близки к литературным данным, полученным на основе наблюдений за миграцией цезия-137, выпадавшего на земную поверхность в результате испытаний ядерного оружия [III.33].

Миграция радионуклидов в водонасыщенных породах и почвах описывается с помощью уравнения переноса, лежащего в основе математического моделирования этого процесса:

$$K \frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial x} - K\lambda + K_n \lambda_n C_n + E, \quad (\text{III.8})$$

где K — коэффициент задержки, аналог R из выражения (III.4); C — концентрация радионуклида; D — коэффициент диффузии (дисперсии); V — скорость потока воды; λ — постоянная распада; E — поступление радионуклидов за счет выщелачивания из вмещающих пород (для естественных нуклидов); знак «п» относится к предшественникам мигрирующего радионуклида в цепях распада. Значения коэффициентов диффузии D могут быть определены на основании лабораторных и натуральных наблюдений за распределением «бомбогенных» радионуклидов, мигрирующих в почвенных разрезах около 30 лет [III.30].

Аналитическое решение уравнения дисперсии возможно только в наиболее простых случаях. В иных ситуациях прибегают к численным решениям с применением ЭВМ. При наличии ЭВМ большой мощности можно учесть неоднородность среды, несовершенство скважин, влияние других факторов. В то же время диффузионно-конвективная модель имеет некоторые недостатки, в частности упрощенно учитывается физическая сущность сорбции, причем априорно принимается, что она имеет равновесный характер, упрощенно понимается процесс диффузии, где вместо величин активности принимаются концентрации вещества в твердой и жидкой фазах, что верно лишь для очень разбавленных растворов, не учитывается гетерогенность среды и т. д. Все это на практике может приводить к большим искажениям.

В то же время модели, основанные на молекулярной кинетике,

пока глубоко не разработаны, поскольку они требуют учета многофазного характера термодинамической системы вода — порода, включая сложность перехода от жидкости к твердой фазе, динамику потока воды в поровом пространстве; все это сопряжено со значительными трудностями.

К настоящему времени опубликованы работы, выполненные с применением факторного анализа, показавшие неплохие результаты в выявлении природы формирования геохимических полей. При прогнозировании таких полей на Украине успешно использован метод самоорганизации моделей сложных систем или методы группового учета аргументов (МГУА).

III.2.1.2. Основные типы загрязнения подземных вод

В подземных водах наиболее многообразны химические загрязнения. Связанные со сточными водами промышленных производств загрязнения отличаются высокой токсичностью. Особенно опасны промышленные стоки, содержащие тетраэтилсвинец, оксид этилена, мышьяк, ртуть и ее соединения, ядохимикаты и т. п. Иногда для достижения предельно допустимой концентрации (ПДК) возникает необходимость в разбавлении до миллиона раз. По кратности разбавления по токсичному компоненту для достижения ПДК сточные воды делятся на три категории: А — высокотоксичные — кратность разбавления более 10^{10} ; Б — среднетоксичные — 10^5 — 10^{10} ; В — слаботоксичные — 10^2 — 10^5 . Характерными особенностями обладают загрязнения нефтяного происхождения. Они могут находиться в подземной гидросфере в виде истинных и коллоидных растворов, однофазного жидкого слоя или газовой фазы. На процессы изменения нефтепродуктов в подземных водах большое влияние оказывают температура, давление, литологические свойства пород, наличие кислорода и микроорганизмов. В подземной среде может происходить деструкция таких загрязнений, их дифференциация, испарение и другие процессы. Известно, что вследствие действия сил на разделе фаз некоторые углеводороды, например мазут, могут двигаться и против направления потока.

В последнее время особое внимание привлекает загрязнение подземных вод в сельскохозяйственных районах, связанное с интенсивным применением удобрений и пестицидов, а также с орошением сточными водами. Из загрязнений, связанных с удобрениями, следует особо выделить их нитратную часть как наиболее мобильную и обладающую существенной токсичностью. Концентрация нитратов в грунтовых водах зон с интенсивным ведением сельского хозяйства существенно возросла, и они требуют особого внимания. Загрязнение подземных вод пестицидами представляет собой также весьма сложное явление, обусловленное многообразием применяемых веществ и различными формами их миграции, возможностью перехода малотоксичных форм при разрушении в более токсичные, разной скоростью разложения. Прогнозирование поведения пестицидов в подземных водах — весьма актуальная задача.

В результате техногенного воздействия в ряде случаев существенно изменяется и состав микрофлоры подземных вод. Индикаторами бактериального загрязнения служат гетерохтонные (занесенные) бактерии. В частности, индикаторами бактериального загрязнения сельскохозяйственного типа являются микробактерии. Отметим, что при наличии благоприятных условий в пласте численность как гетерохтонных, так и автохтонных бактерий может резко увеличиваться, усиливая этим бактериальное загрязнение. В то же время бактерии могут играть

положительную роль. Например, при ликвидации загрязнения нефтяного типа.

Тепловое загрязнение подземных вод связано в основном с работой промышленных предприятий, в производственном цикле которых используются воды с повышенной температурой. Тепловое загрязнение часто сопутствует химическому загрязнению, однако его роль может проявляться также в интенсификации процессов растворения — осаждения, усилении миграционной способности ионов и их комплексов, десорбции, возникновении неблагоприятных инженерно-геологических явлений, в частности суффозии, и интенсификации карста.

III.2.1.3. Карты риска загрязнения подземных вод

Основой для рационального планирования и защиты окружающей среды служат карты риска загрязнения подземных вод, которые могут составляться в разных масштабах. В зависимости от типа загрязнения, характера его распределения на поверхности и условий среды приоритетность параметров, которые следует учитывать и оценивать при составлении карт риска, может изменяться. Отметим ряд биологических, физико-химических и климатических факторов, которые наряду с геологическими характеристиками могут быть приоритетными.

1. Характер растительного покрова и тип почвы. Следует оценить возможность поглощения загрязнения растениями, дать оценку почве как первому (часто главному) геохимическому барьеру при миграции загрязнений.

2. Наличие в разрезе геохимических барьеров (кислотно-щелочных, окислительно-восстановительных, испарительных, карбонатных и т. д.).

3. Химический состав проникающих загрязнений с учетом возможного изменения фильтрационных свойств грунтов при фильтрации вследствие набухания, коагуляции, растворения и т. п.

4. Химическое осаждение или растворение, особенно в случае проникновения агрессивных промышленных стоков.

5. Форма миграции и возможность ее изменения в процессе движения в зоне аэрации или в водоносном горизонте. Изменение формы миграции под влиянием геохимического барьера, биохимических или каких-либо других процессов может приводить к ремобилизации сорбированных загрязнителей.

6. Скорость деструкции или радиоактивного распада с учетом подвижности и токсичности образующихся соединений.

7. Сорбционные свойства пород. При всем многообразии сорбционных процессов участки с большей емкостью поглощения будут лучше обеспечивать защищенность. Для некоторых загрязнений следует учитывать возможность селективной сорбции и состав обменных катионов пород.

8. Мембранные и осмотические явления.

9. Биологическое микробальное поглощение или преобразование загрязнения.

10. Климатический фактор. Чем больше среднегодовой дефицит влажности, тем (при прочих равных условиях) лучше защищенность, и наоборот. Выяснение этого параметра требует постановки режимных и балансовых наблюдений.

11. Изменение температурного режима и, как следствие, миграционных параметров.

12. Проникновение загрязнителей (в том числе сильносорбируемых) по «быстрым путям фильтрации» без существенного взаимодействия с породой. Вероятность такого проникновения следует устанавли-

ливать на основании главным образом геологических экспериментальных исследований на опорных полигонах.

Целесообразно все действующие в системе факторы как биотического, так и абиотического характера разделить на две группы по приоритетности и в соответствии с этим проводить поэтапное построение карт.

На первом этапе выполняется схематизация среды в целом по геологическим абиотическим параметрам. Методика построения карт на первом этапе подробно описана в [III.10].

На втором этапе (этап более полного учета защитных свойств геологической среды) полученная схема используется для построения карты риска загрязнения с более полным учетом факторов. Здесь следует учесть как можно более полно все действующие биотические и абиотические факторы. Такие факторы называют *факторами риска*, которые в зависимости от условий могут способствовать самоочищению (плюс-факторы) и усилению (минус-факторы) загрязнения. Так, сильным плюсом-фактором будет высокая сорбционная емкость пород, сильным минус-фактором может быть образование высокомиграционной формы на геохимическом барьере.

На третьем этапе (этап детального картирования) строятся карты с учетом размещения конкретных действующих или проектируемых предприятий и загрязнений конкретного типа и концентрации.

При построении карт загрязнение подземных вод разделяется на следующие виды: химическое, органическое (в частности, нефтяное), хлоридное, пиритное, загрязнение тяжелыми металлами, бактериальное и радиоактивное. Особое место занимает тепловое загрязнение. Для каждой выделенной группы целесообразно строить отдельную карту, поскольку приоритетные факторы риска будут в каждом случае различны.

Необходимы отдельные карты и в случае специфического загрязнения нефтепродуктами или веществами, используемыми в сельском хозяйстве (в особенности, пестицидами).

Отметим, что для полного учета защитных свойств геологической среды состав опытных и лабораторных работ должен быть дифференцирован в зависимости от типа загрязнения и обязательно должен быть комплексным, т. е. геологические исследования следует дополнять физико-химическими и биохимическими.

К работам гидрогеологического профиля можно отнести проведение опытных наливов, нагнетаний, откачек в целях определения фильтрационных свойств пород, введение различных индикаторов (трассеров) для изучения скорости и путей проникновения загрязнителей в грунтовые воды и др.

Химические работы могут включать в себя установление разных форм миграции загрязнений и выяснение их относительного соотношения, физико-химическое моделирование процессов растворения-осаждения, диффузии и массообмена, определение минерального состава пород и почв, их поглощающей способности, состава обменных катионов, коэффициентов сорбции, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий и их роли в процессах миграции загрязнителей, натурное моделирование характерных геохимических барьеров, выяснение роли микроорганизмов в изменении условий среды, биodeградации и биоаккумуляции загрязнителей, изучение роли коллоидной фракции почв и грунтов как сорбентов и селективных мембран.

К работам биологического плана относятся исследование транспирации влаги растениями и определение коэффициентов накопления (для радионуклидов, пестицидов, тяжелых металлов и других загрязнителей), определение характерных популяций микроорганизмов в почве, грунтах и грунтовых водах.

Необходима также постановка режимных наблюдений в целях определения баланса влаги. Для изучения влажностного и теплового режимов зоны аэрации могут использоваться методы дистанционного зондирования.

Кроме того, важную роль может сыграть математическое моделирование на основе уравнений массопереноса и балансовых уравнений с применением компьютеров.

Состав и объем исследований определяется типом существующего или прогнозируемого загрязнения, а также масштабом и целью картирования.

В завершение отметим, что отечественный и зарубежный опыт изучения процессов и явлений, происходящих при загрязнении верхней зоны подземной гидросферы, свидетельствует об их многообразии и сложности. Решение вопросов миграции загрязнений, охраны окружающей среды и ликвидации загрязнений пород и подземных вод невозможно без комплексного использования достижений современной гидрогеологии, химии, физики, биологии, почвоведения с привлечением современного математического аппарата.

III.3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Инженерно-геологические исследования и изыскания необходимы для обоснования проектов строительства и эксплуатации возводимых сооружений или геотехнических систем территориально-производственных комплексов в целом. Состав и объемы таких работ определяются классом и характером проектируемых сооружений, размером осваиваемого массива, стадией проектирования, сложностью геолого-гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории, а также степенью ее изученности.

Существующими и новейшими методами и приемами, регламентированными в соответствующих руководствах по ведению исследований и изысканий, изучаются рельеф, тектонические и неотектонические особенности, сейсмическая активность региона, геологическое строение, гидрогеология зон аэрации и активного водообмена, инженерно-геологические элементы разреза в составе покровных отложений, их прочностные и деформационные свойства и, наконец, опасные геологические процессы и явления. Задачи таких исследований — выявить существующее многообразие и сложность природных условий и с учетом их разработать эффективные проектные мероприятия строительства и эксплуатации сооружений и их комплексов.

Наряду с реализацией приведенных задач должно быть обеспечено (в аспекте рассматриваемой в пособии проблемы) освещение материалов по следующим позициям:

1. Оценка составляющих геологической среды на период до осуществления проекта строительства (изучение составляющих геологической среды в естественном режиме), затем — проведение самих исследований и изысканий для обоснования проектных разработок.

2. Выявление и оценка факторов возможных изменений природных условий в результате строительного или народнохозяйственного освоения территорий в целях прогноза динамической устойчивости возводимых объектов.

3. Оценка характера и масштабов прогнозных изменений геологической среды под влиянием техногенеза.

4. Обеспечение природоохранных мероприятий по предотвращению или ликвидации возможных опасных изменений геологической среды, неблагоприятных экологических ситуаций или нарушения равновесного состояния природно-технических геосистем.

Каждая из этих четырех позиций имеет определенную специфику.

1. На основании использования фактических материалов разномасштабных геологических съемок и инженерно-геологических исследований и изысканий в целях обоснования проектных разработок дается характеристика компонентов геологической среды. Виды и объемы разведочных, опытных и лабораторных работ регламентируются соответствующими справочниками и руководствами. Глубина освещения отдельных составляющих природных условий, методы и приемы геолого-гидрогеологических и инженерно-геологических исследований и изысканий определяются спецификой строительного освоения территорий (гидротехнического, гражданского, сооружений линейного типа, мелиоративного и др.) и степенью их изученности. В итоге выявляется разнообразие природных условий и разрабатываются варианты наиболее экономичного и экологически благоприятного строительного освоения массивов. При этом изучается не только площадка строительства, а вся зона, на которую может распространяться влияние сооружения. В проекте строительства должен быть отражен не только срок работы объекта (сооружения), но и период его ликвидации.

2. Одновременно с геолого-гидрогеологическим и инженерно-геологическим обоснованием проектов выявляется и оценивается весь комплекс факторов, определяющих геодинамическую устойчивость возводимых объектов (поскольку не во всех нормативных документах представлена такая полнота).

При оценке пригодности территорий для строительства с позиций экологической и геологической эффективности ее освоения учитываются три группы факторов*: природные (определяющие безопасность строительства и эксплуатации сооружений), техногенные (когда в эволюцию геологического развития вклинивается техногенез) и природно-техногенные (когда естественное развитие геологической среды усугубляется воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека). Природные факторы, медленно протекающие, согласно с геологическим летосчислением; техногенные — ураганные, катастрофические, редкие; природно-техногенные — часто не подлежат временной оценке, что определяется категорией и масштабами техногенного вмешательства.

Факторы в общем весьма индивидуальны для различных видов строительного и народнохозяйственного освоения площадей. С некоторой долей условности их можно представить в следующем виде:

Природные:

- тектоническая, неотектоническая активность геоструктур и зон разломов;

- принадлежность к плейстосейсмическим областям, а также к сложным инженерно-геологическим элементам с позиций приращения балльности;

- грязевой вулканизм, диапиризм;

- гидрогеологический режим;

- ландшафты и расчлененность рельефа в условиях неодинаковых геоморфологических областей;

- несущая способность и геодинамическая устойчивость грунтов оснований;

- сложность и инженерно-геологическая неоднородность пород зон аэрации и активного водообмена;

- просадочность и набухаемость грунтов;

- современные и древние геологические процессы и явления: оползни, обвалы, абразия берегов, зоны трещин бортового отпора,

* При составлении их перечня частично использованы разработки Минатомэнергопроекта СССР (Москва, 1987).

карст, суффозия, сели, формы реликтового термокарста (поды, блюдца), линейная и плоскостная эрозия;

— паводки, наводнения, ливни, снежные лавины, ураганы, пыльные и песчаные бури;

— химическая и биологическая загрязненность источника водоснабжения (природное ухудшение);

— агрессивность грунтов и грунтовых вод.

Техногенные:

— аварии на промышленных объектах, сопровождаемые пожарами, выбросами токсических газов и веществ;

— выбросы предприятиями токсических и коррозионно-активных веществ;

— разрушения плотин, тоннелей, водоводов, напорных трубопроводов, газо- и нефтепроводов;

— изменения режима подземных вод;

— наводнения за счет разрушения плотин, водохранилищ, прудов;

— обрушения или оседания кровли при отработке месторождений полезных ископаемых, проходке тоннелей, шахт;

— искусственные сотрясения, вызванные взрывами (образование оползневых смещений, осовов, суффозионные и просадочные деформации);

— эрозия почвы, пыльные бури;

— прорывы воды из каналов и как следствие этого — просадки, проявления ирригационной эрозии, рост оврагов, плоскостной смыв.

Природно-техногенные:

— радиоактивные загрязнения атмосферы и в последующем компонентов геологической среды (пород и подземных вод, поверхностных водоемов);

— изменения гидрологического режима водоемов с активизацией абразии;

— изменения гидрогеологического режима. Подтопление территорий и за счет этого деградация пород, гидроморфизм, просадочные и послепросадочные деформации; активизация карста, оползневых смещений и осовов, изменение условий по оценке приращения сейсмической балльности;

— вырубка лесов, изменения режима грунтовых вод, усиление линейной и плоскостной эрозии, активизация селей;

— сезонные подтопления паводковыми ливневыми водами полей и лугов. Вымокание и потери урожаев сельскохозяйственных культур, подъем уровня грунтовых вод, образование верховодок;

— повышения УТВ, увлажнения и водонасыщения грунтов покровной толщи в верхней части склона, активизация трещин бортового отпора, образование верховодок, вторичное засоление, заболачивание в пониженных местах рельефа и на склонах балок, осовы, оползни, эрозия.

3. В проектах разрабатываются прогнозы возможных изменений геологической (для производств — экологической) среды с учетом разнообразия и сложности природных факторов и интенсификации инженерно-хозяйственной деятельности.

Обязательны научно-методические обоснования предельно допустимых нагрузок на геологическую среду как основы безопасного размещения и функционирования объектов, гарантированно осуществляемым проектом формирования геотехнических систем территориально-производственных комплексов. На территории Украины это прежде всего относится к массивам лессовых просадочных пород, карстующихся комплексов или других образований с возможным проявлением активных эндо- и экзогенных факторов. Необходимо учитывать не только изменения геологической среды, но и возможность управления ею —

обоснованно оценивать степень инженерного риска при изысканиях, строительстве и эксплуатации объектов. Часто, перестраховываясь, объемы изысканий непомерно завышаются, либо, наоборот, недоучитываются комплексность воздействующих на сооружение (или геологическую среду) факторов, и как следствие, создаются аварийные ситуации (нередко ураганного проявления, что не учитывается прогнозами). К сожалению, не всегда обосновываются характер и масштабы прогнозных изменений геологической среды под влиянием техногенеза, четко не оговариваются принятые граничные условия прогнозов. За счет этого бывает низкая их оправдываемость.

Должна постоянно осуществляться проверка сходимости прогнозов и их корректировка по мере получения дополнительных данных о составляющих геологической среды или о воздействии техногенных факторов.

Наконец, особое внимание должно уделяться организации и постановке режимных наблюдений для обоснования временных и региональных прогнозов.

4. При обеспечении природоохранных мероприятий по сохранению благоприятного равновесного состояния природно-технических геосистем прежде всего следует обеспечивать оптимизацию работ. Природоохранные мероприятия разрабатываются для снижения отрицательных воздействий геодинамической активности. Они сводятся к трем типам: 1) разрабатываемые на основании прогнозов, принятых за основу ожидаемых трансформаций среды (плановые); 2) осуществляемые после корректировки прогноза с учетом данных режимных наблюдений во время эксплуатации сооружений и природно-технических геосистем (оперативные природоохранные мероприятия); 3) проводимые в процессе ликвидации аварийных ситуаций и аварий (аварийные природоохранные мероприятия).

III.4. АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Для контроля состояния геологической среды, выявления ее критических отклонений от нормы и выработки мероприятий по рациональному природопользованию требуется применение методов, позволяющих в кратчайшие сроки (до одних суток) получить объективную эколого-геологическую характеристику регионов. Именно такими являются дистанционные эколого-геологические исследования. Они основаны на активном и пассивном зондировании Земли в разных диапазонах спектра электромагнитных колебаний (в диапазоне от ультрафиолетового до микроволнового) с помощью радиометрической и спектральной аппаратуры, установленной на самолетах и спутниках. Большая обзорность и быстрота съемок, в тысячи раз превышающие наземные съемочные работы, делает эти методы контроля эколого-геологического состояния территорий и акваторий одними из главных [III.17, III.19, III.20].

В последнее время аэрокосмические методы исследования природных ресурсов и решения эколого-геологических задач развиваются во многих промышленно развитых странах мира. Комплексный подход к их использованию осуществлен в Украине, где главным образом в институтах, координируемых Научным советом АН Украины по изучению природных ресурсов дистанционными методами, впервые в рамках программ «Укркосморесурсы» и «Космос» созданы и опробованы методики и аппаратура, позволяющие при зондировании в диапазонах от ультрафиолетового до микроволнового решать такие экологические задачи, как оценка влагосодержания, подтопления и засоления грунтов, выявление активных разломных зон, зараженности растительности, почв и водоемов нитратами и тяжелыми металлами, поиски подземных

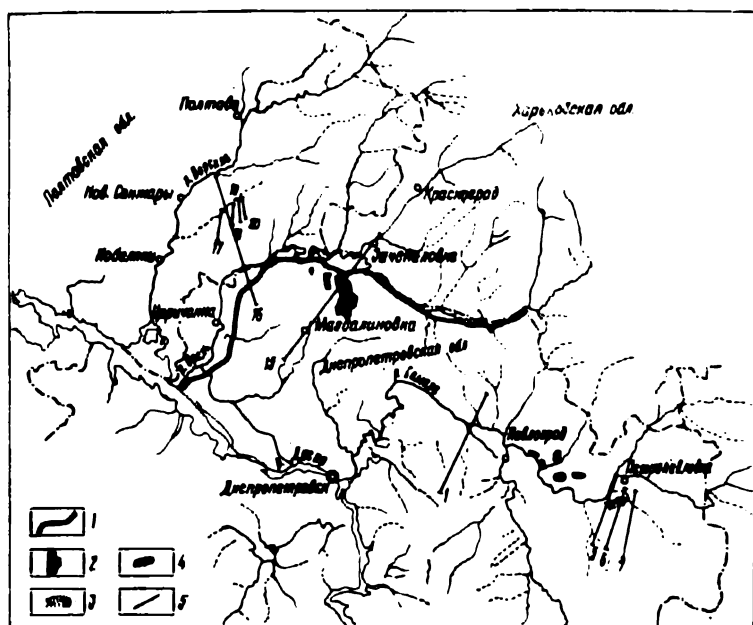


Рис. III.1. Днепровский аэрокосмический полигон контроля состояния геологической среды:

1 — канал Днепр—Донбасс; 2 — Магдалиновский орошаемый массив; 3 — подработанные участки шахтного поля и просадки земной поверхности над горными выработками; 4 — площади подтопления сельскохозяйственных угодий в результате просадок земной поверхности; 5 — маршруты дистанционной съемки земных образований (прецизионное спектрометрирование в видимом диапазоне, радиометрическая съемка в инфракрасном и микроволновом диапазонах)

вод, нефтегазовых залежей, сульфидных полиметаллических руд, определение толщины ледового покрова и глубины промерзания почвы, прогнозирование погоды по результатам съемок акваторий и др.

Признанием современного уровня этих разработок в Украине является ее участие в международных аэрокосмических экспериментах, организации Днепровского полигона аэрокосмического мониторинга (рис. III.1) геологической среды (Днепропетровская и Полтавская области), где с помощью наземных исследований и разновысотных аэро- и космических съемок осуществляется контроль обводненности грунтов на орошаемых массивах и участках просадок над шахтными полями Западного Донбасса, выявление активных разломных зон, загрязнения растительности и почв нитратами и тяжелыми металлами и т. д. [III.17].

В качестве типовых примеров применения аэрокосмических методов для решения эколого-геологических задач в Украине рассмотрим активное зондирование в дециметровом диапазоне для определения влагосодержания и подтопления грунтов, ИК-съемку для выявления активных разломных зон, спектрометрическую съемку высокого разрешения в видимом диапазоне для выявления участков растительности, зараженных нитратами и тяжелыми металлами.

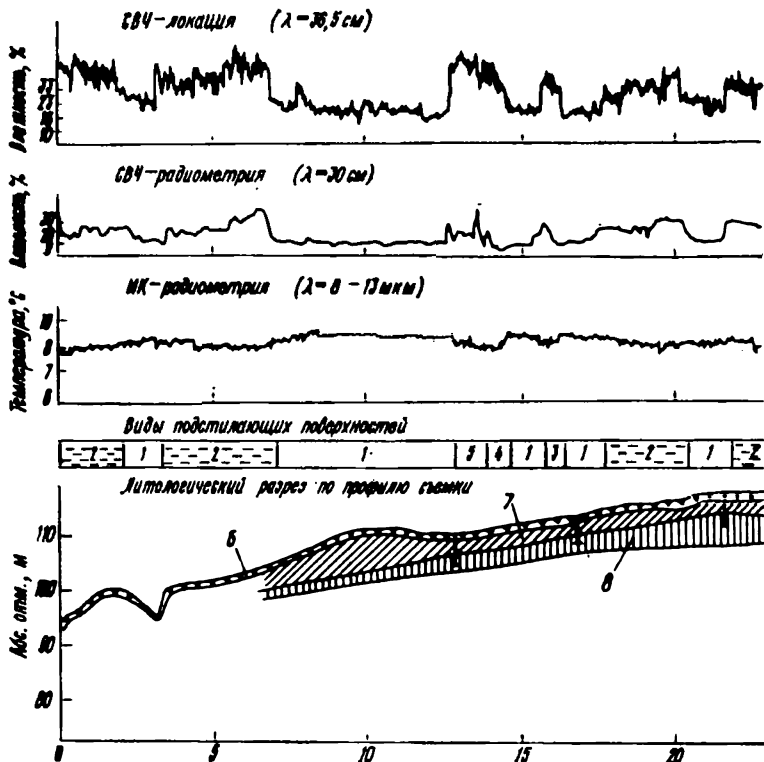
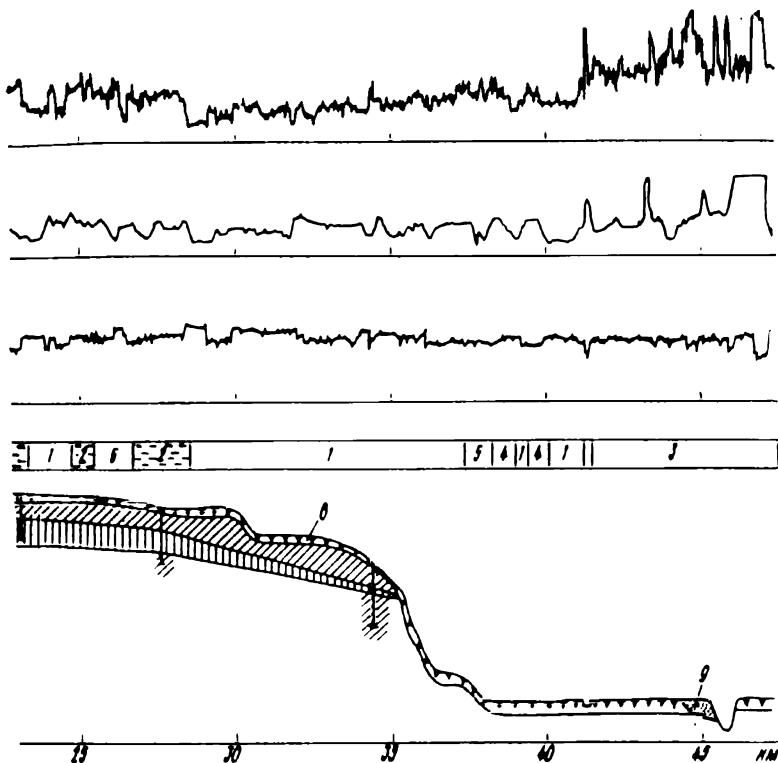


Рис. III.2. Сопоставление результатов дистанционного определения вла-
СВЧ- и ИК-радиометрии в зоне канала Днепр — Донбасс 26.10.1984 г.
ченко, ИГН

Виды подстилающих поверхностей: 1 — поля до полива; 2 — поля после полива;
ческий разрез по профилю съемки: 6 — почвенно-растительный слой; 7 — суглинок

Дистанционное определение влагосодержания и подтопления грун-
тов путем их активного зондирования в дециметровом диапазоне. Дан-
ный метод [III.19] основан на существовании прямой зависимости
между величиной амплитуды (интенсивности) волны, отраженной от
определенного вида грунта, и его полным водонасыщением, когда
интенсивность отраженного сигнала пропорциональна влажности и
плотности грунта. При выполнении калибровочных работ, т. е. выявле-
нии зависимости интенсивности отраженного сигнала над грунтами с
разной степенью увлажнения, участки следует выбирать в пределах
литогенетически однотипных грунтов одинаковой плотности. Калиб-
ровочные зависимости $E=f(W)$ интенсивности отраженного сигнала
(E) от влажности грунта (W) строятся для каждой литогенетической
разности. Для этого на калибровочных участках полей отбираются
(по возможности почти синхронно с дистанционным зондированием
в дециметровом диапазоне) образцы грунта на влажность с интерва-
лом 0,2 м от поверхности до глубины 1—2 м. Влажность определяет-
ся термостатно-весовым способом.



жности и температуры грунтов, полученных с помощью СВЧ-локации, (по Л. Д. Вульфсону, В. А. Гунченко, А. В. Метелкину, В. Н. Шев-АН Украины).

3 — поймы рек; 4 — неинформативные участки; 5 — населенные пункты; литологи-желто-бурый; 8 — суглинок палево-желтый, лессовый; 9 — песок

Бортовая аппаратура конструкции ИГН АН Украины состоит из излучателя и приемника дециметрового диапазона (длина волны 70 см) [III.19].

Для однотипных грунтов глубина зондирования (мощность слоя, в котором оценивается влагосодержание) возрастает с увеличением длины волны зондирования. При длине волны 70 см она может составлять: для сухих песков ($W=5-10\%$) — до 10–15 м (можно выявлять поверхность грунтовых вод в пустынных районах); для сухих суглинков и глин ($W=10-15\%$) — до трех длин волны зондирования (2–3 м); для увлажненных суглинков и глин ($W=20-40\%$ и более) — соизмерима с длиной волны зондирования (около 1 м).

Детальность дистанционной съемки определяется требованиями решаемой задачи и расстоянием между трассовыми маршрутами зондирования. Если расстояние между маршрутами принять 250 м (масштаб 1 : 25 000) и выполнять съемку с помощью самолета АН-2 (средняя скорость 150 км/ч), то время съемки 1 км² составит 1,8 мин, а стоимость — около 100 руб/км². Запись сигналов проводится

на магнитную ленту или бортовой компьютер. После обработки результатов съемок на ЭВМ потребитель получает карты и профили влагозапасов в слое грунта мощностью 1 м. Имея указанные карты для фиксированного момента, по которым определяется правильность режима мелиорации или возникновение угрозы подтопления земель, можно оперативно дать указания водохозяйственным и другим организациям о прекращении операций, ухудшающих эколого-геологическую обстановку. Эти виды дистанционных и наземных съемок были выполнены в разных регионах Украины, в том числе на Магдалиновском ерошаемом массиве в зоне влияния канала Днепр — Донбасс (рис. III.2).

Дистанционное выявление активных разломных зон с помощью инфракрасной съемки и оценка их проницаемости. Для выявления раскрытости тектонических нарушений широко используют различные методы исследований, основанные на поисках соответствующих аномалий в химическом составе компонентов геологической среды. Эти аномалии обусловлены перетоком вод и газов из глубоких горизонтов в приповерхностные водоносные горизонты по зонам повышенной проницаемости [III.19, III.20]. Восходящее движение подземных вод и газов вызывает дополнительный конвективный вынос тепла из недр, что приводит к возникновению температурных аномалий геотермического поля в приповерхностных слоях и на земной поверхности. Подобные аномалии могут быть выявлены с помощью более производительных и экономичных дистанционных тепловых съемок, выполненных с борта самолета.

Для получения количественной оценки возможных значений температурной аномалии рассмотрим модель формирования геотермического поля в области восходящей вертикальной фильтрации подземных вод, разгружающихся в приповерхностный водоносный горизонт.

Задача была реализована на квазианалоговой электромодели, построенной на базе электроинтегратора БУСЭ-70 [III.20]. Результаты моделирования показали, что температурная аномалия возрастает с увеличением скорости вертикальной фильтрации по зависимости, близкой к параболической. Наличие горизонтальной фильтрации в приповерхностном горизонте приводит к уменьшению аномалии и смещению ее экстремума в направлении фильтрации. Температурная аномалия на глубине 1 м при скорости восходящей фильтрации $v_z = (3-6) \times 10^{-9}$ м/с составляет 0,7—3,0 °C (рис. III.3, а, б).

Для экспериментальной проверки проведены натурные исследования. В качестве полигона выбрана Михайловская площадь на юго-западе Днепровско-Донецкой впадины, в области глубинного краевого разлома (рис. III.3). По материалам гидрохимических исследований здесь в эоценовом водоносном горизонте установлено развитие гидрокарбонатно-хлоридных натриевых вод с наиболее низкими коэффициентами Na/Cl и SO_4/Cl , формирование которых обусловлено процессами смешения слабоминерализованных вод эоцена с высокоминерализованными водами палеозойских отложений, которые поступают по зонам повышенной проницаемости и приурочены к краевому нарушению.

Кроме того, проведены дистанционные и наземные геотермические съемки по профилю, ориентированному вкrest простирания регионального краевого нарушения. Дистанционную съемку проводили с борта самолета ИК-радиометром в спектральном диапазоне 8—13 мкм, фиксирующем радиационную температуру подстилающей поверхности с относительной погрешностью около 0,1 °C при линейном разрешении на местности вдоль маршрута съемки 12 м.

Одновременно с дистанционными на профиле проводили наземные геотермические исследования в забое скважин глубиной 1 м с помощью термисторных зондов. Относительная погрешность измерений

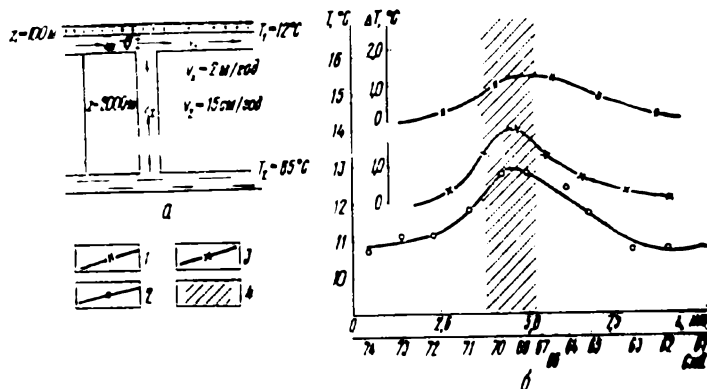


Рис. III.3. Схема кондуктивно-конвективного теплопереноса в разломной зоне (а) и сопоставление материалов дистанционных и наземных геотермических исследований в целях выявления раскрытости глубинных разломов (б):

1 — приращения радиационной температуры по материалам дистанционной ИК-съемки; 2 — распределение термодинамической температуры на глубине 1 м; 3 — приращения температуры на глубине 1 м, полученные в результате электро моделирования кондуктивно-конвективного теплопереноса в разломной зоне; 4 — разломная зона

около $0,02^{\circ}\text{C}$. Для получения сопоставимых результатов скважины закладывали на горизонтальных задернованных участках земной поверхности с идентичным составом грунтов. Устранение влияния нестационарных тепловых процессов, связанных с бурением и внедрением зонда, достигалось выдержкой скважин перед измерениями в течение 24 ч. Измерения на профиле были выполнены за 2 ч, что позволило исключить влияние сезонного хода температуры, так как ее изменение составило $0,005^{\circ}\text{C}$ за 2 ч.

Материалы дистанционной ИК-съемки дешифрированы по методике, устраняющей искажающее влияние неоднородности рельефа на полезный геотермический сигнал. Введение поправок радиационной температуры разных участков поверхности позволило привести их к единым условиям теплообмена эталонного участка [III.19].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что над разломной зоной регионального краевого нарушения как по результатам дистанционной ИК-съемки, так и по наземным измерениям температуры выявлены аномалии соответственно $1,26$ и 2°C (рис. III.3, б). Наблюдаемая асимметрия в их распределении и смещение экстремумов от центра нарушения, как показало сопоставление с результатами моделирования, обусловлены движением подземных вод эоценовых отложений со скоростью около $7 \cdot 10^{-8}$ м/с при скорости восходящей фильтрации $4,5 \cdot 10^{-9}$ м/с.

С помощью ИК-съемки экспериментально установлено наличие положительной аномалии радиационной температуры, приуроченной к разломной области регионального краевого нарушения. Комплексными наземными и дистанционными геотермическими исследованиями выявлены температурные аномалии. Сопоставление полученных результатов с модельными расчетами показало наличие восходящего потока в разломной зоне, что свидетельствует о ее раскрытости. Достоверность выполненных исследований подтверждается гидрогеохимическими ма-

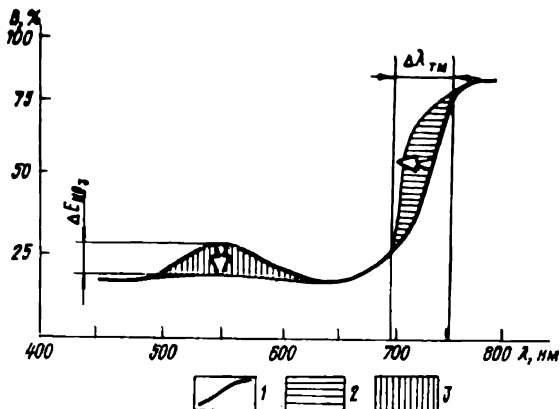


Рис. 111.4. Выявление зараженности растений тяжелыми металлами (тм) и нитратами (NO_3) по изменению их отражательной способности (B) в спектральных зонах:

1 — типовая спектрограмма отражательной способности незараженных растений (фоновой спектр); 2 — смещение фонового спектра в коротковолновую область, обусловленное токсическим воздействием на растения тяжелых металлов; 3 — уменьшение спектральной яркости, обусловленное токсическим воздействием на растения избытка нитратов (азотистых удобрений)

териалами, согласно которым разломная зона характеризуется повышенной минерализацией и особенностями химического состава подземных вод эоценовых отложений.

Дистанционная оценка зараженности растительности нитратами. Перенасыщение сельскохозяйственных угодий азотными удобрениями приводит к накоплению нитратов в почвогрунтах и растениях, превышающему по санитарным нормам предельно допустимые концентрации (ПДК). Поэтому необходимы оперативные методы диагностики насыщенности растений нитратами, позволяющие оптимизировать их подкормку азотистыми удобрениями и выявлять участки, где растения содержат избыточные количества нитратов, т. е. подвержены нитратному заражению.

Как показали методические и экспериментальные работы последних лет [III.14], решить эту задачу можно, проводя высокоточные (с разрешением несколько нанометров) спектрометрические съемки в видимом (оптическом) диапазоне, где в интервале волн 500—600 нм экспериментально выявлена обратная зависимость зонального коэффициента спектральной яркости (КСЯ) от содержания нитратов в растении (рис. III.4). Этот эффект проявляется во вторую фазу вегетационного развития растений (после выметывания метелки у кукурузы) (рис. III.5). Таким образом, отобрав в этот период образцы растительности с различным содержанием нитратов и отсняв их спектральные характеристики, составляют калибровочную зависимость $\text{КСЯ}_{550 \text{ нм}} = f(\text{C}_{\text{NO}_3^-})$, где $\text{КСЯ}_{550 \text{ нм}}$ — коэффициент спектральной яркости данного образца (в полевых условиях), для которого определено содержание нитратов в растительной части ($\text{C}_{\text{NO}_3^-}$). Далее выполняется спектрометрическая съемка всей контролируемой площади угодий и по степени уменьшения $\text{КСЯ}_{550 \text{ нм}}$ растений по сравнению с $\text{КСЯ}_{550 \text{ нм}}$ фоновой участка растительности, содержащего нормальное количество нитратов, строятся изолинии (или интервалы) изменения

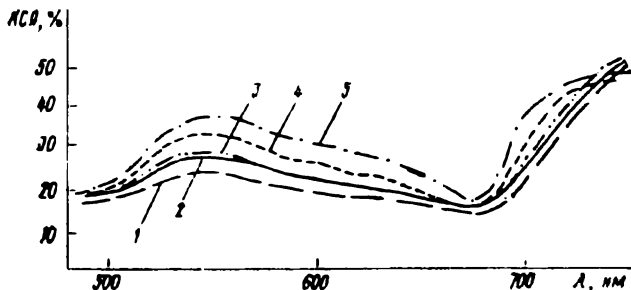


Рис. III.5. Спектральные кривые отражения листьев кукурузы, выращенной при разном уровне азотного питания (фаза выметывания метелки) (по [III.14]):

1 — 100%-ное азотное питание, хлорофилл 4,24 мг/дм²; 2 — соответственно 75 %, 3,20 мг/дм²; 3 — 50 %, 3,03 мг/дм²; 4 — 25 %, 1,59 мг/дм²; 5 — 10 %, 0,90 мг/дм²

КСЯ_{550 нм}, соответствующие увеличивающемуся содержанию нитратов в растениях.

Подобные экспериментальные работы выполнены для кукурузы и озимой пшеницы Н. И. Кобцем [III.14] в Белоцерковском р-не Киевской обл. с помощью малогабаритного скоростного спектрометра МСС-2МВ (конструкция Института физики АН Беларуси), установленного на вертолете КА-26 при высоте съемки 50—100 м и скорости полета 50—70 км/ч, с 10 до 13 ч местного времени в условиях прямой и рассеянной радиации (рис. III.5). В июле 1989 г. аналогичные съемки с самолета АН-2 (высота 150 м, скорость 150 км/ч, с 10 до 15 ч местного времени) выполнены сотрудниками ИГН АН Украины и Института физики АН Беларуси с помощью спектрометрической системы СКИФ (конструкция Института физики АН Беларуси) на Обуховском орошаемом массиве в Киевской обл. (рис. III.6).

Дистанционная оценка зараженности растительности тяжелыми металлами. Изучение спектральных характеристик растительного покрова представляет интерес также и для получения информации о составе поровых растворов горных пород, находящихся на глубине развития корневой системы растений, т. е. получения параметров глубинного состояния геологической среды.

Особое значение для решения геохимических задач, связанных с воздействием химических элементов на отражательные свойства растений, имеет красная полоса поглощения хлорофилла (волны 680—750 нм), поскольку при геохимическом воздействии на растения тяжелыми металлами положение этой границы сдвигается в сторону коротких волн (до нескольких нанометров) (рис. III.4). Особенности «голубого смещения» может служить диагностическим признаком химической «зараженности» растений, а следовательно, и наличия аномальных содержаний элемента-загрязнителя в поровом растворе почв и горных пород. Экспериментальными работами показано, что эта закономерность наблюдается при воздействии на хлорофилл растений такими элементами: Fe, Mn, Cu, Mo, Zn, Ni, Co, Cr, Pb, Zr, Sn, Be [III.16, III.19].

Для решения подобных задач самолетный прецизионный спектрометр, работающий в видимом диапазоне (400—800 нм), должен иметь спектральную разрешающую способность порядка 1—3 нм, инерцион-

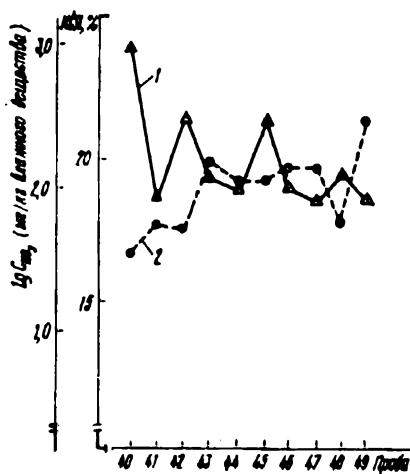


Рис. III.6. Сопоставление условных коэффициентов спектральной яркости при длине волны $\alpha=550$ нм (1) по данным дистанционной съемки и содержания нитратов в листьях кукурузы по данным химических анализов (2). Обуховская оросительная система, Киевская обл., июль 1989 г.

Беларуси) и в зоне сочленения Памира с Тянь-Шанем на Файзабадском полигоне (совместно с Институтом космических исследований АН Болгарии) в рамках международного аэрокосмического эксперимента «Интеркосмос — Тянь-Шань-88» показали, что наблюдается заметное (до 20 нм) «голубое смещение» красного спектра растений, содержащих повышенные (почти на порядок) по сравнению с фоновыми растениями содержания железа, марганца и других тяжелых металлов (рис. III.7, III.8). При этом различные растения по-разному и в разные фазы развития накапливают тяжелые металлы, что приводит к изменению спектральных характеристик.

III.5. РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Радиогеохимические методы эколого-геологических исследований включают главным образом изучение процессов миграции естественных радиоактивных элементов в природных средах и их воздействие на биоту. С конца 1960-х гг. область применения радиогеохимических методов значительно расширилась вследствие поступления в окружающую среду искусственных радиоактивных элементов — продуктов деления тяжелых ядер и активации легких, образующихся при ядерных взрывах и в результате работы атомных энергетических установок. После аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. в атмосферу было выброшено огромное количество радионуклидов, которое будет определять радиационный фон на территориях Украины, Беларуси и ряда областей России в течение ближайших десятилетий. На значительных площадях естественный радиационный фон, определявшийся

ность не хуже 0,1 с и обеспечивать разрешение на местности порядка 5 м.

Методика проведения дистанционной спектрометрической съемки при этом заключается в снятии спектрограмм со всех видов растительности, находящейся на заведомо не загрязненном (фоновом) участке, и последующего сравнения отснятых спектрограмм на изучаемой территории с фоновыми попарно для каждого из видов растений. Параллельно осуществляется наземный отбор проб растительности и почв для определения в них содержания тяжелых металлов. Если сопоставление отснятых спектрограмм с фоновыми дает «голубое смещение» в области 680—750 нм, то такие участки растительности могут быть «загрязнены» тяжелыми металлами.

Проведенные ИГН АН Украины экспериментальные спектрометрические съемки на Днепровском полигоне аэрокосмического мониторинга (совместно с Институтом физики АН

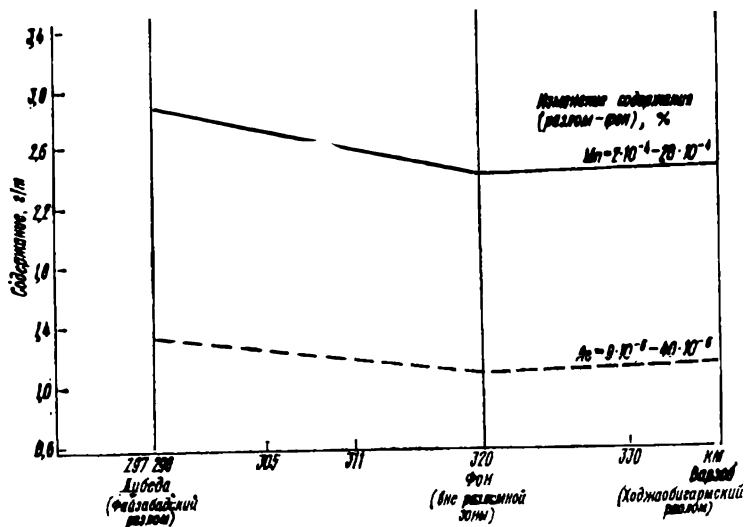


Рис. 111.7. Содержание тяжелых элементов в люцерне, произраставшей на Файзабадском опытном полигоне (Таджикистан, август 1988 г., рентген-люминесцентный анализ золы растений)

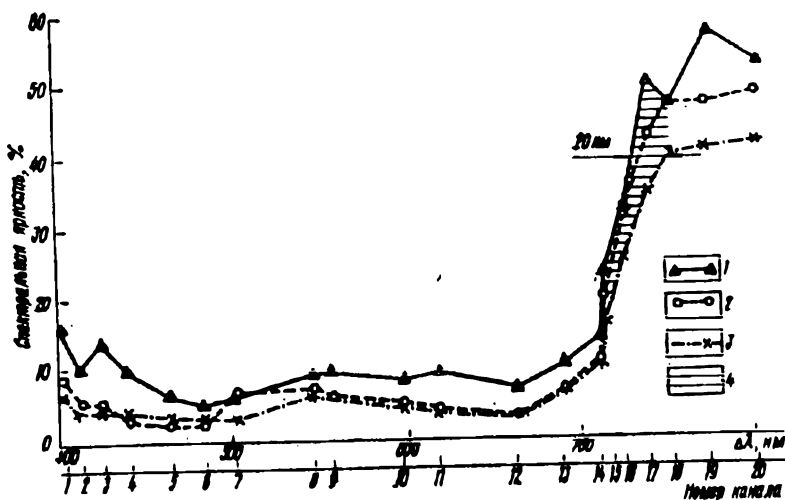


Рис. 111.8. Спектрограммы отражательной способности люцерны, произраставшей на Файзабадском опытном полигоне (Таджикистан, август 1988 г.), полученные во время проведения международного аэрокосмического эксперимента «Интеркосмос — Тянь-Шань-88»

Разломные зоны: 1 — Файзабадская, 2 — Ходжаобигарская; 3 — фон (вне разломной зоны); 4 — «голубое» смещение в спектре люцерны, вызванное влиянием повышенного содержания тяжелых металлов (Mn, As и др.)

до недавних событий кларковыми концентрациями радиоактивных элементов рядов урана и тория, изотопом ^{40}K и космическим излучением, превышен в десятки и сотни раз.

Помимо внешнего облучения от радионуклидов, рассеянных в окружающей среде, существенное воздействие на биоту оказывают радионуклиды, мигрирующие в атмосфере, гидросфере и поступающие в пищевые цепи. Некоторые из них способны накапливаться на геохимических барьерах и формировать со временем биологически значимые концентрации. В последнее время в мировой науке резко усилилось внимание к радону как важнейшему фактору внутреннего облучения практически всего населения. Предельно допустимые концентрации изотопа радон-222 в воздухе жилищ составляют всего 50 Бк/м^3 , в то время как в горных породах и подземных водах его концентрации могут достигать $n \cdot 10^7 \text{ Бк/м}^3$ и даже выше. Таким образом, радон, поступающий в атмосферу жилых помещений за счет эманирования почвы, стеновых материалов, выделяющийся при дегазации вод систем водоснабжения, а также содержащийся в незначительных количествах в природном газе, оказывается главнейшим фактором радиационной опасности для населения [Ш.24].

Предшественник радона-222 в ряду распада урана — изотоп радий-226 также является важным фактором, определяющим суммарную дозу облучения биоты. ПДК этого нуклида в водах, используемых для питьевого водоснабжения, составляет всего $2 \cdot 10^3 \text{ Бк/м}^3$. В то же время для децентрализованного водоснабжения сельских и небольших городских населенных пунктов на территории Украинского щита это значение в ряде случаев превышает. Поскольку возможность использования вод того или иного источника для питья определяется интегральной суммой долей ПДК по каждому загрязнителю, ситуация для некоторых регионов Украины и по радио оказывается достаточно напряженной. Наряду с радием-226 в подземных водах присутствуют его более короткоживущие изотопы — радий-228 и радий-224, принадлежащие к ряду распада тория, а также радий-223 — дочерний продукт урана-235. Вклад этих нуклидов в общее радиационное загрязнение воды обычно гораздо ниже, чем от долгоживущего радия-226, однако в некоторых районах он оказывается настолько весомым, что требует принятия специальных мер для очистки питьевых вод.

Естественный уран, представленный смесью трех изотопов: урана-238, урана-235 и урана-234, обладает $\text{ДК}_Б$ по воде $4,4 \cdot 10^4 \text{ Бк/м}^3$, что соответствует массовому содержанию его $1,8 \text{ мг/л}$. Такие концентрации в природных водах достаточно редки и могут быть зафиксированы в пределах месторождений и рудопроявлений урана, а также в хвостохранилищах перерабатывающих предприятий. Один из способов добычи урановых руд — подземное выщелачивание — предполагает разрушение рудных тел с помощью нагнетаемых в скважину реагентов и последующую откачку обогащенных ураном растворов. В районах дислокации подобных предприятий, деятельность которых резко повышает миграционную способность урана, можно ожидать превышения $\text{ДК}_Б$ урана по воде.

Что касается изотопов тория, то в силу своей незначительной подвижности нахождение их в подземных водах питьевого назначения в концентрациях, сопоставимых с $\text{ДК}_Б$ ($2,2 \cdot 10^2 \text{ Бк/м}^3$ или $0,15 \text{ мг/л}$) мало вероятно. Высокие концентрации этого элемента известны в не-

* $\text{ДК}_Б$ — допустимая концентрация нуклидов в водах и атмосфере для населения, проживающего в районах дислокации атомных энергетических объектов.

которых высокоминерализованных водах в районах нефтяных месторождений. Для примера можно привести группу Ухтинских месторождений, Берекей на Кавказе и некоторые месторождения Украинских Карпат, в частности отработанное месторождение Гвизд в Ивано-Франковской обл. Самоизлив околонефтяных вод с высоким содержанием тория и изотопов радия может привести к заметному загрязнению почвенного слоя и образованию обширных аномалий, оказывающих заметное негативное воздействие на окружающую среду [III.4].

Среди сравнительно короткоживущих продуктов распада радона-222 выделяется продолжительностью жизни и высокой биологической активностью изотоп свинец-210 (период полураспада 22 года). Это β -излучатель, обладающий наиболее жестким значением $ДК_B$ по воде — $2,8 \cdot 10^3$ Бк/м³ (все упомянутые выше нуклиды — высокорadioтоксические α -излучатели). Он поступает в поверхностные воды с атмосферными осадками. Источником свинца-210 в атмосфере являются его короткоживущие предшественники, вплоть до радона, поступающие из продуктов сгорания углей на крупных тепловых электростанциях [III.13]. Можно допустить накопление этого изотопа и в водах урановых месторождений. Сведения о наличии свинца-210 в подземных водах питьевого назначения крайне ограничены.

То же можно сказать о его дочернем (через висмут-210) изотопе полонии-210. Это α -излучатель с периодом полураспада 138,4 сут, $ДК_B$ которого в питьевых водах составляет $1,4 \cdot 10^4$ Бк/м³.

Методы измерения всех представленных радионуклидов в природных средах хорошо развиты к настоящему времени, так как эти радионуклиды в течение нескольких десятилетий использовались в поисковых целях как индикаторы уранового орудуения. За редким исключением, в основе методов определения урана, тория и продуктов их распада лежит измерение радиоактивности.

Радиоактивность горных пород и минералов, с которыми повседневно соприкасается человек (почвы, строительные материалы), определяющих (помимо радона) уровень внешнего γ -облучения, измеряется разнообразными радиометрами и (или) дозиметрами, отградуированными в единицах мощности экспозиционной дозы (МЭД) — ампер/кг или мощности поглощенной дозы греЙ/с. Из серийно выпускаемой отечественной аппаратуры наибольшей чувствительностью к γ -излучению обладает геолого-разведочный радиометр СРП-68-01 с порогом чувствительности 0,07 пА/кг при фоне 0,35 пА/кг.

Определение отдельных радиотоксических нуклидов в источниках водоснабжения, а в воздухе жилых помещений — радона, предполагает использование достаточно широкого спектра методов, пороги чувствительности которых намного ниже ПДК.

Классический метод измерения концентраций радона — эманационный — предполагает отбор проб воздуха (или газа, пробарботированного сквозь фиксированный объем воды), перевод его в ионизационную или сцинтилляционную камеру и последующее измерение ионизационного тока или скорости счета импульсов с фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), сочлененного со сцинтилляционной камерой. В настоящее время серийно выпускается единственный сцинтилляционный α -радиометр РГА-1 («Глициния»), позволяющий измерять концентрации радона-222 с порогом чувствительности 0,3 Бк/л.

Оценка усредненных с помощью продолжительной экспозиции (дни, недели) концентраций радона в помещениях, сухих скважинах, поверхностных и подземных водах может быть выполнена методом α -треков. Экспонированные пленки из нитратцеллюлозы, пропилен, полиэтилен и других твердых детекторов травятся растворами щелочей, после чего плотность треков подсчитывается с помощью обычного микроскопа. Существуют также методы автоматического счета плотности тре-

Таблица III.3. Методы определения радионуклидов в природных средах

Метод	Контролируемые среды	Измеряемые радионуклиды	Аппаратура
Эманиационный	Вода, газ	Изотопы радона, радия (кроме радия-228)	РГА-1 («Глицина»)
Колориметрический	Вода	Уран	ФЭК, набор шкал
Люминесцентный	Вода, порода	То же	ЛЮФ, ФЭК
Люминесцентный с лазерной активацией	Вода	»	АУФ-101 («Ангара»)
Рентгено-флюоресцентный	Порода, осадки	Уран, торий, радий	ФРА-4
γ -Спектрометрический (сцинтилляционная и полупроводниковая модификация)	Любые, после концентрирования, порода, вода	Все γ -излучающие радионуклиды естественного и искусственного происхождения, продукты распада радона	АМА-02Ф, СЭГ-10, ЛГДК + УИ - 36 + АИ - 1024-95 и др.
α -Спектрометрический	Любые после радиохимической подготовки	Изотопы урана, тория, радия, любые природные и искусственные α -излучатели	СЭА-1
α -Трековый	Газ, вода	Изотопы радона	Термостат, микроскоп, сканер
Метод жидких сцинтилляторов	Газ, вода, порода после экстракции измеряемого нуклида	Широчайший спектр радионуклидов α -, β -излучателей	«Бета-1» (β -спектрометр «Qwantulus», Швеция)
Метод временной селекции (β - α -совпадений, β - γ -совпадений и т. п.)	Породы	Торий, уран, радий,	РМЛ-103 («Нуклон»)
Низкофоновый β -счет	Порода, вода, газ после концентрирования	Свинец-210, стронций-90, радий-228	УМФ-1500 м, «Бета», РКБ4-1ем
β -Спектрометрический	Порода, вода после концентрирования	Стронций-90	РУБ-91

ков, которая пропорциональна концентрации α -излучателей в исследуемой среде [III.1]. Широко распространен за рубежом метод концентрирования радона на активированном угле. После непродолжительной экспозиции ячейка с активированным углем измеряется по дочерним продуктам радона на γ -спектрометре или приставке к персональному компьютеру [III.5].

Как отмечалось, концентрации урана, тория и продуктов распада радона в питьевых водах обычно далеки от предельно допустимых и могут быть измерены с помощью разных методов, краткие характеристики которых, включая аппаратную базу, представлены в табл. III.3. Приведенные методы измерения концентраций радионуклидов достаточно селективны. Намеренно не включены разнообразные β - и γ -интегральные методы, а также те из спектрометрических, в которых определение концентраций мягкого γ -излучателя — урана ведется по жестким линиям продуктов распада радия. При этом априори предполагается, что все члены ряда распада находятся в равновесии. Это далеко не всегда выполняется.

Гамма-спектрометрия высокого разрешения с охлаждаемыми жидким азотом полупроводниковыми детекторами — один из основных аналитических методов, позволяющий определять широчайший спектр искусственных радионуклидов — продуктов деления тяжелых ядер в нейтронной активации конструкционных материалов в штатных и аварийных выбросах атомных энергетических установок. Техника концентрирования радионуклидов из различных сред для последующего γ -спектрометрического анализа хорошо отработана.

Описанные методы, безусловно, не исчерпывают всего многообразия средств определения концентраций радиоактивных загрязнителей в геологической среде, однако они, за редким исключением, наиболее обеспечены аппаратно и методически.

III.6. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Методологической основой изучения рельефа в целях оценки его значимости при решении экологических проблем является диалектический подход, позволяющий с помощью общенаучных и отраслевых методов исследования проследить многосторонность и многоуровненность связей между эндогенными, экзогенными и техногенными рельефообразующими процессами, а также выявить причинно-следственные и пространственно-временные закономерности формирования рельефа, что имеет важное значение при изучении состояния геологической среды на современном этапе и прогнозировании ее изменения под влиянием техногенной нагрузки.

Методической основой изучения рельефа для рационального природопользования, в том числе и для эколого-геоморфологического исследования, является трехфакторный геоморфологический анализ (исследование эндогенных, экзогенных и техногенных рельефообразующих процессов) при изучении морфоструктур, морфоскульптур и антропогенных форм рельефа во взаимосвязи и на основе современной геоморфодинамики [III.8].

Методы и методические приемы геоморфологического анализа, используемые при эколого-геоморфологических исследованиях, составляют две группы:

- 1) общие геоморфологические методы выявления закономерностей строения и развития рельефа в целях установления общих пространственно-временных геоморфологических закономерностей, осуществления эколого-геоморфологического районирования и обоснования общей стратегии регионального эколого-геоморфологического анализа в связи с решением разноплановых экологических проблем;

2) частные геоморфологические методы и методические приемы, использующиеся для исследования особенностей строения рельефа, рельефообразующих отложений, динамики рельефообразующих процессов для решения конкретных экологических задач и комплексного обоснования мероприятий по устранению неблагоприятных экологических ситуаций и возможных в результате их возникновения последствий.

В комплекс общих геоморфологических методов входят: а) методы изучения морфологии рельефа (морфологические, морфометрические, морфогенетические), позволяющие установить морфологические и морфометрические особенности рельефа разных генетических типов; б) методы изучения рельефообразующих отложений (фаций, формаций, мощностей); в) методы морфоструктурного анализа, позволяющие изучить соотношение рельефа и геологической структуры, исследовать особенности динамики эндогенных процессов (неоген-четвертичных, голоценовых, современных) и их влияния на рельефообразование; г) методы изучения динамики экзогенных рельефообразующих процессов, в том числе современных, в целях исследования их направленности и прогноза развития в районах повышенной техногенной нагрузки.

Комплекс частных геоморфологических методов включает методы и методические приемы, направленные на выявление: а) естественных геоморфологических объектов повышенного экологического риска, характеризующихся относительно высокой динамической активностью (например, гравитационный, карстовый, эоловый рельеф и др.); б) антропогенно-геоморфологических (природно-антропогенных систем) объектов, характеризующихся неустойчивыми связями и повышенной способностью к их перестройкам. Среди частных геоморфологических методов особое значение имеют те, которые нацелены на выявление ареалов распространения неблагоприятных процессов, в частности прохождения селей, паводков и др., и оценки масштабов их возможного влияния на земную поверхность, особенно в плане нарушения экологического равновесия территории.

В связи с этим особую роль играет геоморфодинамический анализ, направленный на исследование динамики современных экзогенных а также медленных и быстрых эндогенных рельефообразующих процессов в районах дифференцированной техногенной нагрузки и неустойчивых природных систем (активных на современном этапе форм морфоскульптуры и морфоструктуры, в частности разломных нарушений, морфоструктурных узлов и т. д.).

В арсенале методов и методических приемов, использующихся при региональных и конкретных эколого-геоморфологических исследованиях, широко применяются картометрические, дистанционного зондирования, математические, стационарные, полустационарные, полевые и т. д.

В зависимости от конкретных типов и видов техногенной нагрузки и местных природных условий применяются разные комплексы общих и частных методов регионального геоморфологического анализа.

Так, для оценки и прогноза влияния гидротехнического строительства на геодинамическую устойчивость территории особое значение приобретают стационарные (инструментальные) и опытно-модельные методы изучения инженерно-геоморфологических процессов (переработка берегов, подтопление, заиливание), которые могут развиваться весьма интенсивно. Кроме того, инструментально изучаются современные вертикальные движения земной коры.

Воздействие плотин, каналов, водохранилищ приводит к изменению естественного характера речных долин и других элементов рельефа. В связи с этим желательно по этапам создания и эксплуатации гидротехнических сооружений составлять крупномасштабные геоморфологические карты территории строительства.

Для обоснования геоморфологических условий энергетического

строительства (АЭС, ТЭЦ и др.) важнейшее значение приобретают методы морфоструктурного анализа, в том числе поэтапного неотектонического анализа, а также методы изучения соотношения рельефа и геологической структуры. Особенно жесткие требования к морфоструктурному анализу предъявляются при выборе площадок расположения атомных электростанций. В Украине накоплен некоторый опыт средне- и крупномасштабных морфоструктурных исследований для этих целей. В комплекс таких исследований входят также морфометрические, структурно-геоморфологические методы, методы изучения рельефообразующих отложений и современных процессов, а также дистанционные (дешифрирование аэро- и космических снимков).

Комплекс методов геоморфологического анализа при градостроительстве включает в себя как некоторые общегеоморфологические, так и специальные методы для решения задач инженерного плана, в том числе составление крупномасштабных карт инженерно-геоморфологического районирования (на примере карты ЮБК и территории г. Киева).

При линейном строительстве (нефте- и газопроводы, автомобильные и железные дороги, линии электропередач и др.) применяются рациональные комплексы методов геоморфологических исследований, направленные на изучение условий устойчивости рельефа. Так, при проектировании магистрального газопровода Уренгой — Помары — Ужгород данные геоморфологического анализа для предгорий и горной части Украинских Карпат позволили оценить общие структурно-геоморфологические условия строительства, интенсивность проявления современных экзогенных процессов, сделать выбор наиболее оптимального варианта трассы и прогноз развития неблагоприятных экзогенных процессов, а также предложить рекомендации по организации геоморфолого-хозяйственного мониторинга для решения задач экологического плана.

Комплекс методов аграрно-геоморфологического анализа для оптимизации землепользования включает в себя прежде всего морфометрические методы оценки расчлененности рельефа, уклонов земной поверхности, интенсивности неблагоприятных экзогенных процессов, литологии рельефообразующих и почвообразующих пород.

При проектировании водно-мелиоративных объектов для изучения рельефа применяются как морфогенетические, так и морфоструктурные методы исследований. В группе морфометрических методов важнейшее значение имеет оценка общей дренированности территории, выполняемая с помощью разных методических приемов.

Специальные эколого-геоморфологические исследования связаны с оценкой геоморфологических условий подтопления, рекультивации земель (изучение отрицательных форм рельефа для складирования отходов шахтных полей Донбасса), а также с изучением рельефа для инженерной оценки территории после крупных аварий (например, геоморфологический анализ в 30-километровой зоне ЧАЭС). Для решения этих задач применяются разные комплексы методов, главным образом морфометрические и морфогенетические, а также дешифрирование аэрофотоснимков.

Особую актуальность приобретают вопросы оценки рельефа и прогноза ее изменений в связи с орошением земель, борьбой с вредными стихийными бедствиями (разрушение черноморских берегов, селевые наносы в горных областях и т. п.), строительством химвкомбинатов и др.

Для решения этих задач с успехом применяется инженерно-геоморфологическая экспертиза на стадиях предпроектных и проектных работ.

III.7. МЕТОДЫ МОРСКИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Суша и прилегающие участки морских акваторий тесно связаны между собой общностью протекающих физических и химических геологических процессов. В этой связи изучение эколого-геологической обстановки суши должно дополняться изучением геоэкологии прилегающих морей, в первую очередь шельфовой зоны.

Из общей площади черноморского шельфа к территории Украины прилагает акватория моря, по площади примерно равная 80 тыс. км². В состав шельфа Украины входят обширная площадь морского дна северо-западной части Черного моря, узкая полоса мелководий вдоль южных и юго-западных берегов Крыма, Керченский пролив и Азовское море, исключая восточную и юго-восточную части, относящиеся к России. Суммарная площадь всего черноморского шельфа, прилежащего к Украине, около 50 тыс. км², украинской части Азовского моря — свыше 29 тыс. км². Геоморфологически шельф Украины довольно разнороден. Азовское море, северо-запад Черного моря — это обширные пологие, в основном аккумулятивные равнины. Шельф вокруг южного и юго-западного берегов Крыма круто падает к югу, узок, отчасти сложен коренными породами.

В настоящее время именно на шельфе и локализованы основные эколого-геологические работы. Надо полагать, что такая направленность исследований сохранится и в будущем.

Методы изучения шельфовой зоны моря с позиций экологической геологии достаточно разнообразны и фактически включают основные методы обычного геологического, геоморфологического и гидрохимического исследования.

Одной из важнейших задач является изучение зоны активного взаимодействия моря и береговой суши, выяснения темпов абразии берегов, темпов аккумуляции наносов, их движения, роли подводных каньонов, рек и других факторов. Иными словами, для изучения береговой зоны в эколого-геологических целях должны быть использованы методы изучения динамики и морфологии берегов.

Более глубоководная часть шельфа должна изучаться методами визуального исследования с помощью подводных аппаратов и детальным геоморфологическим картированием морского дна.

Для изучения геохимического воздействия человека на шельфовую зону следует применять несколько трансформированный метод геохимического картирования, включающий геохимическое изучение и составление геохимических карт донных осадков в сравнении с химическим составом захороненных более древних осадков, гидрохимических карт, геохимических карт взвеси живых организмов и т. п. В отличие от обычного геохимического картирования должны определяться не только обычные компоненты осадка, но и в первую очередь тяжелые металлы, пестициды, фосфаты и т. д.

Масштаб геохимического картирования определяется задачами работ или уровнем загрязнения. Проведенное в разные сезоны года геохимическое картирование позволит выявить динамику развития геохимических процессов и, в итоге, получить данные, необходимые для мониторинга.

Применительно к Черному морю задача эколого-геологических исследований усложняется наличием сероводородного заражения и колебаниями его уровня.

Обнаруженные в последние годы на дне Черного моря источники горючих газов и, возможно, сероводорода позволяют высказать мысль о параллельных антропогенной деятельности возможных неантропоген-

ных причинах загрязнения морской среды и поэтому ставить вопрос о распространении геохимического картирования (хотя бы в некоторых районах) за пределы шельфовой зоны. Важно глубже понять геохимическую природу загрязнения и в этой связи выяснить всеми доступными аналитическими методами формы нахождения элементов в осадке, воде, взвеси, органическом веществе.

В региональном плане особое значение при геохимическом картировании имеют зоны геохимических противоречий, в частности устьевые районы рек зоны разгрузки субмаринных вод. Субмаринные воды являются одним из важных и фактически неучитываемых факторов формирования морской эколого-геологической среды. Наиболее интересные результаты получены в последние годы при изучении субмаринной разгрузки в подводных каньонах близ берегов Крыма, в частности близ Ялты, Алушты, Севастополя. Близ морского дна в каньонах фиксируется резкое снижение солености черноморских вод. Возможен вариант использования этих находок субмаринных вод в целях водоснабжения. Методика изучения субмаринных вод для решения эколого-геологических проблем не отличается от обычных гидрологических исследований и должна сводиться к оценке масштабов субмаринной разгрузки, гидрохимическому изучению субмаринных вод, их возможному загрязнению пестицидами, что особенно актуально близ берегов Крыма. Наконец, при проведении таких работ в море необходимо строжайше учесть все загрязняющие объекты в прибрежной зоне — промышленные предприятия, сельскохозяйственные угодья, химические склады, выводные трубы сточных вод, порты, источники нефтяного загрязнения, курорты, трассы наиболее оживленного судоходства и т. д. Необходимо учитывать, что в отличие от обычных геохимических исследований главная задача эколого-геологических работ заключается в выявлении источников загрязнения и разработке мер, которые уменьшают или полностью прекратят их вредное воздействие на окружающую среду.

III.8. БИОЛОКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

Биолокационные методы (БЛМ) основаны на использовании способности человека воспринимать и фиксировать воздействия внешних энергетических излучений либо непосредственным ощущением, либо с помощью различного рода индикаторов, изготавливаемых из произвольно выбранных материалов (металла, дерева и пр.) в произвольной форме (рамок, маятников и пр.). Таким способом отыскивались ранее и нередко отыскиваются сейчас места нахождения подземных водных источников. В прежние времена, когда в качестве индикатора использовали обычную лозу, такие изыскания называли лозоходством, а самих изыскателей — лозоходцами. В настоящее время БЛМ используют для решения значительно более широкого спектра задач, связанных с определением характера и степени воздействия внешних аномальных, т. е. отличающихся от фоновых энергетических излучений на живые и неживые объекты материального мира, а людей, фиксирующих такие энергетические аномалии, называют операторами БЛМ или просто операторами.

Внешние излучения, происхождение которых может быть так или иначе увязано с телом планеты Земля, могут исходить из двух типов энергетических аномалий. К первому мы относим аномалии, увязывающиеся с определенными геологическими объектами, которые, как правило, приурочены к нарушениям целостности литосферы (разломам, трещинам, руслам подземных потоков, рудным и нефтегазовым месторождениям, инженерно-геологическим подземным сооружениям,

пещерам, карстам и т. п.). Аномалии этого типа мы называем геоэнергетическими. Биолокационными методами их обнаруживают в надповерхностном пространстве в виде сплошно проявленного энергетического поля, контуры которого в плане отображают границы проекции на поверхность породившего его геологического объекта. Следует оговорить, что энергетическая напряженность в отдельных участках поля может различаться в зависимости от свойств, строения и характера расположения в литосфере соответствующего геологического объекта.

Ко второму типу мы относим все известные на сегодня так называемые сетчатые энергетические аномалии, регулярно расположенные над поверхностью Земли и обозначаемые, как правило, именами своих первооткрывателей (сетки Хартмана, Виттмана, Карри, Стальчинского, Шульги и др.). На самом деле эти аномалии проявляются в пространстве не в виде плоскостных сетчатых, а в виде объемных каркасных (решетчатых, камерных) структур, поэтому здесь и далее мы будем обозначать их термином «каркасные энергетические структуры» (аббревиатура КЭС) с добавлением фамилии первооткрывателей этих сетей, которые мы рассматриваем в качестве соответствующих эталонов.

Из каркасных энергетических структур наиболее изученными считаются КЭС Хартмана. Ячейки принятой за эталон «сетки» Хартмана имеют в плане размер $2 \times 2,5$ м, длинной стороной они ориентированы вдоль меридианов, короткой — вдоль параллелей. Помимо этой эталонной «сетки» уже сейчас обнаружено много других широтно-меридионально ориентированных «сеток» с иными размерами ячеек. Если же принять за основу действительную, каркасную форму проявления этих энергетических структур, то можно уверенно говорить, что КЭС Хартмана составляют целую многоуровневую (от макро- и до микроуровня) систему ячеистых (вернее сказать, камерных) энергетических построек, каждый ингредиент которой отличается от других присущими только ему размерами ячеек (сечений камер) — одной из главных характеристик уровня соответствующего ингредиента.

Методами биолокации установлено, что аномальная энергетическая напряженность всех типов КЭС фиксируется на стенках камер, но максимальные аномалии обнаруживаются в участках их пересечений (узлах КЭС). Сейчас считается якобы доказанным [III.23], что длительное пребывание живых организмов в пределах стенок, а особенно узлов КЭС Хартмана (для других типов КЭС надежных данных нет), отрицательно сказывается на многих жизненных процессах.

Вредоносным считается воздействие на живые организмы и геоэнергетических аномалий. Это и послужило причиной выбора для обозначения участков Земли с энергетическими аномалиями термина «геопатогенные зоны» (гео — Земля, патогенные — болезнетворные). И именно поэтому в геоэкологии возникла и с каждым днем становится все более актуальной качественно новая проблема — определения влияния на экологию связанных с телом Земли энергетических аномалий.

Характер расположения в окружающей среде и уровень напряженности геоэнергетических аномалий контролируется процессами возникновения в недрах Земли так называемой геологической энергии (далее — геоэнергии). Причины возникновения в земной коре геоэнергии объясняют по-разному. Наиболее полное и, как нам кажется, наиболее обоснованное объяснение предложено О. И. Слензаком [III.26]. Согласно его концепции геоэнергия возникает в связи с тектоническими процессами вследствие преобразования вещества верхней мантии и земной коры при действии напряжений и деформаций в сплошном теле твердой литосферы. При взаимодействии блоков литосферы происходит формирование структур нового типа — линейно-дуговых структур (их О. И. Слензак называет структурами сдвига, качения, скручивания), способствующее превращению механической (тектонической) энергии в

химическую энергию так называемой деформационной силикатной твердотельной плазмы. Таким образом в литосфере возникают высокоэнергетические, резко неравновесные с температурой пород фундамента электронные возбужденные состояния, способные мигрировать не только в жидких и газовых, но и в твердых средах. Генерация, миграция, концентрация и релаксация возбужденных электронных состояний в свою очередь обуславливает широкий круг геологических, геохимических, геофизических, а следовательно, и геоэкологических процессов с переносом энергии и вещества и активизацией или торможением многих прочих процессов, происходящих в литосфере, атмосфере, гидросфере и биосфере.

Исследованиями О. И. Слензака [III.26] доказывалось, что процессы генерации и перемещения возбужденных электронных состояний при деформации литосферы тесно увязываются с ходом суточного вращения Земли, и что это является характерной особенностью геологического пространства и геологической формы движения материи. Следовательно, необходимо признать, что геоэнергия вносит существенный вклад в создание общего энергетического поля Земли.

Независимо от О. И. Слензака С. Ю. Баласанян [III.3] разработал свою оригинальную концепцию, согласно которой геоэнергия образуется вследствие естественного круговорота энергии в системе Земля — Космос, а основу энергоактивных геологических объектов составляют лишь те, которые, занимая определенные зоны литосферы, выполнены рудными, инженерно-геологическими, нефтегазоносными и подобными им образованиями. По мнению С. Ю. Баласаняна, именно такого рода геологические объекты являются наиболее ослабленными в тектоническом отношении, а следовательно, и наиболее энергопроницаемыми. Он показал, что энергетические свойства выполняющих ослабленные зоны литосферы геологических объектов изменяются в такт с суточными внешними воздействиями планетарного масштаба, и следовательно, геоэнергетическое состояние литосферы контролируется прежде всего круговоротом энергии в системе Земля — Космос в суточном ритме природных процессов. «Именно этому суточному ритму, как энергетически наиболее оптимальному, на наш взгляд, подчинено развитие многих геофизических, геохимических, биологических и других природных явлений в системе Космос — Земля» [III.3, с. 227].

Таким образом, на сегодня вполне доказательно установлено, что в надповерхностном пространстве нашей планеты, т. е. в окружающей человека среде, независимо существуют энергетические аномалии, расположенные либо в форме регулярных энергетических каркасных структур, либо в форме сплошных энергетических полей как проекций параллельных поверхности разрезов различного рода геологических объектов. В задачу геоэкологии входит выяснение характера распределения в окружающей среде и интенсивности геоэнергетических аномалий с установлением степени и характера воздействия их на объекты органического и неорганического мира. Из-за отсутствия в настоящее время надежных инструментальных методов определения и самого факта наличия, и интенсивности геоэнергетических аномалий такая задача пока может решаться в основном с помощью биолокационных методов.

Способность отдельных людей обнаруживать и фиксировать с помощью индикаторов геологические и все прочие энергетические аномалии в окружающей среде базируется на врожденной или специально развитой способности человека реагировать на любое повышение или понижение естественной фоновой энергетической напряженности окружающей среды. Однозначного объяснения такого феномена до сих пор нет. Из многих предложенных на сегодня объяснений наиболее полным и, как нам кажется, достаточно серьезно обоснованным, представляется

объяснение В. С. Стеценко и А. М. Савченко [III.12, III.27]. В их модели использована идея А. Ф. Охатрина о заполнении всего материального мира мельчайшими частицами (их называют микролептонами, окситонами и др.), обеспечивающими энергообмен между отдельными его объектами. Согласно этой модели, пронизывающие материальный мир нашей планеты, как и всего Космоса в целом, корпускулярные частицы являются носителями неких энергоинформационных потенциалов. Эти частицы, вступая во взаимодействие с элементами физических структур, вовлекаются в поле их действия и формируют вокруг них определенного рода энергетические оболочки.

Состояние таких энергетических оболочек природных объектов материального мира (в том числе и человека) контролируется частотой вибрации, а также скоростью и направленностью вращения их поверхностей. Под воздействием внешних аномальных энергетических полей параметры состояния энергетических оболочек материального мира изменяются, что и регистрируется поведением индикаторов в руках операторов.

Постановка и проведение исследований, в задачу которых входит определение влияния геоэнергетических аномалий на экологию, в настоящее время затруднены из-за отсутствия хорошо разработанных методик. Нами сделана попытка [III.12] разработать исходные позиции и методические подходы для постановки проблемы определения влияния геоэнергетических аномалий на экологию г. Киева. Первостепенной задачей в подобного рода работах предлагается считать определение тектонического положения исследуемого объекта.

Территория г. Киева расположена в области северного склона Украинского щита, точнее — в зоне его сочленения с ДДВ. Тектоника этой территории пока еще очень слабо изучена — значительная техногенная нагрузка затрудняет проведение не только геофизических, но и общегеологических исследований. Поэтому тектоническое районирование территории г. Киева, необходимое изначально для определения возможной связи или отсутствия таковой тектонических нарушений с геоэнергетическими аномалиями, пришлось рассматривать с позиций сравнительного анализа имеющихся в литературе данных дешифровки дистанционных наблюдений геофизических полей, а также данных глубинных сейсмических зондирований прилегающих территорий с последующей интерполяцией на изучаемые районы.

Как показал такой анализ [III.12], территория г. Киева находится в зоне разлома планетарного типа, проходящего вдоль русла р. Днепра в направлении примерно север — юг через всю Украину. Оказалось также, что территория г. Киева разделена разломом субширотного направления на две части, которые различаются по многим геофизическим параметрам, в том числе по характеристикам гравитационного поля, глубинным положениям раздела М и др. Таким образом, выявлено, что территория г. Киева расположена в весьма сложной в тектоническом отношении зоне земной коры. В этом свете постановка исследования по определению наличия или отсутствия связи геоэнергетических аномалий с тектоникой на территории г. Киева с помощью БЛМ представляется важной не только для экологии, но и для познания особенностей ее тектонического строения нетрадиционным способом. Так, анализ проведенных группой В. С. Стеценко биолокационных исследований некоторых участков территории г. Киева (Киево-Печерской лавры, Софийского собора, Кирилловской церкви, а также некоторых участков киевских теплотрасс, производственных помещений и отдельных квартир) показал, что здесь прослеживаются определенные закономерности в распределении геоэнергоаномальных зон, которые довольно четко увязываются с нарушениями однородностей фундамента на физическом материальном плане.

В этом же свете Р. С. Фурдуй [III.12] интерпретирует выявленную им особенность расположения на территории г. Киева различных культовых сооружений. Как оказалось, порядка 80 % таких сооружений вписываются в сетку, ориентация которой в пространстве совпадает с ориентацией одной из известных тектонистам диагональных систем линеаментов.

С помощью биолокационного метода нам удалось показать, что расположение на территории г. Киева культовых сооружений увязывается также и с ориентацией в пространстве КЭС Хартмана. Более того, установлено, что в крестово-купольных сооружениях ось главного купола обязательно совпадает с центром узла КЭС Хартмана наибольшего уровня для занимаемой каждым сооружением территории.

Все это означает, что использование БЛМ может существенно помочь как расшифровке особенностей тектонического строения интересующих нас участков земной коры, так и установлению закономерностей распределения в окружающем пространстве индуцируемых земными недрами энергетических аномалий.

И если учесть, что для обнаружения таких аномалий, а тем более для замеров их количественных характеристик, никаких надежных приборов не имеется, то нужно признать, что биолокационные методы остаются пока единственным средством для изучения проблемы влияния геоэнергетических аномалий на экологию. В этом свете постановка биолокационных исследований, направленных на раскрытие природы и путей поступления в надповерхностное пространство геоэнергетических потоков, а также определение закономерностей размещения геоэнергетических аномалий в окружающем пространстве и характера воздействия их на объекты органического мира представляется как одна из важных и насущно необходимых задач современной геоэкологии.

III.9. МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Процедура моделирования — процесс создания человеком отражения исследуемой части природной среды, трансформированный в его логическое, математическое или картографическое изображение. При эколого-геологических исследованиях предметом моделирования является геологическая среда.

Моделирование геологической среды — формализованное упорядочение ее элементов в определенной последовательности, с заданной степенью адекватности отражающее исследуемое геопространство. В связи с постоянным увеличением техногенной нагрузки рассматриваются следующие уровни эколого-геологических моделей — глобальные, национальные, региональные, специальные, детальные, локальные.

Моделирование позволяет синтезировать в разных комбинационных вариантах информацию о геологической среде в целях прогноза и управления ее состоянием с требуемой точностью и детальностью.

При моделировании геологической среды учитываются следующие ее свойства: неоднородность, дискретность, унаследованность. На основании анализа этих свойств возможна реализация управления системой человек — геологическая среда. Управляемость отражает возможность на основании знаний об исследуемом объекте моделирования системы с последующим увеличением адекватности модели исследуемому объекту для его прогноза и управления состоянием.

Моделирование геологической среды определяет заданную формализованную упорядоченность условий и факторов, отражающих исследуемый объект. Основные элементы эколого-геологической модели:

1) параметры природно-климатических условий и факторов; 2) параметры биоты; 3) параметры литогенной основы; 4) параметры техногенной нагрузки.

Теоретическая основа моделирования геологической среды заключается в возможности представления человеком исследуемой среды для анализа существующих событий, научного предвидения событий при существующей и проектируемой техногенной нагрузке.

Управление геологической средой может быть реализовано на основании прогнозных систем посредством использования моделирования для разработки управленческих решений (рис. III.9).

Геологическая среда формируется и развивается под воздействием трех основных элементов геоэкосистемы: гелиогенных, литогенных (включая биоту и техногенные накопления), техногенных.

Степень активности элементов геоэкосистемы определяет ее устойчивость, т. е. способность к адаптации при изменении энергетического состояния. В данном случае под экологической устойчивостью системы понималось ее расчетное состояние, которое в заданных рамках геологического пространства ($XVZ - X_1V_1Z_1$) в определенный период времени не характеризуется развитием условий, приводящих к неблагоприятным для человека последствиям (разрушение природных и технических объектов геологическими процессами, влияние на здоровье человека вследствие попадания в его организм с воздухом, пищей или водой вредных элементов).

Точность моделирования в значительной мере зависит от исследуемого объема геологического пространства и степени достоверности исходной информации.

Глобальные модели позволяют определить общие тенденции развития природной среды на основе полученного материала о различных элементах системы. Глобальное моделирование отражает оценочные параметры состояния системы и, как правило, базируется на использовании информации по отдельным странам.

Национальная система определяется возможностью выполнения комплекса требований, позволяющих получить исходные параметры, обработать их с использованием базы знаний, сконцентрировать национальную модель эколого-геологической среды. Структура модели включает в себя параметры разных уровней, которые в рамках единой национальной системы позволяют отразить региональный, специальный и детальный уровни эколого-геологического моделирования.

Региональная модель — комплекс условий и факторов, позволяющих на региональном уровне (применительно к масштабу 1:200 000) отразить геологическую обстановку для части экономического региона или (если это имеет смысл) для отдельной административной области. В рамках региональных моделей, отражающих стратегию и тактику взаимодействия человека с геологической средой, предусматривается выделение специальных, детальных и локальных моделей, в рамках которых рассматривается период оптимального функционирования системы с разработкой и внедрением количественных методов.

Матрица специальных моделей характеризует возможность моделирования ситуаций, при которых исключается развитие неблагоприятных для экологической обстановки процессов (рис. III.10): развитие опасных геологических процессов; загрязнение подземных вод; загрязнение почв; изменение напряженно-деформационного состояния горных пород; изменение ландшафтной обстановки.

Наиболее опасны в отношении развития эколого-геологических процессов территории, на которых расположены крупные объекты народ-

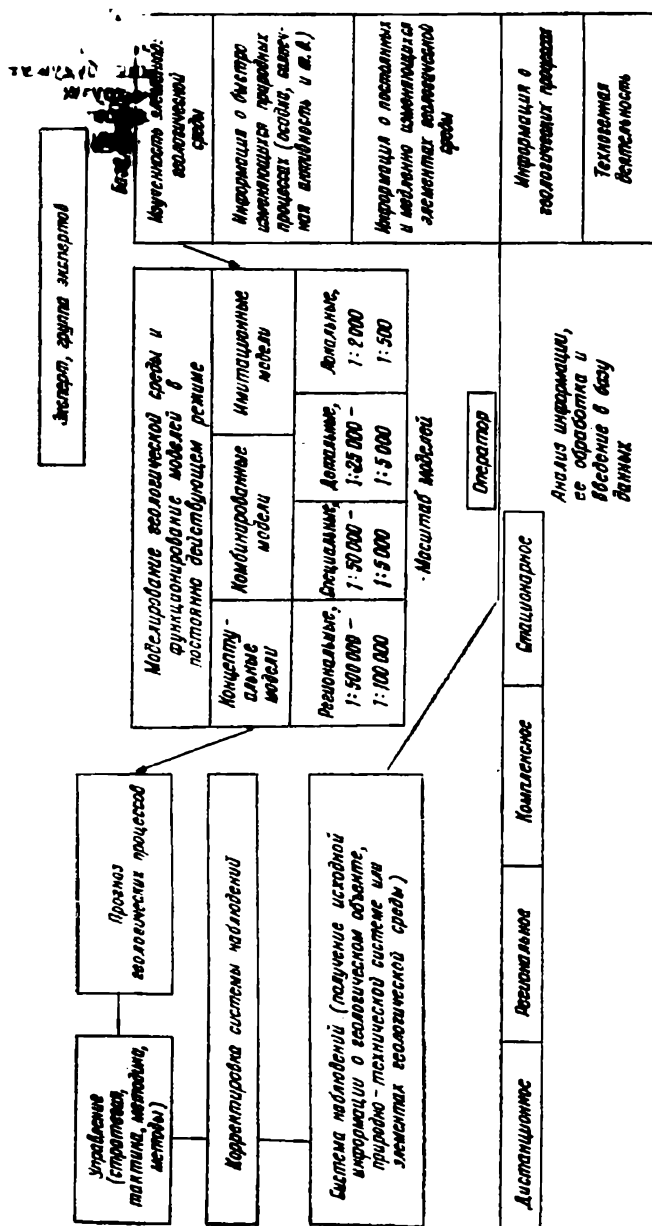


Рис. 111.9. Принципиальная схема эколого-геологических моделей, функционирующих как постоянно действующие (на региональном уровне)

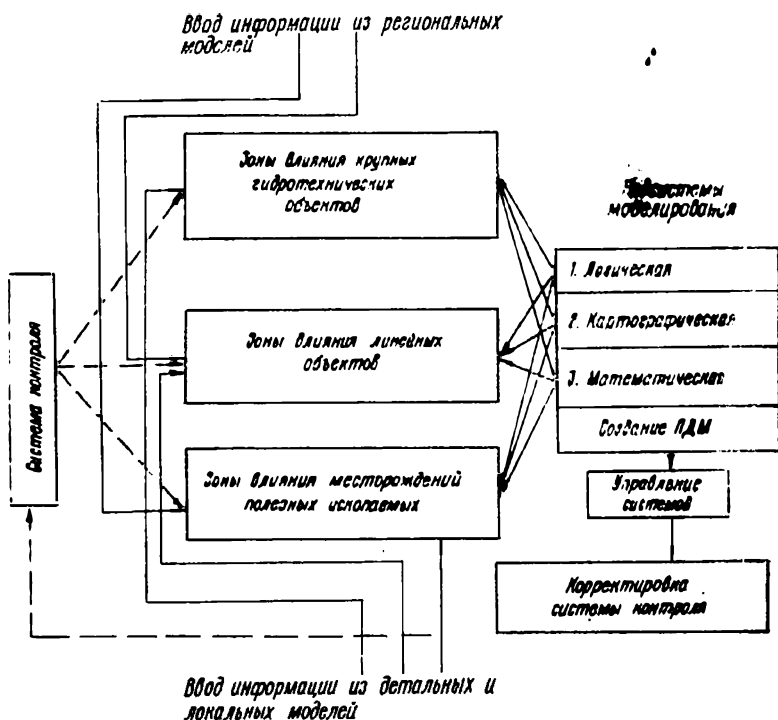


Рис. III.10. Специальные модели геологической среды

ного хозяйства (гидротехнические комплексы, заводы, промышленные зоны и т. д.). В данном случае разрабатываются детальные модели эколого-геологической обстановки в масштабах 1 : 50 000—1 : 5000.

Локальные модели создаются для реализации имитационных систем для отдельных геологических объектов, например, в рамках инженерно-геологического мониторинга. Они имеют большое значение для экзогенных процессов: оползней, селей, карста и др.

Значительную роль играют имитационные локальные модели для гидрогеологических объектов. Масштабы моделей 1 : 5000—1 : 500. Реализация постоянно действующих моделей локального уровня заключается в создании различными методами имитационных процедур, позволяющих с заданной степенью адекватности отразить процессы, происходящие в геологической среде.

Для экзогенных геологических процессов в этом отношении наиболее эффективны методы натурного и лабораторного моделирования, позволяющие определить условия развития исследуемого процесса и с помощью информационной системы адаптировать модель для решения задач управления.

Для гидрогеологических объектов зачастую предусматривается применение комплекса стандартных программ для математического моделирования, с помощью которых можно отразить состояние системы в существующем режиме и при изменении техногенных параметров.

Таким образом, методологические аспекты моделирования геологической среды рассмотрены применительно к реализации прогноза состояния и управления различными природно-техническими системами.

III.9.1. Основы инженерно-геологического моделирования геологической среды

Инженерно-геологические модели создаются и функционируют на основе систем, отражающих с заданной степенью достоверности исследуемые объекты геологического пространства. Рассматриваются типы моделей, реализуемых как постоянно действующие, адаптированные на исследование инженерно-геологических условий и процессов.

Инженерно-геологическая модель — логическое, картографическое, математическое или другое отражение инженерно-геологических условий и процессов в исследуемом объеме геологического пространства с заданной степенью адекватности, отражающей состояние исследуемого объекта.

На основании практического применения разных методов и методик при исследовании инженерно-геологических условий и процессов рассматриваются следующие типы инженерно-геологических моделей: региональные, специальные, детальные, локальные. Моделирование исследуемого геологического объекта (системы человек — геологическая среда) выполняется в масштабах 1 : 500 000—1 : 2 000.

Создается комплекс постоянно действующих моделей, связанных между собой информационной системой. Исследуемый объект — геологическая среда: твердая, жидкая, газообразная часть литосферы, включающая биоту и техногенные накопления, находящиеся под воздействием хозяйственной деятельности человека и развивающиеся за счет энергетических полей, определяющих проявление геологических процессов.

Комплекс постоянно действующих моделей отражает концепция, согласно которой инженерно-геологическое моделирование открывает путь к корректному многовариантному принятию управленческих решений.

Типизация ландшафтных систем базируется на выделении территориальных комплексов, однородных по генезису и истории развития, характеризующихся единой морфоструктурой (геологической структурой), однотипной морфоскульптурой (генетические типы рельефа), едиными природно-климатическими особенностями.

Подготовительные операции по созданию обзорной региональной модели геологической среды (инженерно-геодинамические аспекты) заключаются в анализе карт масштаба 1 : 500 000, их формализации и введении в базу данных. Основные из них: инженерно-геологическая карта условий развития геологических процессов; инженерно-геологическая карта интенсивности проявления геологических процессов; карта закономерностей распространения геологических процессов; карта подверженности народнохозяйственных объектов воздействию геологических процессов с элементами оценки геологической среды; карта взаимосвязи тектонического строения с морфогенезом рельефа; карта техногенного воздействия на геологическую среду; карта четвертичных отложений и ландшафтных систем; карта пораженности территории и инженерно-геологического районирования.

Создание обзорной региональной модели геологической среды позволяет выполнять постоянно уточняющийся вероятностный прогноз геологических процессов. Картографический материал анализируется с помощью ЭВМ. Обзорная региональная модель геологической среды может быть использована при решении следующих проблем: вопросов разработки месторождений полезных ископаемых; вопросов урба-

низации и капитального строительства; направления сельскохозяйственного освоения территории; размещения важных промышленных объектов; вопросов гидротехнического строительства.

В рамках использования обзорной региональной модели представляется возможным оценить степень опасности и потенциальную возможность проявления геологических процессов при определении направления народнохозяйственного освоения территории для выбора наиболее оптимального пути техногенного воздействия на геологическую среду (стратегия управления).

Региональная модель геологической среды создается в целях получения информации о развитии геологических процессов при народнохозяйственном освоении административной области или ее части (масштаб 1 : 200 000). Данная модель определяет следующие предварительные действия: подготовку геолого-тектонической схемы и комплекса картографических моделей территории, учитывающих тектонические особенности и режим современных тектонических движений, условия формирования инженерно-геологических свойств литолого-стратиграфических комплексов, являющихся средой развития геологических процессов; анализ динамики ландшафтов и генетических типов рельефа, определение энергетических их параметров как условий развития геологических процессов; анализ и прогноз климатических параметров территории; определение закономерностей техногенной нагрузки и оценку перспектив народнохозяйственного развития территории; типизацию природно-технических систем и оценку их устойчивости.

Таким образом, в процессе создания региональной модели осуществляется комплекс процедур, который сводится к оценке принципиальной возможности корректного отражения условий и факторов развития инженерно-геологических процессов исследуемой территории и их влияния на существующие и проектируемые природно-технические системы. В рамках данной модели необходима оценка экономической целесообразности функционирования природно-технических систем в существующем режиме. Количество и качество информации позволяет реализовать различные виды прогноза геологических процессов.

Основные направления управленческих решений в рамках рассматриваемых природно-технических систем: разработка комплекса рекомендаций и ограничений при различных видах строительства; оценка состояния геологической среды в плане влияния и размещения существующих и проектируемых технических объектов; разработка рекомендаций по рациональному использованию сельскохозяйственных угодий и агропромышленных комплексов; рекомендации по охране и рациональному использованию геологической среды в пределах лесных угодий; прогнозная оценка состояния геологической среды в зонах разработки месторождений полезных ископаемых.

Подготовительные процедуры в рамках региональной модели геологической среды предусматриваются при использовании следующих материалов и их введении в базу данных: геолого-тектоническая карта, карта особенностей распространения и закономерностей развития геологических процессов; геоморфологическая карта с нанесением на нее генетических типов рельефа; климатическая карта; карта типов ландшафта; карта типов техногенного воздействия на геологическую среду; гидрогеологическая карта; карта динамики геологической среды и устойчивости к внешним воздействиям.

Перечисленные картографические модели, трансформированные в базу данных, позволяют определить состояние геологической среды с точностью, соответствующей масштабу 1 : 200 000.

Специальные модели оптимизации геологической среды конструируются при разработке управленческих мероприятий по рациональному использованию геологической среды в пределах зон влияния ГЭС,

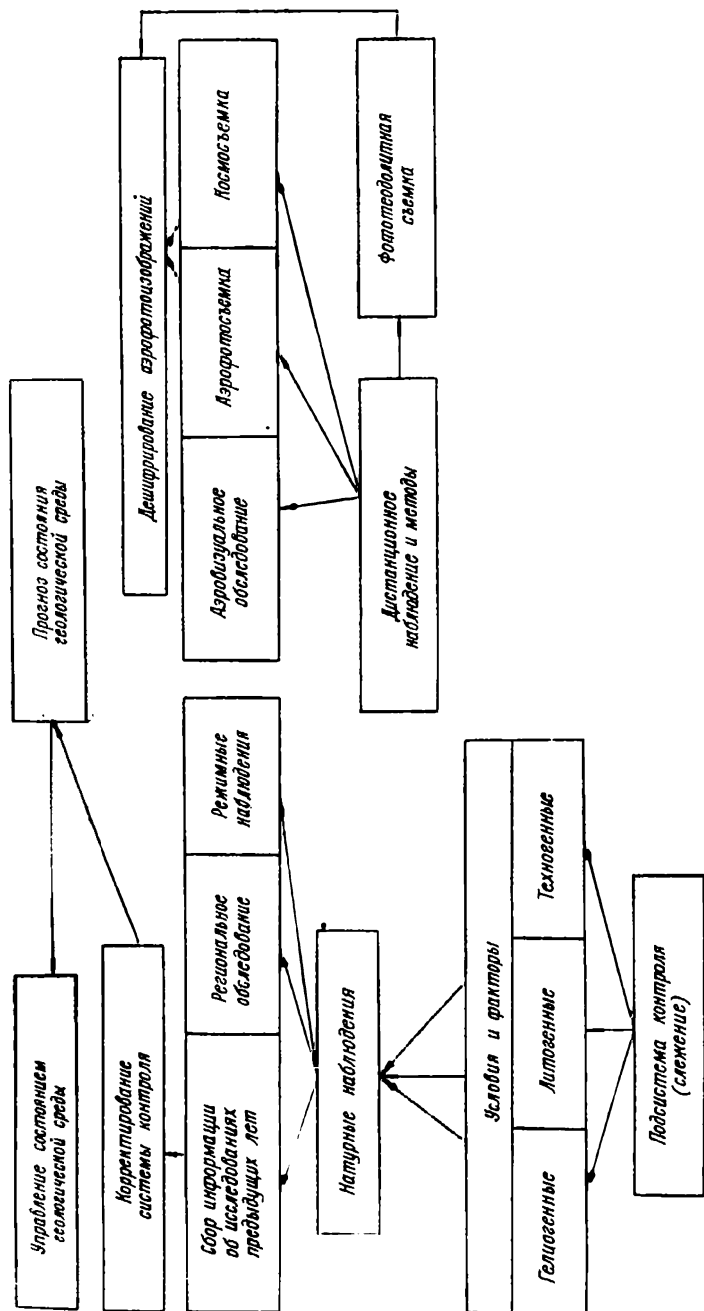


Рис. III.11. Эколого-геологическая модель города (городской агломерации)

ГРЭС, крупных линейных объектов, групп месторождений полезных ископаемых, крупных городских агломераций. Масштабы работ 1 : 50 000—1 : 10 000. Методика создания данных моделей идентична основным положениям, предложенным для региональной модели. Пользователями информации специальных моделей оптимизации геологической среды могут быть соответствующие проектные институты и другие организации, работающие над проектами крупных промышленных объектов или осуществляющие авторский надзор после их сооружения.

Детальные модели геологической среды создаются для территорий крупных населенных пунктов (городов, поселков городского типа), а также отдельных промышленных предприятий или промышленных зон. Масштабы работ 1 : 25 000—1 : 10 000 (рис. III.11).

В детальных моделях осуществляется синтетический анализ инженерно-геологических условий территории и условий техногенного воздействия на геологическую среду в рамках существующих и проектируемых природно-технических систем. Особенностью данного типа моделей является расчетный коэффициент экономической эффективности мероприятий по оптимизации геологической среды, определяющей методику управления городской средой.

Подготовка к созданию детальной модели оптимизации заключается в последовательном проведении следующих операций: изучение механизма геологических процессов по результатам режимных наблюдений; прогноз геологических процессов; создание схемы защитных мероприятий и других управленческих решений; апробация и реализация управленческих рекомендаций; согласование методики контроля и корректировка методов техногенного воздействия на геологическую среду.

Для получения информации о механизме и динамике развития геологических процессов на участках стационарного изучения типичных инженерно-геологических обстановок проводится комплекс работ, позволяющих создать многофакторные имитационные модели геологических процессов. Масштабы работ на таких участках 1 : 5000—1 : 1000. Для создания имитационных моделей может быть выполнено натурное моделирование оползней, селей и карста.

Функционирование предложенной системы практически для всех масштабов может происходить так: на первом этапе с помощью методов регионального и локального контроля концентрируется информация об исследуемом инженерно-геологическом объекте, которая после обработки переводится в базу данных. Извлекаемая из базы данных для выполнения существующих карт информация используется экспертом для создания системы постоянно действующей модели. На основании анализа данной системы эксперт рекомендует к реализации управленческое решение.

Одновременно происходит корректировка системы контроля, после чего возможно уточнение постоянно действующей модели и корректировка управленческих решений. В рамках предложенной системы по мере поступления новой информации уменьшается степень неопределенности моделей. Система характеризуется универсальностью и исключает случайные и другие ошибки.

III.9.2. Гидрогеологические модели

К настоящему времени в теории моделирования существует большое количество моделей. Не останавливаясь на анализе всех видов моделей, выделим основные, широко используемые в гидрогеологических и эколого-геологических исследованиях: натурные (натурные эксперименты), физические и математические.

Натурные модели — это обширный перечень полевых гидрогеологи-

ческих исследований, включающих определение фильтрационных параметров, расходов, температуры, минерализации, химического состава и т. д. Физические модели — это модели, которые сохраняют соответствие физической природы моделируемой и исследуемой систем, но при этом в отличие от натурных экспериментов выбираются более удобные интервалы изменения характеристик изучаемых процессов, а также пространственные и временные масштабы. Математическая модель — это система математических уравнений, описывающих изучаемый процесс. Математические модели позволяют проведение вычислительных экспериментов с реализацией математических зависимостей.

Определение гидрогеологической модели целесообразно вывести, руководствуясь целями и задачами, среди которых можно выделить следующие:

1. Выявление закономерностей гидрогеологических процессов, происходивших в прошлом и приведших к формированию современного (нарушенного) режима подземных вод.

2. Изучение техногенного режима подземных вод и влаги в зоне аэрации.

3. Прогнозирование изменения режима подземных вод под влиянием существующих и проектируемых водохозяйственных объектов и техногенных факторов.

4. Управление режимом подземных вод в целях оптимального использования природных ресурсов и охраны геологической среды.

Приведенные задачи можно решать с помощью натурных гидрогеологических экспериментов (моделей), физических моделей, соответствующих гидрогеологическим процессам, и математических моделей, описывающих эти процессы.

Отметим, что современная эколого-геологическая обстановка требует управления подземными водами. Проблемы планирования натурных исследований, обработки полученных результатов, выявления закономерностей формирования и прогноза режима подземных вод, связанные с управлением, требуют организации постоянно действующих гидрогеологических моделей (ПДГМ). Поэтому рассмотрим принципы организации ПДГМ, применение которых наиболее приемлемо в экологической геологии.

Организация ПДГМ, включающих гидрогеологическую и физико-математическую схематизацию природных и техногенных условий, предполагает преодоление возникающих при решении задач некоторых неопределенностей.

Однозначное решение задач управления в значительной степени обуславливается формулировкой цели моделирования. Например, управление уровнем режимом подземных вод при наличии установок их искусственного пополнения заключается в поддержании уровней на таких отметках, при которых фиксируется максимальное количество эксплуатационных запасов подземных вод, но не допускается подтопление земель. Достижение такой цели потребует нахождения компромиссного решения, получение которого возможно в том случае, если модель ориентирована на отображение реальной ситуации во всех подробностях, что присуще постоянно действующим моделям. Модель, ориентированная только на поиск ответа на один поставленный вопрос, для управления непригодна. Данное обстоятельство подтверждает характерную особенность ПДГМ — ее многоцелевое назначение.

Обсуждая важность границ модели, отметим, что региональные закономерности формирования техногенного режима подземных вод не идентичны локальным закономерностям. В данном случае справедлив принцип системного подхода, когда целое обладает такими свойствами, каких нет у его частей. В то же время на формирование техногенного режима подземных вод крупных регионов оказывают влияние отдель-

ные природные и техногенные факторы, т. е. любая система является подсистемой более крупной системы. В связи с этим для организации региональной постоянно действующей гидрогеологической модели принимается территория с количественно обоснованными граничными условиями, подсистемы которой не оказывают и не испытывают существенного влияния со стороны смежных систем. Включение в региональную модель локальных моделей позволяет выполнять принципы системного подхода, т. е. осуществлять решение крупномасштабных гидрогеологических задач, учитывая при этом региональные особенности и устраняя таким путем неопределенность границ. Таким образом, ПДГМ представляет собой сочетание моделей разного масштаба в зависимости от целевого задания и информационной обеспеченности.

Отметим неопределенность математического описания изучаемых процессов, заключающуюся в общей формулировке законов сохранения массы, энергии, количества движения и др. Эта неопределенность может быть устранена при организации постоянно действующей гидрогеологической модели на основании результатов дополнительных натурных исследований, а также применения методов физического моделирования и наблюдений, с помощью которых можно выделить роль отдельных факторов, выяснить условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод. Совмещение математического и физического моделирования, натурных экспериментов и наблюдений является важной особенностью постоянно действующих гидрогеологических моделей, отличающей их от моделей однократного действия.

Как правило, большинство гидрогеологических параметров определяется косвенными методами, т. е. они заведомо содержат в себе погрешности, часто весьма значительные. Данное обстоятельство обуславливает некорректность решаемых задач, которая может быть преодолена с помощью схем, обеспечивающих получение не только величины искомых характеристик, но и диапазона возможных их значений.

Структура разработанной ПДГМ включает в себя информационный пакет данных о природных и техногенных условиях с автоматизированной системой по обработке и накоплению исходных данных, вычислительную систему, состоящую из детерминированных математических моделей и программно-приборного обеспечения их реализации, базовый натуральный полигон, физические модели.

Вычислительная система, обеспеченная соответствующими методами и программами, объединяет региональную и локальные модели, реализуемые с помощью цифровой и аналоговой техники.

Основное назначение региональной модели — выполнение вычислительных экспериментов в целях воспроизведения закономерностей естественного формирования техногенного режима подземных вод и его прогноза, а также обоснование граничных условий для локальных моделей.

Локальные модели предназначаются для прогнозов техногенного режима подземных вод в зонах отдельных хозяйственных объектов. Планирование натурных исследований на этих территориях осуществляется с учетом точности определения на региональной модели граничных условий.

Самообучение региональной и локальной моделей проводится по результатам собственных вычислительных экспериментов и результатам запланированных на модели натурных экспериментов и наблюдений.

Исследования на базовом натурном полигоне охватывают природные и хозяйственные объекты в их взаимосвязи — водоносные горизонты, раздельные слои, зону аэрации, приземной воздух, поверхностные и атмосферные воды.

Проводимые в едином теоретико-познавательном плане эксперименты и наблюдения учитывают специфику мелиоративных работ, водоснабжения, строительства промышленных, гражданских и гидротехнических сооружений. Наблюдения и эксперименты на базовых природных полигонах позволяют выявить роль конкретных факторов в гидрогеологических процессах, определить параметры влагосолепереноса, необходимые для уточнения математической модели.

Для детального изучения наблюдаемых процессов и параметров, а также для выделения и оценки роли конкретных факторов используются методы физического моделирования на больших и малых монолитах, в частности на фитогеотроне — лабораторном стационаре с искусственным климатом, соответствующим климату исследуемой территории, предназначенном для физического моделирования на больших монолитах — влагопереноса в системе подземные воды — зона аэрации — растения — приземной воздух при орошении и дренаже.

Для организации и функционирования ПДГМ очень важно натурное изучение режима подземных вод и влагопереноса в зоне аэрации. Его результаты и сопутствующие вычислительные эксперименты способствуют коррекции и адаптации ПДГМ.

Усреднение резко неоднородной водопроводимости определяет пространственную аппроксимацию области фильтрации. Выбор временного шага зависит от условий стабилизации инфильтрационного питания, измененного под влиянием техногенных факторов.

Большое значение для решения обратной задачи имеют ограничения на параметры и учет различной косвенной информации, на основании которой формируются неравенства.

В условиях ограниченности информации особое значение приобретает регуляризация решения. При слабой изученности территории точность решения зависит, главным образом, от способов регуляризации на основе априорных предпосылок и допущений. Принципиально получение условно корректного решения гарантировано при любой изученности, так как всегда возможно сформулировать допущения и предпосылки, в рамках которых обратная задача становится устойчивой и однозначной.

Погрешность решения прямой задачи оценивается в зависимости от достоверности исходных данных. Если погрешность решения превышает допустимые значения, требуется проведение дополнительных натурных исследований. Основой этих исследований являются режимные наблюдения в скважинах за уровнями и напорами подземных вод, а также натурные эксперименты по определению инфильтрационного питания.

Таким образом, с помощью ПДГМ можно объективно планировать натурные эксперименты и наблюдения, что повышает их экономичность и информативность исходных данных. Возможность непрерывного проведения исследований позволяет осуществлять регулярные долгосрочные и краткосрочные прогнозы гидрогеологических условий, а также управлять ими, т. е. решать основные вопросы экологической геологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- III.1. *Абрамов А. И., Казанский Ю. А., Матусевич Е. С.* Основы экспериментальных методов ядерной физики. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 488 с.
- III.2. *Авиакосмическая спектрометрическая микропроцессорная система СКИФ.* — Минск: Ин-т физики АН БССР, 1985. — 3 с.

- III.3. *Баласанян С. Ю.* Динамическая геоэлектрика.— Новосибирск: Наука, 1990.— 232 с.
- III.4. *Баранов В. И., Курбатов И. Д.* О содержании радиоэлементов в воде и ее отложениях наземной буровой скважины Ухтинского района // Тр. Радиового ин-та.— 1933.— 3.— С. 139.
- III.5. *Бюллетень МАГАТЭ.*— 1987.— 29, № 3.— 80 с.— (Реклама фирмы «The Nucleus inc.»).
- III.6. *Валдманис Я. Я., Долацис И. Я., Калнинь Т. К.* Лозоходство — вековая загадка.— Рига: Зинатне, 1979.— 116 с.
- III.7. *Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения.— М.: Наука, 1987.— 340 с.
- III.8. *Волков М. Г., Палієнко В. П., Купраш Р. П.* Методичні основи вивчення рельєфу території України з метою раціонального природокористування // Вісник АН УРСР.— 1983.— № 9.— С. 75—80.
- III.9. *Гальперин А. М., Зайцев В. С., Норватов Ю. А.* Гидрогеология и инженерная геология.— М.: Недра, 1989.— 383 с.
- III.10. *Гольдберг В. М.* Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды.— М.: Гидрометеиздат, 1987.— 245 с.
- III.11. *Гольдберг В. М., Газда С.* Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения.— М.: Недра, 1984.— 262 с.
- III.12. *Дроздовская А. А., Омельченко В. Д., Паньковский Ю. С. и др.* Влияние геоэнергетических аномалий на экологию Киева // Геол. журн.— 1991.— № 2.— С. 84—96.
- III.13. *Искра А. А., Бахуров В. Г.* Естественные радионуклиды в биосфере.— М.: Энергоиздат, 1981.— 124 с.
- III.14. *Кобец Н. И.* Оптические свойства листьев растений как основа для дистанционной диагностики их состояния: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / АН УССР. Ин-т физиол. растений.— Киев, 1988.— 15 с.
- III.15. *Коггл Дж.* Биологические эффекты радиации.— М.: Энергоатомиздат, 1986.— 180 с.
- III.16. *Кронберг П.* Дистанционное зондирование Земли.— М.: Мир, 1989.— 350 с.
- III.17. *Кузьмина И. В., Садов А. В., Бурлешин М. И., Пискун И. И.* Основные положения по организации и проведению работ на полигонах аэрокосмического мониторинга геологической среды (АКМГС): Методические указания / ВСЕГИНГЕО.— М., 1986.— 34 с.
- III.18. *Лютый Г. Г.* Прогнозная оценка влияния действующих АЭС на почвогрунты // Разведка и охрана недр.— 1990.— № 3.— С. 23—27.
- III.19. *Лялько В. И.* Тепломассоперенос в литосфере.— Киев: Наук. думка, 1985.— 260 с.
- III.20. *Лялько В. И., Вульфсон Л. Д.* Применение дистанционной ИК-съемки для выявления активных разломных зон // Геол. журн.— 1988.— № 3.— С. 71—75.
- III.21. *Плотников Н. А., Сычев К. И.* Оценка эксплуатационных запасов подземных вод с искусственным их восполнением.— М.: Недра, 1976.— 152 с.
- III.22. *Подобедов Н. С.* Природные ресурсы Земли и охрана окружающей среды.— М.: Недра, 1985.— 236 с.
- III.23. *Проблемы геопатогенных зон* // Докл. X всесоюз. семинара Межвед. комиссии по проблемам биолокации, Москва, 29 окт.— 3 нояб. 1990 г.— М., 1990.— 111 с.
- III.24. *Радиация, дозы, эффекты, риск* / Пер. с англ. Ю. А. Банникова.— М.: Мир, 1988.— 79 с.
- III.25. *Садов А. В., Берлешини М. И.* Гидрогеологические и инженерно-

- геологические космофотокарты // Разведка и охрана недр.— 1984.— № 2.— С. 51—55.
- III.26. *Слензак О. И.* Локальные структуры зон напряжения докембрия.— Киев: Наук. думка, 1984.— 102 с.
- III.27. *Стеценко В. С.* К вопросу о биолокации и энергоинформационном обмене в природе.— Киев: Наук. думка, 1986.— 167 с.
- III.28. *Сычев К. И.* Геоэкологическое изучение территории СССР / Разведка и охрана недр — 1990.— № 3.— С. 3—10.
- III.29. *Тютюнова Ф. И., Пантелеев И. Я., Пантвлеева Т. И. и др.* Прогноз качества подземных вод в связи с их охраной от загрязнения.— М.: Наука, 1978.— 231 с.
- III.30. *Ферронский В. И., Поляков В. А., Романов В. В.* Космогенные изотопы гидросферы.— М.: Наука, 1984.— 268 с.
- III.31. *Шестаков В. М.* Динамика подземных вод.— М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973.— 327 с.
- III.32. *Шестопалов В. М., Ситников А. Б., Лялько В. И. и др.* Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Методы изучения водообмена.— Киев: Наук. думка, 1988.— 272 с.
- III.33. *Экспериментальные исследования и прогноз миграции радионуклидов в зоне аэрации и подземных водах* // Тез. докл. науч.-техн. семинара, пос. Зеленый, 1—3 нояб. 1988 г.— М., 1988.— 43 с.
- III.34. *Frölich K., Gellerman R., Runge K.* On the migration of uranium isotopes in sandstone aquifers.— Vienna: IAEA-SM-267/88P, 1984.— P. 373—381.

IV. МОНИТОРИНГ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Динамика и современное состояние геологической среды на территории Украины зависят главным образом от характера и интенсивности инженерно-хозяйственной деятельности человека. Это отчетливо видно на примере районов, осваиваемых отраслями горнодобывающей, химической, перерабатывающей промышленности, энергетики, а также объектов мелиорации, сельского хозяйства, градостроения и др. Здесь формирование и движение геологической среды существенно зависит от видов освоения земель, интенсивности, мощности и характера распределения техногенной нагрузки в пространстве и времени.

Украина — один из наиболее напряженных в эколого-геологическом отношении регионов Восточной Европы. Эколого-геологическая нагрузка отдельных отраслей промышленности (сток, дренаж, разработка месторождений, различные виды загрязнения — химическое, тепловое и др.), сельского хозяйства, промышленного и жилищного строительства на единицу площади в 10—15 раз выше аналогичных показателей по СНГ. Дальнейшее экологически несбалансированное развитие составляющих хозяйственного комплекса Украины уже в обозримом будущем (согласно выполненным оценкам) может привести к необратимым изменениям условий среды обитания человека.

Техногенные воздействия на геологическую среду за последние 20—30 лет превратились из локального фактора в региональный, роль которого с позиций экологической геологии неоднозначна. С одной стороны, формирование геотехногенных массивов как единых пространственных структур приводит к стабилизации компонентов геологической среды, с другой — нерациональное природопользование обуславливает их существенные изменения, неблагоприятные и с позиций дальнейшего освоения территорий, и в экологическом плане. Существенное ухудшение природных условий на мелиорируемых землях привело к тому, что более полумиллиона гектаров сельскохозяйственных угодий утрачено вследствие нерационального ведения только поливных мелиораций. В результате откаток шахтных вод (в Донбассе и Приднепровском промышленном районе — более 500 тыс. м³/сут) происходит интенсивное формирование депрессионных воронок водоносных горизонтов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, ухудшается качество подземных вод, в том числе и за счет поверхностного загрязнения. Создание искусственных водоемов, увеличение стока малых рек обуславливает развитие подтопления (в Донбассе — более 30 % территории, Полесье — до 60—70 %). Возникает опасность загрязнения поверхностной и подземной гидросферы при фильтрации из отстойников и накопителей, а также при возникновении аварийных ситуаций на промышленных и энергетических объектах, где существенно нарушена целостность пород и ухудшена их защитная роль.

На примере Украины видно, насколько опасно отсутствие контроля

за глубоким и разноплановым воздействием на геологическую среду, изначально сложную по структуре и характеру взаимодействия с другими средами, а также координации в ее освоении. Результаты многочисленных исследований показывают, что инженерно-хозяйственная деятельность существенно влияет на изменение общей природной обстановки и экологических параметров не только в зонах повышенной техногенной нагрузки, но и в сопредельных регионах.

Геологическая среда, как всякая структура, базирующаяся на объективных закономерностях, обладает специфической цепочкой внутренних связей (инфраструктурой), сложившейся в ходе естественно-исторического развития. За счет техногенных изменений рельефа, строения геологической среды, состояния и свойств ее элементов, характера имманентных и трансцендентных взаимодействий происходят коренные, зачастую необратимые преобразования инфраструктуры, далеко не всегда благотворно влияющие на эколого-геологическую обстановку. При этом вероятность выхода геологической среды из состояния равновесия достаточно велика, а нарушения гомеостаза могут иметь не только локальный, но и региональный характер.

В целом в Украине отмечается более 70 видов проявлений разных геологических процессов, многие из которых неблагоприятны по отношению к среде обитания человека. Из 429 городов более 75 % нуждаются в инженерной защите: около 250 подтоплены, 144 испытывают воздействия гравитационных явлений, 50 расположены на просадочных грунтах и т. д. Критерием повышенной геодинамической активности территории следует считать развитие проявлений нескольких экзогенных геологических процессов (ЭГП) или их парагенетических ассоциаций. Это подтверждается результатами режимных исследований, показывающих усиление взаимосвязи динамики роста народнохозяйственного потенциала и регионального развития неблагоприятных геологических процессов.

В районах интенсивной хозяйственной деятельности (Крым, Приднестровье, Предкарпатье, Донбасс, Кривбасс и др.) выявлено свыше 2,5 тыс. оползней, 3 тыс. карстовых и суффозионно-карстовых объектов. С начала 1970-х гг. степень поражения территории проявлениями ЭГП увеличилась в 1,5—2 раза. При этом возросло их негативное воздействие на функционирование объектов народного хозяйства.

Активизация ветровой и водной эрозии в Полесье, Волино-Подолли, Приднестровье, Карпатском регионе обуславливается нерациональным проведением осушительных мелиораций, строительством и эксплуатацией разного рода коммуникаций, вырубками лесных массивов, сельскохозяйственным освоением склонов. Более 40 % площади Украины в зоне активного водообмена сложено карстующимися породами. Здесь происходит усиление техногенной нагрузки, в первую очередь водохозяйственной, что ведет к резкой активизации карстопоявлений и снижению прочности массивов горных пород. Разрушение пляжей, добыча донных песков, изменение гидрологического режима рек при создании водохранилищ в бассейнах Днепра, Днестра, Сев. Донца и других явились причиной усиления абразионного рельефообразования.

Так, даже приведенный краткий обзор показывает, что развитие хозяйственного комплекса Украины происходит в условиях нарастания техногенной дестабилизации геологической среды, затрудняющей её рациональное использование. Несмотря на применение мер для уменьшения потерь от негативных последствий техногенеза, происходит дальнейшее нарастание кризисных явлений в биотическом компоненте экосистем практически всех регионов Украины.

Одной из ведущих проблем, стоящих перед обществом в рамках мер для предотвращения экологического кризиса, является координация усилий разных ведомств по изучению, оценке, рациональному использо-

ванию, контролю и охране геологической среды. Решение проблем рационального природопользования с применением традиционных подходов (стабилизация потерявших устойчивость зон геологической среды) мало эффективно не только потому, что по сути является реакцией человека на им же вызванное возмущение равновесия. Отсутствие единого подхода к исследованиям, их узковедомственный характер порождают дисбаланс между повышением качества, детальности, информативности изучения геологической среды и эффективностью таких работ. Интенсивный динамический характер взаимодействий в сложной бинарной системе *человек — геологическая среда* при неконтролируемой и слабоучитываемой во временном аспекте техногенной нагрузке может привести к обострению экологической ситуации. Во многих решениях, принимаемых на основе формальных расчетов, не учитывается весь объем эколого-геологической информации и, как следствие, существенно искажается реальная обстановка.

Главным условием рационального природопользования является детальная всесторонняя разработка вопросов, связанных с выявлением экстремальных значений параметров устойчивости геологической среды и соблюдение мер по обеспечению ее равновесного состояния при интенсификации инженерно-хозяйственной деятельности. Это — единая цель изучения влияния техногенеза на изменение условий среды обитания человека, предполагающая разработку общей стратегии оценки состояния, контроля, охраны и управления геологической средой. При этом необходимо учитывать расхождения в тактических решениях, обусловленных требованиями разных ведомств, научных направлений и т. д. Практическая реализация такой стратегии возможна в рамках единой структуры изучения объекта (от получения первичной информации для выдачи управляющих решений), организованной на принципиально новом, мониторинговом уровне. Данный подход обеспечивает широкий охват всех видов эколого-геологических исследований, направленных на освещение отдельных проблем, связанных с рациональным природопользованием (борьба с экзогенными геологическими процессами, загрязнением поверхностных и подземных вод, улучшение свойств компонентов геологической среды, восстановление качества подземных вод и т. д.) и объединяемых в виде подсистем единой системы мониторинга геологической среды.

С практической точки зрения система мониторинга представляет собой единственное средство минимизации разного рода просчетов как инженерных, так и управленческих. Эти просчеты различаются по природе, масштабам, последствиям и, в конечном счете, по размерам экономического ущерба. При анализе опыта освоения территории Украины выделяются следующие типы инженерных просчетов, которые сводятся к недоучету условий геологической среды и факторов, влияющих на ее развитие.

1. Просчеты при целевом планировании, когда рост потребностей общества опережает уровень технологических разработок по видам оптимального воздействия на среду обитания (опережающий рост техногенной нагрузки по сравнению с темпами развития защитных компонентов).

2. Инженерно-геологические и гидрогеологические просчеты связаны с такими условиями: а) слабой разработкой вопросов оценки и прогноза динамики развития геологической среды (динамические просчеты); б) недостаточностью информации о структуре и свойствах геологической среды, полученной при изысканиях (статические просчеты); в) некорректными прогнозными разработками, искажающими реальную картину последствий эксплуатации объекта (управленческие просчеты); г) низким уровнем экспертных оценок.

3. Экологические просчеты, обусловленные недостатками в планиро-

вании и инженерных решениях. Их последствия негативно сказываются не только на дестабилизации компонентов геологической среды, но также приводят к опасным конфликтам между окружающей средой и внутренней средой человека (активизация факторов риска, нарушающих гомеостаз этой внутренней среды) при отсутствии научно обоснованных разработок предельно допустимых эколого-геологических нагрузок.

Таким образом, реализация программы мониторинга является не только чисто геологической либо технической проблемой. Принципиально новым звеном этой программы здесь включается социально-экологический аспект управления геологической средой в условиях нарастающего техногенного воздействия — ликвидация опасных воздействий на экосистемы и здоровье человека.

Рассмотрим основные положения, касающиеся специфики научно-методической и практической базы мониторинга геологической среды отдельных регионов Украины.

IV.1. СТРУКТУРА, ЗАДАЧИ И ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

На современном технологическом этапе научно-технической революции охрана и рациональное использование окружающей среды является общепланетарной проблемой, для решения которой необходимо объединить ряд дисциплин, ранее развивавшихся оторванно друг от друга. В. Т. Трофимов и В. К. Епишин [IV.38] приводят обзор расхождений во взглядах на мониторинг геологической среды, который показывает, что данная междисциплинарная сфера деятельности находится на стадии формирования как понятийного базиса, так и спектра научно-методических и практических подходов. Принципиальные различия существуют в подходе к управляющим воздействиям, ведомственной или региональной принадлежности мониторинга и т. д. Острота экологической ситуации и необходимость принятия безотлагательных решений для ее улучшения не позволяют решать только теоретические вопросы организации мониторинга. Единственный логически обоснованный выход — адаптация основных понятий мониторинга к конкретным условиям республики и всестороннее обоснование реализации такой системы.

Теоретическое обоснование мониторинга сводится к необходимости создания комплексной системы сбора, накопления, обработки и использования информации, раскрывающей специфику отдельных элементов и компонентов геологической среды, ее движения, проявляемого через геологические процессы, внутренние и внешние взаимодействия и т. п.

Под мониторингом геологической среды понимается динамическая система с гибкой инфраструктурой, позволяющая осуществлять непрерывный контроль за состоянием объекта исследований и геодинамической активностью, моделирование геосистем с различной техногенной нагрузкой, выдачу прогнозных оценок, разработку мер по охране и рациональному использованию геологической среды, на основании которых принимаются решения относительно характера внешних воздействий, препятствующих выходу геологической среды из состояния равновесия, и оценки их эффективности. Реализация данной проблемы возможна при соблюдении следующих принципов.

1. Принцип единства целей — унификация понятийного базиса, научно-методических и практических разработок в рамках единой целевой программы.

Соблюдение данного принципа требует координированного подхода в организации общего понятийного базиса в качестве исходного момен-

та. Это вызвано тем, что в разных направлениях наук о Земле многие термины имеют различное смысловое значение, что затрудняет обмен информацией и ее оперативное использование. Разнообразие научно-методических основ определения параметров, описывающих состояние геологической среды, форм подачи информации, ее первичной обработки также затрудняет осуществление единой программы. Из этого следует:

- мониторинг геологической среды должен создаваться на базе инженерной геологии, как наиболее соответствующей целевой программе оценки состояния, контроля за изменением параметров и управления геологической средой;

- методология других отделов геологических, естественных и других наук и информация, получаемая в ходе гидрогеологических, геохимических, радиологических и экологических исследований используется в качестве подчиненных элементов;

- целью мониторинга геологической среды [IV.38] является выполнение на новом уровне задач, традиционно решаемых инженерной геологией,— наблюдения, прогноза и управления геологической средой при режимных исследованиях, изысканий для обоснования и строительства комплексов инженерных сооружений, геологического контроля за строительством и работой защитных (управляющих) сооружений.

2. Принцип иерархичности — решения частных вопросов изучения геологической среды входят в иерархию общей системы мониторинга и соответствующим образом координируются.

На основе данного принципа возможно организовать новую структуру исследований геологической среды, элементы которой различаются по уровню и видам получаемой информации. При этом осуществляется логически обоснованное выявление видов эколого-геологических исследований, максимально отражающих специфику изучаемых объектов. Уровень подачи информации следует рассматривать как критерий, по которому дифференцируются и ранжируются операции, начиная от первичных (полевые определения свойств), лабораторных исследований и заканчивая прогнозными разработками и управляющими решениями.

3. Принцип комплексности — комплексирование научно-методических разработок и практической реализации управляющих воздействий, их взаимосовершенствование. Этот принцип — необходимое условие, обеспечивающее эффективное функционирование всей программы мониторинга. Соблюдение требований комплексности обосновывает практическую реализацию управляющих воздействий на современном этапе, а также оперативную техногенную реакцию на изменения равновесного состояния. При этом на всех этапах работ по практическому осуществлению управления геологической средой обеспечивается рациональное внедрение и использование научно-методических разработок.

4. Принцип альтернативности — единая концепция мониторинга осуществляется с учетом нескольких путей (вариантов) развития техногенных воздействий. Следование данному принципу является немаловажным, исходя из следующих положений:

- реализация основного варианта управляющих решений не всегда позволяет учитывать резкие колебания устойчивости и, как следствие, ухудшение эколого-геологической обстановки, т. е. зависит от качества и детальности прогнозных разработок;

- любое управляющее воздействие должно обеспечивать возможность гибкого варьирования методами управления;

- осуществление мероприятий по выбранному варианту проводится параллельно с детализацией и уточнением альтернативного варианта на каждом этапе работ (оперативное переключение на более эффективное и рациональное техногенное управляющее воздействие в таком случае не будет требовать коренных и непрогнозируемых мероприятий).

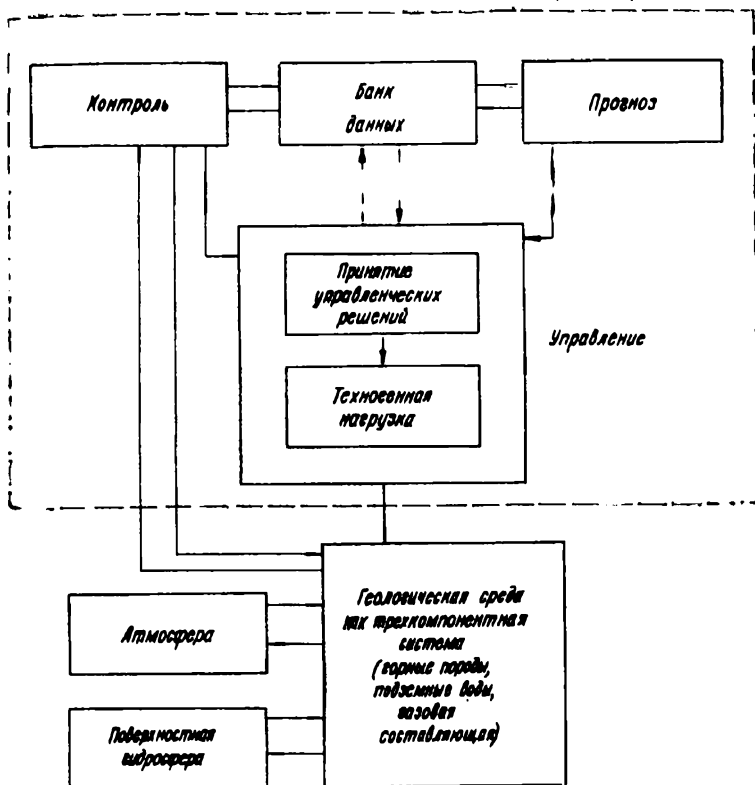


Рис. IV.1. Блок-схема реализации принципа системности в рамках регионального мониторинга геологической среды (система человек — геологическая среда)

5. Принцип системности — геологическая среда и система мониторинга рассматриваются как системы двух различных классов, взаимодействующих сообразно с действием системообразующих сил.

Принцип системности, во-первых, определяет подход к проблеме мониторинга в целом и, во-вторых, будучи ведущим принципом мониторинга, позволяет систематизировать и обосновать весь спектр взаимодействий человека и геологической среды. Реализация системного анализа сводится к выделению систем в рамках поставленной проблемы, построению их иерархий. Все эти операции должны соответствовать задачам исследований геологической среды и учитывать характер и интенсивность внешних воздействий, их изменчивость во времени и пространстве. Сложность выделенных систем определяется специфичностью строения и свойств геологической среды и техногенной нагрузкой (ее видами, масштабами, пространственными параметрами сферы взаимодействий и т. д.). Принцип системных исследований заключается также в соблюдении следующего правила: при решении прикладных и частных вопросов важно не столько их оптимальное решение, сколько рацио-

нальное и эффективное управление геологической средой, т. е. общий результат (рис. IV.1).

Практическое осуществление предлагаемой концепции мониторинга геологической среды в общем виде предусматривает детальное комплексное изучение сложной бинарной системы *человек — геологическая среда*. Активное воздействие на геологическую среду, направленное на улучшение эколого-геологической обстановки, позволяет данную систему рассматривать более широко и представлять ее в виде *управляющая система — объект управления*. Это в наибольшей степени соответствует условиям Украины, где необходимость управления геологической средой обуславливается ее квазикритическим современным состоянием.

Управление геологической средой может осуществляться при условии, если имеется детальное описание объекта, содержащее следующую информацию: а) четкую и логически обоснованную совокупность целевых требований; б) детальную комплексную характеристику объекта и основных концепций его развития (как технологических, так и экологических); в) выявленные и обоснованные принципы отбора вариантов достижения устойчивости геологической среды (т. е. выявлены критерии предпочтения и правила отбора предпочтительных альтернатив).

Система мониторинга геологической среды предусматривает получение именно такого рода информации, т. е. является четко ориентированной на управляющие решения.

Техногенные воздействия (управляющая система) и геологическая среда (объект управления) — это открытые динамические саморегулирующиеся и самоорганизующиеся системы. Геологическая среда воздействует на управляющую систему посредством информации о ее динамике, режиме изменчивости компонентов и т. п., а управляющая — за счет отрицательных обратных связей, препятствующих отклонению геологической среды от гомеостатического состояния. Таковы идеальные с позиций теории управления связи человека и геологической среды. Рассмотрим особенности выделенных систем, важные для практического осуществления программ мониторинга.

Управляющая система (мониторинг геологической среды) имеет следующую инфраструктуру: вход — процесс — выход — обратная связь. Входом системы является техногенная нагрузка, выходом — соответствующее движение геологической среды либо прогноз такого движения как в пределах фазовых координат, так и при положительной обратной связи, выход из гомеостатического состояния. Структура мониторинга должна быть организована таким образом, чтобы геосистемы (как части геологической среды, на которые распространены управляющие воздействия) постоянно соответствовали принципу Ле-Шателье: если на систему в состоянии равновесия осуществляется воздействие, его нарушающее, то в ней возникают процессы, стремящиеся вернуть ее в прежнее состояние.

В качестве подсистем мониторинга выделяются контроль, прогноз и управление геологической средой.

1. Контроль — комплекс мероприятий, позволяющий оценить состояние геологической среды в целях ее моделирования, прогнозирования и управления.

2. Прогноз — научно обоснованное предвидение появления и развития геологических процессов, с определенной точностью и заблаговременностью характеризующее состояние геологической среды в условиях естественного и нарушенного режимов развития территорий.

3. Управление — комплекс воздействий, оптимизирующих состояние геологической среды, исключающих неблагоприятное ее развитие и улучшающих эколого-геологическую обстановку.

Выделенные подсистемы предназначены для оперативного и гибкого реагирования на изменение условий равновесия объектов управления.

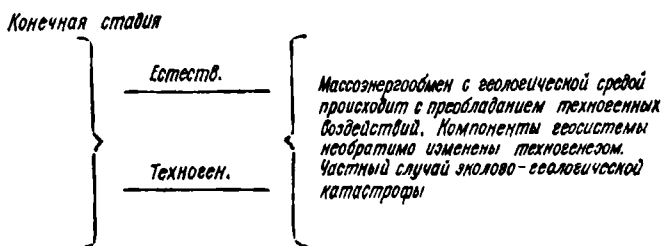
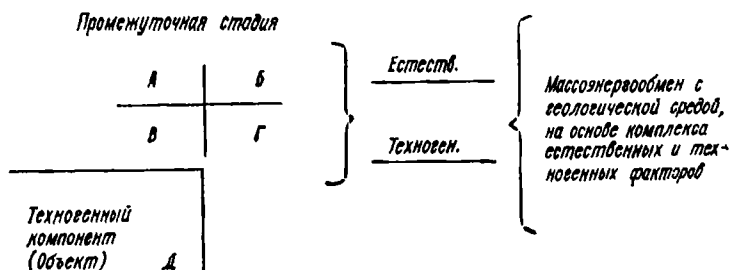
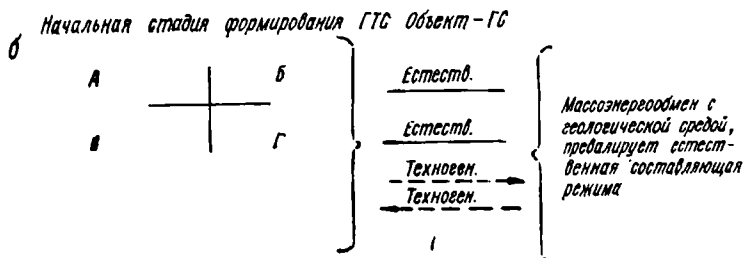
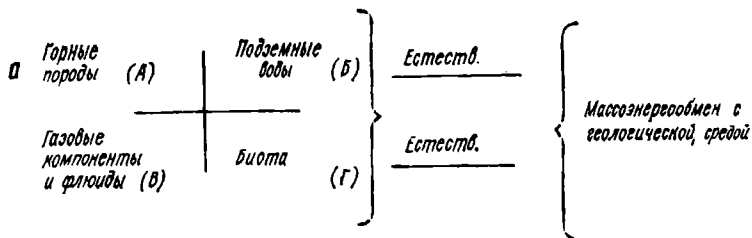


Рис. IV.2. Природные (а), природно-технические (б) и технические (в) геосистемы

Следовательно, состав комплекса исследований, уровень детальности прогнозов и масштабы управляющих воздействий зависят в равной степени от сложности природных условий и многофакторной техногенной нагруженности территории.

Рассмотрим основные черты геологической среды как объекта управления (рис. IV.2). Представляется необходимым дифференцировать в первую очередь зону гипергенеза с учетом интенсивности техно-

генеза на отдельные геосистемы, представляющие непрерывный гомологический ряд от природных до техногенных. Их разделение проводится по качественным критериям и достаточно условно. Вместе с тем такая процедура необходима, так как отдельному виду геосистем или их группе должна соответствовать определенная программа мониторинга.

Природные геосистемы (например, национальные парки) представляют собой часть геологической среды, развивающуюся в условиях естественного режима без сколько-нибудь заметного влияния инженерно-хозяйственной деятельности на динамику процессов, определяющих ее движение. Техногенные геосистемы сформированы полностью искусственными или необратимо измененными компонентами природных геосистем. В настоящее время эти виды имеют локальное распространение (феномены), но пространственные границы первых необратимо сокращаются, а вторых — увеличиваются. Природно-технические геосистемы [IV.7] занимают промежуточную позицию и дифференцируются по степени техногенного изменения структуры и свойств геологической среды. Они как основные объекты прогнозирования и управления нуждаются в типизации. Для территории Украины предлагается следующая общая схема типизации природно-технических геосистем.

1. По сложности строения геологической среды:

- элементарные, взаимосвязь между параметрами незначительна либо отсутствует;
- простые, выявляются парные связи между параметрами;
- сложные, для адекватного описания которых необходимо учитывать взаимосвязи между тремя и более переменными;
- весьма сложные.

2. По устойчивости к воздействию внешних (трансцендентных) факторов:

- устойчивые, гомеостаз которых не нарушается при любой интенсивности техногенной нагрузки;
- квазиустойчивые, равновесие которых нарушается незначительно и быстро восстанавливается;
- неустойчивые, характеризующиеся значительным нарушением равновесия и плавным его восстановлением;
- весьма неустойчивые, равновесие нарушается резко и имеет необратимый характер.

3. По интенсивности выхода из гомеостатического состояния и проявления отдельных видов экзогенных геологических процессов либо их парагенетических ассоциаций:

- быстрореагирующие (оползни, сели, эрозия и т. п.);
- медленнореагирующие (подтопление, отдельные виды карста и т. п.).

4. По управляемости:

- не требующие управления;
- легкоуправляемые;
- трудноуправляемые;
- неуправляемые.

Типизация геосистем — исходная операция, предвещающая прогнозные и управляющие решения, базируется на информации, поступающей из подсистемы контроля.

Динамика развития геосистем с учетом характера инженерно-хозяйственной деятельности определяется двумя видами основных обратных связей:

- информационный базис, освещающий закономерности и тенденции развития геосистем;
- возмущающее воздействие как результат исключительно техно-

генного происхождения, так и взаимоналожения естественных и искусственных факторов.

С позиций системного подхода геосистемы как объекты мониторинга следует рассматривать исходя из следующих принципов.

1. Принцип системности — рассмотрение геосистем как цельной структуры взаимосвязанных характеристик объекта и прогнозного фона в соответствии с реализацией конкретной мониторинговой программы.

2. Принцип природной специфичности — обязательный учет специфики строения геосистем, закономерностей их развития, экстремумов фазовых колебаний полей параметров и т. д. При формальной экстраполяции поведения геосистем во времени несоблюдение данного принципа ведет к получению некорректных результатов, а прогноз превращается в абсурдную операцию. С помощью логического анализа, алгоритмизации сущности геосистемы и физических основ движения геологической среды (т. е. развития геологических процессов) представляется возможным получение моделей, соответствующих реальным условиям.

3. Принцип целевой оптимизации — описание геосистем с таким уровнем детальности, который обеспечивал бы необходимые достоверность и точность получаемой информации при низких затратах времени и материальных средств.

4. Принцип аналогий — использование метода геологических аналогий на всех этапах исследований ведет к оптимизации и ускорению операций анализа, оценки и прогноза, верификации прогнозов и моделей путем сопоставления с объектами-аналогами, корректировке и совершенствованию управляющих решений.

Применение в качестве аппарата принципов системного подхода при выявлении основополагающих вопросов структуры, задач и организации системы мониторинга геологической среды позволяет обосновать необходимость комплексных исследований, направленных на стабилизацию и последующее улучшение эколого-геологической обстановки в республике на принципиально новом уровне. Это ведет к объединению таких понятий, как *мониторинг экзогенных геологических процессов, гидрогеологический, аэрокосмический, геохимический и другие виды мониторинга в единую систему — эколого-геологический мониторинг природных и природно-технических геосистем*. Исходя из приведенных положений реализацию этой программы в Украине следует рассматривать в общем виде как осуществление инженерно-геологических (управляющих) решений проблем экологии, т. е. в сферу деятельности науки о геологической среде вовлекается целый комплекс вопросов, относящихся к обеспечению оптимальных условий деятельности экосистем и биосферы в целом.

Мониторинг геосистем может быть дифференцирован на национальный, региональный, специальный и локальный, в зависимости от уровня расчленения геологической среды. На всех этих уровнях функциональные подсистемы мониторинга представлены иерархией контроль — прогноз — управление природно-техническими геосистемами.

Национальный мониторинг представляет собой систему, генерализующую информацию, которая поступает из соответствующих подсистем более низкого иерархического уровня. Логическая основа его — обеспечение подсистем различного уровня, определяющих на основании знаний об исследуемом объекте направление исследований, выбор прогнозных методов и схем управления состоянием геологической среды. Картографической основой следует считать комплекс постоянно уточняющихся карт-моделей, обеспечивающих динамичную информацию о развитии геологической среды в рамках государства (республики). Информационная основа включает комплекс показателей, определяющих условия и факторы, отдельные проявления движения геологической

среды, вводимые в базу данных для решения управляющих, проектных, градостроительных, прогнозных и моделирующих задач.

Региональный мониторинг является программой, в которой его функциональные подсистемы ориентированы на обеспечение оптимального функционирования природно-технических геосистем регионального уровня (административная область, экономический регион).

Специальный мониторинг решает аналогичные задачи в зоне влияния крупного объекта инженерно-хозяйственной деятельности (гидротехнический комплекс, горнопромышленный комплекс, крупные городские агломерации).

Детальным мониторингом охватываются отдельные зоны, входящие в сферу специального мониторинга. Мониторинг на локальных участках репрезентативных эколого-геологических обстановок представлен системой наблюдений, прогноза и управления на уровне имитационных процедур с минимальной степенью неопределенности, позволяющей реализовать управляющие воздействия на геологическую среду.

Для каждого из выделенных уровней предусмотрены организационные мероприятия по ведению соответствующей программы мониторинга: а) составление целевой программы организации работ; б) инженерно-геологическое районирование исследуемых природно-территориальных комплексов и систем, классификационные построения для геологических процессов, отражающих специфику движения геологической среды; в) выбор методов исследования; г) реализация методов; д) обработка и первичный анализ полученной информации.

В. Т. Трофимов и В. К. Епишин [IV.38] рассматривают составление единой программы мониторинга как общий процесс с фокусировкой на процедурах тематизации, целеобразования, ситуационного анализа и анализа ситуаций, проблематизации, разработки принципиальных заданий, постановки задач, планирования работ по стадиям разработки, эксплуатации и развития мониторинга геологической среды. Разработка такой программы базируется на *принципе конкордантности*, для которого необходимо специальное согласование функциональной структуры мониторинга с функциональной структурой управляемой геосистемы, точнее, ее геологической среды в локальных, региональных и национальных границах.

Таким образом, на территории Украины возможна разработка двух типов программ мониторинга, в функциональном отношении различающихся по необходимости включения системы управления. В состав мониторинга природных геосистем представляется нецелесообразным включение блока управления, в то время как для природно-технических геосистем этот блок является наиболее важной частью всей программы, от которого зависит не только оптимальное функционирование этих систем, но и экологическое состояние территории. Учитывая такую постановку проблемы, рассмотрим особенности функциональных подсистем мониторинга на примере регионального мониторинга геологической среды [IV.35].

IV.1.1. Ведущие подсистемы мониторинга геологической среды

Контроль за состоянием геологической среды обеспечивает поступление необходимой информации для прогноза и управления средой, уровень ее достаточности и надежности при оценке параметров состояния компонентов геологической среды. При организации системы контроля целевая программа определяет выбор материалов, который зависит от геологического строения территории, природно-климатических особенностей, техногенной нагрузки. Оценка происходит по следующим позициям: оценка гелиогенных (природно-климатических) геознергети-

ческих параметров природных факторов и компонентов; оценка литогенных энергетических параметров, определяющих динамику развития геологической среды; оценка техногенных геоэнергетических и эколого-геологических параметров, характеризующих развитие геологических процессов.

Концепция управления определяет необходимость исследования энергетических составляющих природной среды и человека, в состав которых входят гелиогенные, литогенные и техногенные энергетические параметры. Гелиогенные включают солнечную активность, изменение температурного и влажностного режимов, характера и интенсивности осадков, деятельность ветра и т. д.; литогенные — совокупность условий и факторов, характеризующих механизм и динамику изменения равновесного состояния. В целом эти энергетические параметры определяют естественно-историческую природно-климатическую обстановку. Ее изменения в результате деятельности человека характеризуют техногенно нарушенную природно-климатическую обстановку.

Техногенные энергетические параметры — виды деятельности, выполняемые в целях использования геологического пространства для строительства, потребления минеральных и энергетических ресурсов, нужд сельского хозяйства.

В рамках программы мониторинга природно-климатические условия и факторы исследуются на основании данных, полученных по режимным сетям Госкомгидромета, ведомственного контроля, а также на специализированных станциях.

Исследования литогенных энергетических показателей ведутся исключительно в пределах стационаров по изучению динамики геологической среды. При этом исследуются закономерности развития геологических, гидрогеологических, геохимических и других процессов, организуется региональный режим и режимная сеть.

Характерная особенность системы контроля за состоянием геологической среды — необходимость ее адаптации в пределах различных санитарно-геологических (эколого-геологических) обстановок. Организацию системы контроля для ведения мониторинга следует проводить в несколько этапов.

1. Реализация системы контроля для определения региональных закономерностей геологических процессов, их картирования, установления связей с различными условиями и факторами.

2. Реализация национальной (региональной, специальной, детальной либо локальной) классификации процессов, их типизация и дифференциация.

3. Выбор стационаров и организация системы наблюдений, корректировка режимной сети, а также опытно-промышленных полигонов.

4. Уточнение механизма и динамики неблагоприятных с эколого-геологических позиций процессов и явлений.

5. Составление постоянной действующих моделей, их информационное обеспечение, корректировка прогноза и управляющих воздействий.

Система контроля при организации мониторинга должна охватывать по возможности все компоненты геологической среды (горные породы, подземные воды, газовую составляющую), а также внешние условия и факторы (особенно на первых трех этапах). Программа «Литомониторинг СССР» в качестве первоочередных объектов наблюдений рассматривала гидросферу и горные породы в зоне гипергенеза, т. е. в зоне максимальной техногенной нагрузки.

Таким образом, уже на начальных этапах работ необходимо предусмотреть получение информации о загрязнении подземных вод (с дифференциацией по видам загрязнения) и поверхностной гидросферы, естественном и нарушенном режиме, истощении запасов подземных вод, структуре и свойствах горных пород, геологических процессах и т. д.

Принципиально новым здесь является комплексирование исследований в пределах стационаров и придание исследованиям экологической направленности. Это заключается в разработке на каждом этапе результирующей эколого-геологической модели (карты, расчетные схемы и т. п.), отражающей как степень устойчивости рассматриваемых геосистем, так и уровень их экологической опасности.

Основная задача при организации системы контроля — создание репрезентативной режимной сети как основного источника получения информации на всех этапах реализации программы мониторинга. Основным требованием к наблюдательной сети является максимальная ее комплексность, позволяющая одновременно в одной точке пространства получить набор характеристик текущего состояния геологической среды, т. е. охарактеризовать одновременно возможно большее число процессов, отражающих специфику движения геологической среды [IV.35]. В дальнейшем это позволит формировать временные ряды параметров для последующей их обработки на более высоком функциональном уровне.

В качестве примера организации систем контроля следует рассмотреть вопросы, решаемые на одних из экологически наиболее опасных объектов. Для Украины такими являются объекты атомной энергетики.

IV.1.2. Организация системы контроля в рамках природно-технических геосистем (ПТГС) и АЭС — геологическая среда

Воздействие предприятий атомно-энергетического цикла (АЭЦ) на геологическую среду по общим физическим параметрам близко к воздействию крупных промышленных или промышленно-городских агломераций [IV.2, IV.3, IV.17]. Однако существенной экологической особенностью объектов АЭЦ во взаимодействии с геологической средой является использование в технологическом цикле радиоактивных материалов, их последующее преобразования на этапах топливного цикла и формирование большого объема радиоактивных отходов, загрязняющих окружающую среду. Геологическая среда — основное «депо» для главного вида воздействий объектов АЭЦ, в связи с чем мониторинг АЭС — геологическая среда (АЭС—ГС) имеет ключевое значение для безопасной эксплуатации атомно-энергетических объектов, жизнедеятельности людей и эффективной охраны окружающей среды.

Основные подсистемы контроля геолого-техногенной системы (ГТС) объектов АЭЦ:

геохимическая — обусловлена выделением в воздушную и водную среды стабильных и нестабильных (радиоактивных) элементов, для которых геологическая среда по окончании миграции становится долгосрочным «депо»;

гидрогеологическая — оценка изменений режима подземных вод в зоне влияния ГТС АЭС—ГС, включая утечки из коммуникаций, воздействие инфильтрации из водохозяйственных систем;

инженерно-геологическая — выявление локальных изменений водно-физических и физико-механических свойств грунтов основания с оценкой состояния массива пород и протекающих в нем процессов в границах тепловлагодонотеноса;

геофизическая — оценка изменений физических полей (тепловых, электрических, радиационных и др.) и их связи с процессами, протекающими в геологической среде;

сейсмическая (инженерно-сейсмогеологическая) — оценка воздействий динамических и циклических изменений и связанных с ними напряжений в ГТС АЭС—ГС, контроль за изменениями инженерно-геологи-

ческой обстановки в условиях сейсмоявлений (просадки, суффизия, диапиризм, гидрогеодеформационные поля и т. д.);

деформационная — обобщение отражающего влияния напряженного состояния массива пород, связанного с нагрузкой объектов АЭС, сейсмическими факторами и долговременными процессами геологической среды;

гидрологическая — обусловлена влиянием зарегулирования поверхностного стока, устройства прудов-охладителей, изменений тепловлагоденоса в зонах застройки и перепланировки местности;

ландшафтная — изменения основных поверхностных форм рельефа и их устойчивость во взаимодействии с объектами АЭС в границах влияния ГТС АЭС—ГС.

IV.1.2.1. Атмогеохимический контроль

В комплекс факторов влияния АЭС на окружающую среду входят их газообразные выбросы и аэрозоли, которые после прохождения систем очистки удаляются в окружающую среду, обуславливая частичную экологическую раскрытость энергетических систем станции. Газообразные выбросы включают радиоактивные благородные газы криптона-85, ксенона-135, аргона-41, а также газообразные радионуклиды трития-3, углерода-14.

На радиохимические параметры верхней зоны геологической среды наиболее активно влияют выделяемые АЭС биологически значимые аэрозольные радионуклиды стронция-90, цезия-137, 134, цезия-144, циркония-95, ниобия-95, рутения-106, кобальта-60 и другие с длительным периодом полураспада — от месяцев до десятков лет. Ограниченное поступление радионуклидов и стабильных элементов конструкций энергоблоков обусловлено проявляющейся разгерметизацией металлических оболочек небольшой доли тепловыделяющих элементов вследствие высокой напряженности их теплового и гидравлического режимов и последующим выходом части продуктов деления топлива и коррозии конструкций в теплоноситель и атмосферу.

Данные исследований распределения нуклидов цезия свидетельствуют об их концентрации в верхнем слое почвогрунтов с миграцией до глубины 2—3 см, иногда до 5 см. Накоплением даже крайне незначительных количеств техногенных радионуклидов на поверхности почвы и биоты объясняется их повышенный эколого-геологический эффект. Практический интерес представляет изучение в зоне влияния воздушных выбросов АЭС механизма площадного распределения на почвогрунтах долгоживущих радионуклидов, вносящих основной вклад в формирование радиогеохимической (радиогеоэкологической) обстановки.

Для количественной оценки пространственного распределения на почвогрунтах техногенных радионуклидов в одном из регионов Украины была организована наблюдательная сеть радиогеохимического опробования. Радиус наблюдений в зоне устойчивого радиогеохимического влияния воздушных выбросов единичной АЭС согласно теоретическим и экспериментальным оценкам был принят примерно 100 км.

Исходя из рекомендаций МАГАТЭ при организации сети наблюдений для оценки и прогноза накопления в почвах и грунтах воздушных выбросов радионуклидов АЭС особо учитывались следующие факторы: 1) число действующих, строящихся и проектируемых блоков станции; 2) высота вентилиационной трубы; 3) образование границ зоны устойчивого накопления радионуклидов на расстояниях от 3—6 до 80—100 км и более; 4) сезонные и многолетние параметры гидрометеорологической обстановки (повторяемость, сила ветров и др.).

С учетом многолетней эксплуатации АЭС (до 30—40 лет) и значи-

тельной длительности распада ряда техногенных радионуклидов оценка и прогноз их накопления в верхней зоне литосферы относятся к радиохимической подсистеме мониторинга геологической среды. В зоне влияния воздушных выбросов АЭС формируется атмогеохимическая система АЭС — почвогрунты (АГС АЭС—ПГ), характеризующаяся закономерным уменьшением концентраций радионуклидов в почвогрунтах по мере удаления от станции с распределением на прилегающей территории, близким к круговому.

В связи с этим для построения достоверной схемы АГС АЭС—ПГ представляет практический интерес совместный анализ уравнений, описывающих связь воздушного переноса и наземного накопления радионуклидов.

Современная модель струи воздушных выбросов имеет вид конуса с нормальным распределением концентраций в направлениях, перпендикулярных ее движению (модель Паскуилла). В данных условиях средняя приземная концентрация радионуклидов в воздушной струе $C_{атм}$ (Бк/м³) непрерывного источника, приподнятого на верх вентиляционной трубы АЭС высотой H , составит

$$C_{атм} = \frac{Q_n}{\pi \sigma_y \sigma_z V_{ср}} \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{H^2}{2\sigma_z^2} \right) \right], \quad (IV.1)$$

где Q_n — мощность выброса радионуклидов, Бк/с; σ_y , σ_z — коэффициенты дисперсии гауссова распределения в поперечных к ветру (струе) направлениях (σ_y — горизонтальном, σ_z — вертикальном), м; $V_{ср}$ — средняя скорость ветра, м/с.

В последнее время в рекомендациях МАГАТЭ и методических руководствах некоторых стран используются поправки к коэффициентам σ_y и σ_z , определенные Ф. Паскуиллом на основе экспериментов по искусственному дымлению, проведенных в США и Канаде. В ходе этих исследований учитывались шесть категорий устойчивости погоды: А, В, С, D, E и F (табл. IV.1).

Таблица IV.1. Категории устойчивости погоды

Индекс устойчивости	Характеристика устойчивости атмосферы	Среднее изменение угла направления ветра, град
A	Сильная неустойчивость	25,0
B	Умеренная неустойчивость	20,0
C	Слабая неустойчивость	15,0
D	Нейтральные условия	10,0
E	Слабая устойчивость	5,0
F	Стабильность	2,5

Обобщенные зависимости категорий погоды и коэффициентов распределения радионуклидов в струе приведены на рисунках IV.3, IV.4 в форме семейств кривых радионуклидов в струе вблизи вентиляционной трубы АЭС.

Для упрощения сложных теоретических зависимостей В. Ф. Козлов и др. [IV.17, IV.20, IV.29, IV.33] предложили ускоренный метод расчета среднегодовых приземных концентраций радионуклидов в газовоздушной струе АЭС путем введения в уравнение (IV.1) множителя, с помощью которого в случае продолжительного выброса (год и более)

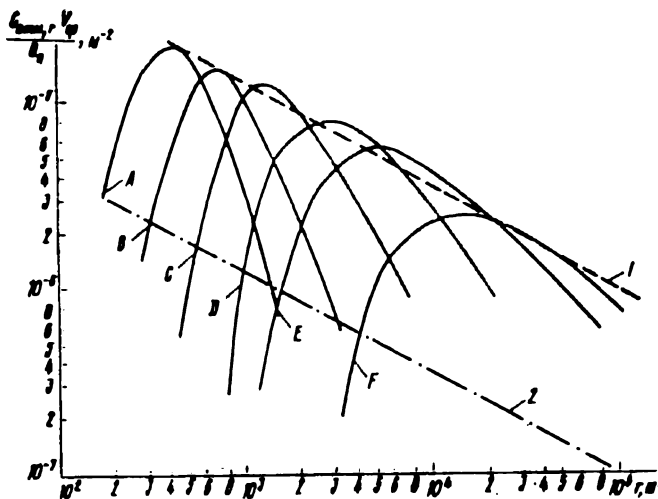


Рис. IV.3. Зависимости приземной концентрации $C_{\text{атм}}$, г для выброса на высоте 100 м и расстояния $r(x)$ от непрерывного источника (АЭС) при погоде разной категории устойчивости (А—F):

1 — огибающая кривой максимальных концентраций; 2 — нижняя граница формирования сплошного радиоекохимического поля АЭС

учитывается усреднение скорости и частоты ветров

$$0,01f/(2\pi r/n), \quad (\text{IV.2})$$

где r — расстояние от точки выброса, м; f — частота ветра в данном секторе, %; n — число секторов, на которые делится окружность ($n=8$, угол 45° или $n=12$, угол 30°).

На практике с некоторым «запасом прочности» используется метод огибающей кривой максимумов для различных категорий устойчивости погоды А—F (рис. IV.3). В результате для любого расстояния r предполагается формирование максимума концентрации при равномерной повторяемости погоды всех категорий. В этом случае среднегодовая приземная концентрация радионуклидов может быть выражена зависимостью

$$C_{\text{атм}} = \frac{Q_{\text{в}} \cdot 0,01 \cdot f_i n}{4\pi r H V_i}, \quad (\text{IV.3})$$

где f_i — частота ветров в i -м секторе розы ветров, %; n — число секторов розы ветров; V_i — среднегодовая скорость ветра в i -м секторе, м/с.

Использование в зависимости (IV.3) допущения о равновеликой повторяемости категорий устойчивости атмосферы в разных направлениях может привести к завышенным результатам — примерно в 2—3 раза для территории Украины.

Из расчетных зависимостей (IV.1) — (IV.3) определяется устойчивое понижение концентраций радиоактивных примесей в струе выбросов АЭС с уменьшением их величин в 60—70 раз на расстояниях от 3 до 100 км.

Одновременно из приведенных оценок пространственно-временных изменений концентраций радионуклидов в многолетних воздушных вы-

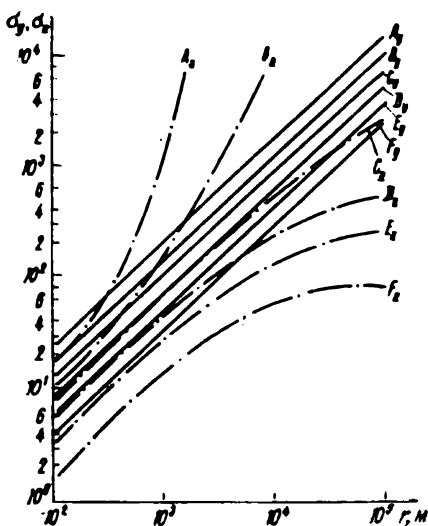


Рис. IV.4. Зависимости стандартных отклонений поперечного σ_y и вертикального σ_z распределений концентрации радионуклидов C от расстояний до АЭС при погоде разной категории устойчивости (А—Г)

но-гальчниковые и открытые трещиноватые зоны), а также резкое уменьшение тепловлагопереноса с глубиной [IV.12, IV.24, IV.30, IV.34]. В связи с этим основное количество всех техногенных радионуклидов накапливается в поверхностном слое до глубины 1—3 см. Здесь их концентрации уменьшаются в 10—1000 раз и более. Факты убедительно подтверждают мысль В. И. Вернадского о том, что благодаря рассеянию химические элементы образуют чрезвычайно разжиженные твердые растворы, которые подчиняются законам газов, т. е. происходит квазигазообразная миграция.

Анализ параметров многолетних радиогеохимических полей некоторых АЭС на территории Украины показал, что изменения концентраций техногенных радионуклидов и стабильных элементов подчиняются линейному тренду вида

$$\ln C_{\text{пг},r} = \ln C_0 - k \ln (r/r_0), \quad (\text{IV.5})$$

где $C_{\text{пг},r}$ — усредненная концентрация техногенных радионуклидов в почвогрунтах на расстоянии r от АЭС, Ки/км²; C_0 — максимальная концентрация техногенных радионуклидов на расстоянии r_0 от АЭС по данным долговременных радиогеохимических наблюдений (не менее 1 года); $r_0 = 1,5$ —4,0 км.

Общий вид билогарифмического уравнения (IV.5) на рис. IV.5 показывает, что угловой коэффициент k прямой вида $C_{\text{пг}} = f(r)$ в физическом плане отражает радиогеохимический градиент АЭС, характеризующий уменьшение концентрации радионуклидов с увеличением расстояния от станции.

бросах АЭС следует, что их перераспределение и выпадение в АЭС АЭС—ПГ в первоначальный момент имеет очаговый характер, а затем формирует радиогеохимическое поле АЭС.

Под радиогеохимическим полем АЭС следует понимать прилегающую к станции зону влияния, каждая точка которой характеризуется определенными содержаниями (в почвогрунтах) радионуклидов $C_{\text{пг}}$ как функции координат (x, y) и времени t

$$C_{\text{пг}} = f(x, y, t). \quad (\text{IV.4})$$

Большой комплекс радиогидрогеохимических работ выполнен подразделениями Укргеология Мингео СССР. Их сопоставление с данными исследований институтов различных ведомств указывает на то, что после аэромиграции техногенных радионуклидов в формировании радиогеохимического поля АЭС ведущую роль играют процессы их активной сорбции органическим веществом поверхности почвогрунтов (исключая карстовые, воздуш-

Результаты анализа параметров радиогеохимических полей действующих АЭС показывают, что значения K преимущественно составляют 13—21 и увеличиваются в районах с пониженными среднегодовыми скоростями ветра.

Важной особенностью радиогеохимического поля АЭС, как показали проведенные исследования [IV.4], является более высокая степень изменчивости концентраций радионуклидов в почвогрунтах по сравнению с приземным слоем атмосферы. В интервале расстояний 3—100 км эта величина изменяется в 10^3 — 10^4 раз, т. е. в 15—100 раз превышает аналогичные параметры для атмосферы.

Данные результаты позволяют сделать вывод о главном влиянии гравитационного осаждения аэрозолей техногенных радионуклидов, выходящих в атмосферу из активной зоны реактора, на повышение их концентрации в почвогрунтах. Таким образом, расчетная модель отмеченного процесса должна базироваться на учете двух основных факторов: 1) динамического равновесия концентраций радионуклидов АЭС в приземной атмосфере, описываемых зависимостями (IV.1) — (IV.3); 2) относительной устойчивости скорости осаждения радионуклидов V_{oc} на поверхности почвогрунтов, составляющей около 0,01 м/с.

В этом случае количество радионуклидов, поступающих из приземного слоя атмосферы на поверхность почвогрунтов, может быть рассчитано по уравнению

$$dC_{пг, r} = C_{атм, r} \cdot V_{oc} \cdot dt \text{ (Бк/м}^2\text{)}. \quad (IV.6)$$

Значительная продолжительность эксплуатации АЭС и взаимосвязанных с ней процессов формирования радиогеохимических полей, описанных уравнением (IV.6), требует учета в его структуре длительности жизни радионуклидов. Для этого при оценке концентрации радионуклидов в почвогрунтах за определенный период необходимо введение поправки на их распад от начала осаждения. После решения уравнение (IV.6) принимает вид

$$C_{пг, r} = 1,43 C_{атм, r} T \cdot V_{oc} \left[1 - \exp\left(-\frac{0,693}{T} t\right) \right] \text{ (Бк/м}^2\text{)}, \quad (IV.7)$$

где $C_{пг}$ — концентрация радионуклидов, накопленная почвогрунтами, Бк/м²; T — период полураспада радионуклидов.

Для простоты использования уравнения (IV.7) приведем расчетные значения коэффициента α_t для различных t/T , при которых

$$C_{пг, r} = \alpha_t \cdot C_{атм, r} \cdot T \cdot V_{oc} \text{ (Бк/м}^2\text{)}. \quad (IV.8)$$

t/T	α_t
0,01	0,01
0,05	0,05
0,10	0,09
0,20	0,19
0,50	0,43
1,0	0,70

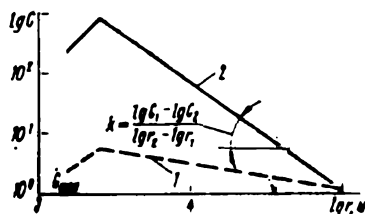


Рис. IV.5. Изменения концентраций техногенных радионуклидов в зоне атмосферного влияния АЭС:

1 — атмосферных концентраций радионуклидов, $C_{атм, r}$; 2 — концентраций радионуклидов в почвогрунтах, $C_{пг, r}$.

2,0	1,24
5,0	1,42
10,0	1,4

Расчеты показали, что при $t/T > 10$ значение концентрации техногенных радионуклидов на поверхности почвогрунтов практически стабилизируется и связано с их начальной концентрацией вследствие осаждения из воздушной струи следующим соотношением:

$$C_{\text{пг}} = 1,4 C_{\text{атм.г}} \cdot V_{\text{ос}} \cdot T \text{ (Бк/м}^2\text{)}. \quad (\text{IV.9})$$

При прогнозе накопления техногенных радионуклидов в верхней зоне литосферы на основе проектных воздушных выбросов АЭС и равномерного распределения по круговой розе ветров заметного повышения уровня активности почвогрунтов не устанавливается. Натурные данные свидетельствуют о том, что фактическая концентрация техногенных радионуклидов в почвогрунтах равноудаленных зон радиогеохимических полей АЭС, особенно в начальный период эксплуатации, изменяется в 10—20 раз и более. Это указывает на заметное локальное влияние неравномерностей поверхностного стока, ветропылевого подъема и сорбционной способности почвогрунтов. Недочет в начальный период ограниченного атмосферного поступления техногенных радионуклидов на фоне их равномерных глобальных выделений может привести к неоднозначной интерпретации радиогеохимических полей.

В целом выполненные исследования показывают, что дальнейшее развитие ядерной энергетики и повышение требований к охране окружающей среды требует развития методов оценки влияния воздушных выбросов АЭС, рельефа местности, ветропылевого подъема и др. В связи с этим основной задачей подсистемы контроля в зоне влияния АЭС на современном этапе эколого-геологических работ является прослеживание и анализ долговременных трендов радиогеохимических полей.

Радиогеохимические исследования проводятся, как правило, на территориях, подвергшихся загрязнению радионуклидами или в зоне влияния действующих АЭС. Основным регламентирующим документом для планирования и проведения работ являются «Временные методические рекомендации по проведению геолого-радиозэкологических исследований в зоне влияния АЭС».

В состав радиогеохимических исследований входят радиометрические наблюдения, отбор литохимических проб почв и грунтов зоны аэрации, донных отложений водоемов и водотоков, фитохимических проб, проб воды для определения трития, крупнообъемных гидрохимических проб, радиометрические исследования и определения радионуклидов.

IV.1.2.2. Контроль динамики тепловлагопереноса в зонах влияния объектов АЭС

Один из главных факторов влияния объектов АЭС на геологическую среду — сбросное тепло, которое составляет основную долю энерговыделения (до 70 %) в окружающую среду. Высокая теплоемкость воды (в 3,3 тыс. раз выше воздуха) обуславливает ее использование в качестве главного теплопроводящего элемента в системе АЭС — сети производственно-технического водоснабжения и инфильтрацию утечек нагретых техногенных вод (до 50 °С) в подземную гидросферу с последующим нарушением температурного равновесия в системе вода — порода. Дополнительным фактором повышения температуры грунтов и грунтовых вод является утепляющее влияние зданий, дорожных покрытий и др. Таким образом, эксплуатация комплекса АЭС приводит к формированию техногенного теплового поля геологической среды, оценка режима и параметров которого необходимы для правильного размещения и до-

стоверного прогнозирования развития ПТГС атомно-энергетический объект — геологическая среда.

Из всего множества водотепловых объектов АЭС рассматривается обобщенное геогидротермальное влияние только основных, включающих площадку размещения реакторных блоков, охладительного бассейна (градирни) и прилегающую зону конвективного переноса тепла, часто коррелируемую с площадью техногенного подъема уровня грунтовых вод. Обработка фактических данных изменения теплового режима геологической среды проводилась на методической основе геофильтрации, так как специфическая особенность теплопереноса в системе АЭЦ—ГС заключается в преобладании конвективного переноса тепла вследствие повышенных значений теплоемкости воды по сравнению с минеральным скелетом [IV.6, IV.24, IV.27]. Анализ условий теплопереноса в системе АЭС—ГС показал, что его активному развитию в процессе строительства и эксплуатации способствуют такие инженерно-геогеологические факторы: 1) значительная заглубленность тепловыделяющих систем; 2) техногенное усиление инфильтрационного питания грунтовых вод, сопровождающееся подъемом их уровней и увеличением скоростей фильтрации; 3) повышенное водопотребление по сравнению с другими энергообъектами ($2 \text{ м}^3/\text{с}$ против $1,1 \text{ м}^3/\text{с}$ на ТЭЦ при безвозвратных потерях $1 \text{ м}^3/\text{с}$ на 1000 мВт).

Разработка количественных методов прогноза тепловлагоденоса в системе АЭЦ—ГС представляет большой практический интерес для Украины в связи с широким разнообразием эколого-геологических условий ее территории, активными техногенными изменениями уровней и химического состава подземных вод и процессов в верхней зоне литосферы, а также с необходимостью выбора оптимальных вариантов размещения АЭС.

Возможность значительных техногенных изменений природных полей температур в верхней зоне системы АЭЦ—ГС подтверждается сравнением среднесуточных балансовых величин атмосферного тепловыделения $\sim$ в $\sim$ естественном $\sim$ режиме, $\sim$ составляющего $8,37 \cdot 10^6 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ с тепловыделением АЭЦ мощностью 4000 мВт в санитарно-защитной зоне площадью до 30 км^2 . Его усредненная величина равна $(3-4) \cdot (12,55-16,74) \cdot 10^6 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ и в $1,5-2$ раза превышает параметры теплопереноса окружающей среды.

Для полноты оценки эколого-геологического влияния тепловыделения АЭЦ и выявления его взаимосвязи с изменениями геологической среды на основе данных В. И. Лялько, И. М. Дворова, В. И. Дворова [IV.12, IV.24, IV.25] проведено сравнение природного атмосферного $W_{\text{атм}}$ и глубинного W_z теплопереноса для зоны Среднерусской возвышенности:

$$W_{\text{атм}}/W_z \approx 8,37 \cdot 10^6 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}) / 1674 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}) \approx 5000.$$

(IV.10)

Результаты расчетов показывают, что значительное поступление техногенного тепла АЭЦ в систему грунтовые воды (ГВ) — минеральный скелет может стать причиной более масштабного изменения температурного режима геологической среды по сравнению с атмосферным и существенно повлиять на состояние грунтов в основании несущих конструкций.

Главные данные о техногенном тепловом поле АЭЦ могут быть установлены из анализа схематической карты геогидроизотерм грунтового горизонта и геогидротермальных профилей, строящихся по створам наблюдательных гидрогеологических скважин.

Анализ данных профиля (рис. IV.6) позволяет отметить следую-

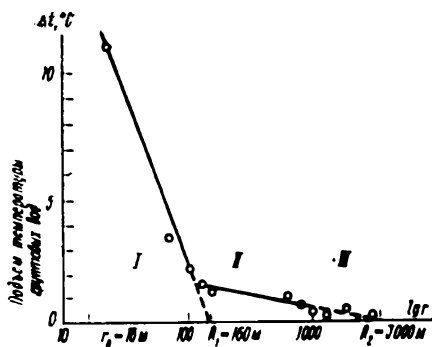


Рис. IV.6. Геогидротермальный профиль грунтовых вод в зоне влияния нагрева объектами АЭС

щие основные закономерные связи техногенного теплового поля системы АЭЦ—ГС:

- фиксация наиболее высоких температур грунтовых вод в зоне охлаждающего бассейна и промышленной площадки;

- относительная равномерность прогрева грунтовых вод в зоне их транзитного движения, ограниченного в почве горизонта местным выдержанным водоупором;

- близость к плоскорадиальному полю устойчивого повышения температуры грунтовых вод от внешнего контура промышленной площадки

и до зоны естественного движения грунтового потока (область конвективного переноса тепла);

- тесная связь режима развития теплового поля ГТС АЭС—ГС с геофильтрационными параметрами подстилающих пород, проявляющаяся в сходном изменении градиентов уровней и температур;

- близкое к квазистационарному (во времени) повышение температуры грунтовых вод в геотехнической системе АЭЦ—ГС, что свидетельствует об устойчивом характере тепловлагопереноса и сопутствующих изменений температурного режима верхней зоны литосферы.

Для оценки параметров теплопереноса в техногенном тепловом поле АЭЦ—ГС целесообразна совместная обработка данных о режиме уровней и температур грунтовых вод с расчетом теплового баланса по картам геогидроизотерм и построение полулогарифмических графиков прироста температур $t=f/lgr$, аналогичных применяемым при прослеживании депрессий водозаборов [IV.3, IV.5]. Некоторое повышение температуры верхней зоны грунтовых вод под влиянием кондуктивного прогрева грунта сооружениями АЭЦ может не учитываться, так как теплофизические свойства грунтов (теплоемкость и теплопроводность) значительно ниже аналогичных параметров потока грунтовых вод. Поэтому основным условием использования приведенной зависимости является преобладание конвективного переноса тепла в плоскорадиальном потоке с незначительным его кондуктивным рассеянием при снижении уровня грунтовых вод ниже глубины сезонного изменения температуры.

Аналогичный вывод о незначительном влиянии сезонных изменений температуры на техногенный тепловой режим получили Б. Л. Горловский и Л. М. Шехтман [IV.9] при изучении геогидротермального режима промышленных площадок ТЭЦ.

На полулогарифмическом графике техногенных изменений температуры по мере удаления от АЭЦ $t=f/lgr$ (рис. IV.6) обычно можно выделить три области с разными условиями теплопереноса:

1. Внутренняя область, практически ограниченная размерами тепловыделяющих объектов, характеризуется интенсивным поступлением теплых техногенных вод с одновременным подъемом уровня и ускоренным охлаждением грунтовых вод, залегающих в зоне сезонных изменений температуры (область максимального геогидротермального

градиента по Б. Л. Горювскому, Л. М. Шехтман и др. [IV.9]);

II. Центральная область плоскорадиального пластового («поршневого») движения разогретых грунтовых вод, охватывает основную часть теплового поля системы АЭС—ГС и отличается линейным характером зависимости;

III. Внешняя область неустойчивого поведения теплового поля, изменчивость температуры грунтовых вод в ней близка к фоновым и может иметь несплошной характер.

Для практических оценок и расчетов представляет интерес экстраполяция линейных отрезков в I и II зонах (рис. IV.6) до пересечения их с осью расстояний r . Полученные при этом значения R_1 и R_2 в физическом плане могут быть проинтерпретированы как радиусы выделенных геогидротермальных зон техногенного теплового поля системы АЭС—ГС, которые отличаются водотепловым режимом.

В связи с большой продолжительностью функционирования геотехнических систем АЭС—ГС полученные данные имеют практическое значение при количественном сравнении естественных и техногенных потоков тепла. Для схематизации расчетов использовано решение стационарного конвективного теплопереноса потоком грунтовых вод плоскорадиальной формы.

При оценке результатов проведенных работ и их обработке следует учитывать, что получение строгих решений теплопереноса в системе АЭС—ГС представляет значительную трудность из-за крайне сложных ограничивающих поверхностей теплонесущих объектов, изменения теплофизических характеристик объектов в процессе эксплуатации и необходимости учета фазовых переходов вод и пород. Поэтому для инженерного решения задач тепловлагоденоса в системе АЭС—ГС целесообразно применение упрощенных расчетных схем и моделей, в которых учитывается аналогичная близость уравнений, описывающих тепловые, электрические и геофильтрационные процессы.

В общем случае применительно к системе АЭС—ГС техногенный тепловлагоденос может привести к термогеомеханическим процессам. К этим процессам можно отнести:

- снижение несущей способности (прочностных характеристик) горных пород вследствие их выщелачивания и увеличения общей пористости пород массива;

- проявление температурных напряжений, сопровождающихся пучением, контактными подвижками грунтов основания и др.;

- усиление процессов, обусловленных взаимодействием минерального скелета с нагретой водой, характеризующейся большей проницаемостью и меньшей прочностью связей в грунте.

По оценкам Б. Б. Залесского [IV.16], более всего ослабляется минеральный скелет известняковых и гипсовых пород, подверженных воздействию подогретых вод, содержащих свободный углекислый газ. Активному протеканию таких процессов в зоне АЭС может способствовать повышенное техногенное питание грунтовых вод и их слабая защищенность от загрязнения с поверхности. Кроме того, при повышении температуры в основании АЭС на контакте несущих конструкций с грунтом возможно возникновение температурных напряжений, максимальные значения которых следует ожидать в местах наибольшего перепада температур, а также в периоды паводкового подъема температуры.

Заблаговременное выявление таких зон в комплексе с оценкой параметров техногенного геогидротермального поля АЭС может обеспечить эффективное регулирование его температурного режима и предотвращение температурных напряжений. Для их ориентировочного

расчета можно использовать известную формулу сопротивления материалов:

$$\sigma = \frac{\alpha_t E t \tau}{1 - \nu} \quad (\text{IV.11})$$

где ν — коэффициент Пуассона; $t\tau$ — перепад температур за время τ ; E — модуль упругости; α_t — коэффициент температурной деформации.

В настоящее время, несмотря на значительное количество работ, посвященных изучению геотехнической системы АЭЦ—ГС, практически отсутствуют исследования изменений гидротермальных условий в зоне влияния АЭЦ и их связи с техногенным развитием экзогенных геологических процессов.

Сложившееся положение по рассмотренной проблеме обусловлено в первую очередь ограниченностью данных длительных наблюдений за тепловлагопереносом систем АЭЦ—ГС и отсутствием методики комплексных научных, производственных и экспериментальных работ.

В связи с этим приведенные в данном разделе оценки и рекомендации для изучения тепловлагопереноса в зоне влияния АЭЦ имеют предварительный характер и могут быть сформулированы применительно к системе эколого-геологического мониторинга следующим образом:

1) установление связи параметров тепловлагопереноса с параметрами геофильтрации и режима грунтовых вод;

2) выявление зональной структуры температурного поля системы АЭЦ—ГС в области потока грунтовых вод;

3) расчет и сравнение параметров естественного и техногенного теплопереноса и теплосодержания в системе АЭЦ—ГС, применение которых позволит определить влияние АЭЦ на сдвиг температурного равновесия в геологической среде;

4) установление принципиальной возможности формирования термомеханических напряжений в линейных сооружениях промышленных площадок АЭЦ, находящихся в техногенных тепловых полях с неравномерным распределением температуры.

В целом выполненные исследования свидетельствуют о практической важности опережающей организации наблюдений за процессами тепловлагопереноса и их региональным влиянием на геогидротермальный режим и развитие экзогенных геологических процессов. Результаты подобных исследований в дальнейшем могут быть положены в основу усовершенствования инженерно-геологического районирования в целях оптимального размещения АЭЦ с учетом теплофизических параметров геологической среды.

IV.1.2.3. Методические основы оценки инженерно-сейсмогеологического риска районов размещения объектов АЭЦ

Многолетний опыт проектирования, строительства и эксплуатации АЭС на территории Украины убедительно показал, что по мере увеличения числа станций и расширения площадей строительства усложнялись сейсмический режим и инженерно-геологические условия площадок. О практической важности учета сейсмических и инженерно-геологических процессов в составе факторов безопасности объектов АЭЦ, а также крупных химических, металлургических и других объектов свидетельствует то, что под их комплексным влиянием увеличиваются неравномерности деформаций и снижается прочность грунтов, активизируются экзогенные геологические процессы (просадки,

оползни, карст и др.). Кроме того, в грунтах оснований отмечается увеличение влажности, температуры, тепловлагоденоса с активизацией химических, физических, гидрогеофильтрационных и других процессов.

Массовое строительство объектов АЭЦ на территории, характеризующейся практически повсеместным развитием слабоуплотненных пород осадочного комплекса (песчано-суглинистые, лессовидные и др.) и активной сейсмичностью и неотектоникой, требует выработки новых подходов к оценке состава и количественных критериев безопасности как по технологическим, так и геологическим факторам. При этом имеется в виду оценка риска в основном глобальной аварии с разрушением активной зоны и тяжелыми последствиями для окружающей среды.

Изучение динамики развития опасных экзогенных геологических процессов (диапиризм, карст), наиболее часто проявляющихся в сейсмоактивных регионах и способных оказать непосредственное воздействие на ответственные сооружения станций, позволяет получить следующие величины риска аварийных ситуаций: средняя частота проявления новообразований, карстовых деформаций земной поверхности (по данным повторных аэросъемок) — от 25 до 35 лет; вероятность выхода диапиров на поверхность — 20—50 лет; $P_1 = 0,05 \div 0,02$ [IV.42]. Вероятность застройки зон развития диапировых куполов или карста в границах промышленной площадки АЭС в сейсмоактивных регионах может достигать в среднем $P_2 = 0,02$ (2%). Проведенные расчеты свидетельствуют о высокой вероятности проявления опасных экзогенных геологических процессов в период эксплуатации АЭЦ и целесообразности их учета в группе факторов количественно-вероятностного анализа безопасности (КВАБ), особенно в сейсмоактивных районах.

Застройка площадей развития диапира или карста сопровождается их активизацией. Можно определить вероятность данного события в границах промышленной площадки:

$$P = P_1 \cdot P_2 = (5 \div 2) \cdot 10^{-2} \times 2 \cdot 10^{-2} = 10^{-3} \text{ события/год.}$$

(IV.12)

Полученная величина примерно в 10 раз превышает риск максимального землетрясения (одно событие в 10 тыс. лет). При этом не учитывается возможность дополнительной активизации диапиризма или карста под влиянием нагрева, подтопления и снижения прочности массива пород в основании объектов АЭЦ в 2—5 и до 10 раз. Результаты выполненных оценок риска и их проявление в ПТГС АЭЦ—ГС представляют собой в общем случае оценки частот аварийных событий различного происхождения. Следует отметить относительно высокий вклад в КВАБ наряду с технологическими и сейсмическими также инженерно-геологическими факторами, что связано с их региональным проявлением в естественных условиях и возможностью значительной активизации под влиянием факторов АЭЦ.

Независимое и одновременное проявление технологического, сейсмического и инженерно-геологического факторов воздействия на АЭЦ позволяет определить их общую величину риска аварийных последствий как сумму вероятностей каждого из них в доминирующих сочетаниях или последовательностях. При этом обращает на себя внимание следующее соотношение инженерно-геологического риска, определенного на основе динамики экзогенных геологических процессов на юге страны, по сравнению с расчетными технологическими и сейсмическими: величины риска нарушений геологической среды вследствие проявления сейсмичности и экзогенных процессов значи-

тельно (в 10 раз и более) могут превысить технологический риск объектов АЭЦ и характеризуются одновременно большой стохастичностью проявлений.

Таким образом, приведенные оценки сейсмических и инженерно-геологических (инженерно-сейсмогеологических) факторов риска указывают на необходимость комплексного мониторинга ПТГС АЭЦ—ГС на основе:

- 1) учета параметров влияния экзогенных геологических процессов на устойчивость ПТГС АЭЦ—ГС в КВАБ ответственных систем АЭЦ и доминирующих последовательностей аварийных событий с учетом данных сети экогеодинамического мониторинга геологической среды. Сочетание детерминированного технологического риска аварийных событий и внешних стохастических в ПТГС АЭЦ—ГС (сейсмический, инженерно-геологический и др.) позволяет выполнить, на наш взгляд, опережающий анализ оценки поведения ответственных объектов станции и повысить безопасность их работы;

- 2) выявления наиболее неустойчивых элементов ПТГС, формирующих основной вклад в общий риск;

- 3) построения достоверных последовательностей взаимодействия технологических и внешних процессов (например, влияние утечек вод на рост нагрузок в основании объекта или ослабление прочности пород и др.);

- 4) исключения ошибок на стадии изысканий или проектирования, ухода от областей природного или техногенного развития опасных геологических процессов (просадок, карста и др.).

Оценки дополнительного риска сейсмических и инженерно-геологических воздействий на объекты АЭЦ, выполненные Л. М. Векслером, О. Д. Казачковским, Д. Расмусоном и другими, свидетельствуют о возможности значительного влияния геологических факторов на устойчивость работы станций и целесообразность их включения в структуру эколого-геологического мониторинга геологической среды посредством расширения сети наблюдений, полигонов, групп моделей и уменьшения на этой основе неопределенностей параметров систем АЭЦ—ГС.

IV.1.3. Аэрокосмический контроль геологической среды

В решении задач литомониторинга приоритетное значение имеют дистанционные методы исследований в силу присущих им оперативности, экономичности, большой обзорности, что позволяет в результате аэрокосмических съемок земных образований в разных диапазонах спектра почти синхронно дать картину эколого-геологического состояния территорий, площадь которых составляет от десятков до сотен тысяч квадратных километров (в зависимости от требуемой детальности работ).

Примеры подобных съемок для решения эколого-геологических задач дистанционными методами приведены в предыдущем разделе. Можно еще добавить, что дешифрирование аэрофотоснимков (масштабы 1:50 000—1:25 000), сделанных с интервалом 10—20 лет, позволяет оценить динамику техногенного воздействия на ландшафт.

Согласно инструктивным определениям [IV.22], под аэрокосмическим мониторингом геологической среды (АКМГС) понимается система регламентированных периодических дистанционных наблюдений за состоянием геологической среды и ее пространственно-временными изменениями под влиянием природных техногенных факторов. Как видно из приведенного определения, авторы не вкладывают в понятие аэрокосмического мониторинга управление состоянием геологической среды

в целях ее оптимального использования, хотя, как уже отмечалось, в современное определение мониторинга входит помимо контроля и управление природной средой, что может, в частности, осуществляться с помощью физико-математического моделирования на ЭВМ геологических и техногенных процессов на постоянно действующих моделях геосистем исследуемых регионов.

При этом объектом АҚМГС является изменяющаяся часть геологической среды, прямо или косвенно отражающаяся на материалах дистанционного зондирования. Сюда относятся влажностные, прочностные и физико-механические свойства грунтов, минерализация поровых растворов и грунтовых вод, глубина их залегания, экзогенные геологические процессы (оползни, карст, наледи и т. д.) и техногенного происхождения (мульды проседания, подтопление земель, переработка берегов водохранилищ, зараженность земель, вод и растительности химическими соединениями, техногенный карст и др.), изменяющиеся под воздействием мелниорации, горной промышленности, сельского хозяйства, энергетики и химической промышленности, дорожного строительства и др.

Информация АҚМГС предназначена для планирующих и природоохранных органов и ведомств, а также отдельных предприятий и организаций при составлении схем размещения производительных сил и схем охраны природы.

АҚМГС обязательно включает в себя постановку опытных работ на специальных полигонах (например, Днепровский полигон АҚМГС в Украине), создание банка данных о природной обстановке и техногенных воздействиях и автоматизированную систему обработки материалов дистанционных и наземных съемок в целях контроля состояния геологической среды и оптимизационного моделирования состояния геосистем для рационального природопользования.

В зависимости от динамичности естественных и техногенных геологических процессов целесообразно придерживаться следующей периодичности повторных аэрокосмических съемок [IV.22]: для катастрофических процессов — 1—3 раза в год (и чаще); для сильнодинамичных — каждые 3—5 лет; среднединамичных — каждые 5—8 лет; слабодинамичных — 12—25 лет.

В АҚМГС должен соблюдаться принцип последовательного приближения и детализации работ. Выделяются два вида последовательного приближения: масштабное и диагностическое. Масштабное приближение предусматривает исследования на трех уровнях генерализации (региональном, локальном, детальном). Диагностическое приближение осуществляется для углубления исследований и накопления сведений об индикаторах, их дешифрировочных признаках и объектах геологической среды. Оно состоит в чередовании контрольных, съемочных и экстраполяционных работ.

На региональном уровне используются космофотоснимки и мелко-масштабные аэроснимки, позволяющие изучать обширные территории. На локальном уровне проводится дешифрирование среднемасштабных аэроснимков и специальных съемок для слежения за отдельными компонентами природно-техногенных систем. На детальном уровне с помощью дешифрирования крупномасштабных аэроснимков и специальных съемок осуществляется контроль за отдельными компонентами и очагами природно-техногенных геологических процессов.

IV.2. РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗОВ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Данная функциональная подсистема мониторинга представляет собой сложный комплекс специальных научных разработок, главной задачей которых является выяснение перспектив развития природно-технических геосистем под воздействием многофакторной техногенной нагрузки.

Важнейшие способы научного обоснования управления геологической средой — описание (анализ), объяснение (диагноз) и предсказание (прогноз) — составляют три основные функции каждой научной дисциплины (по определению И. В. Бестужева-Лады [IV.31]), а следовательно, и геоэкологии. Прогноз не есть лишь инструмент такого обоснования. Его практическое значение сводится к возможности повышения эффективности принимаемых решений. Прогнозирование не сводится к попыткам предугадать детали будущего (хотя в некоторых случаях это существенно). Прогнозист исходит из диалектической детерминации явлений будущего, из того, что необходимость пробивает себе дорогу через случайности, что к явлениям будущего нужен вероятностный подход с учетом широкого набора возможных вариантов. Только при таком подходе прогнозирование может быть эффективно использовано для выбора наиболее вероятного или наиболее желательного, оптимального варианта при обосновании цели, плана, программы, вообще решения. Прогнозы должны предшествовать планам, содержать оценку хода, последствий выполнения (или невыполнения) планов, охватывать все, что не поддается планированию, решению. Прогноз и план различаются способами оперирования информацией о будущем. Вероятностное описание возможного или желательного — это прогноз. Директивное решение относительно возможного или желательного — это план. Прогноз и план могут разрабатываться независимо друг от друга. Но чтобы план был эффективным, оптимальным, ему должен предшествовать прогноз, по возможности непрерывный, позволяющий научно обосновать данный и последующие планы [IV.31]. Основываясь на данных положениях общей прогностики, рассмотрим особенности эколого-геологического прогнозирования при реализации программ мониторинга.

Прогноз представляет собой научно обоснованное предвидение типов и видов движения геологической среды (реализуемых в виде проявлений геологических, гидрогеологических, геохимических, биологических и других процессов), связанных с ее эволюцией. Цель эколого-геологического прогнозирования — определение направлений развития геосистем, путей и методов охраны и рационального использования среды, снижения или ликвидации последствий экологического кризиса. При этом ведущими проблемами являются определение механизма дестабилизирующих процессов, миграции загрязнителей (в том числе радионуклидов), а также динамики природных и техногенных процессов, изменяющих устойчивость геосистем.

Таким образом, для управления геологической средой необходимо оперировать широким спектром прогнозов — инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрогеохимических, экологических, ландшафтных и других, отражающих специфику ее изменений. По своей направленности главными в рассматриваемой области эколого-геологических исследований являются инженерно-геологические прогнозы (предвидение геологических процессов, прямо или косвенно связанных с инженерной деятельностью человека).

По степени неопределенности прогнозы могут быть разделены на вероятностные и детерминированные. Степень неопределенности обеспе-

чивается количеством и качеством информации о прогнозируемом объекте. Прогноз геологических объектов базируется на использовании природно-технических геосистем, развивающихся в результате имманентных и трансцендентных воздействий. Они унаследуют историю геологического развития, их эволюция происходит за счет взаимообусловленности различных факторов и условий, определяемых гомеостазом и адаптацией к выделенным воздействиям.

По времени утверждения прогнозы делятся на сверхдолгосрочные, долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные. По объемам прогнозируемого геологического пространства — на глобальные, региональные, детальные и локальные.

Эта важнейшая процедура мониторинга по своей схеме базируется на концепции трансформации в концептуальное, логическое, картографическое или математическое изображение информации, которой оперирует человек при отображении исследуемой части геологического пространства. Отсюда следует, что разработка прогнозов, вначале качественных, а затем и количественных, все более усложняющихся, происходит фактически с начала организации системы контроля.

Прогноз эндогенных геологических процессов базируется на комплексе знаний о строении и развитии глубоких горизонтов литосферы и их взаимодействии с геологической средой, а также на эмпирическом опыте, характеризующем параметры проявления этих процессов (землетрясения, современные тектонические движения). Прогноз землетрясений основывается на использовании преимущественно косвенных методов. Наиболее перспективна в этом отношении методика использования гидрогеологических предвестников по результатам наблюдений за изменением уровней подземных вод в глубоких горизонтах, связанных с формированием гидрогеодеформационных полей.

Среди применяемых в настоящее время методик следует отметить теорию экстремальных значений и распознавания образов. Корреляционно-регрессионный анализ используется для установления зависимостей между параметрами сейсмичности и факторами, связанными с ними. На основании разработок Д. Точера при оценке сейсмичности штата Калифорнии были рассчитаны коэффициенты корреляции для зависимостей $M=f(L)$ и $M=f(D)$, где M — магнитуа землетрясений; L — протяженность разрыва, км; D — вертикальное смещение поверхностей разрыва.

И. М. Гельфанд и др., исходя из предположения о том, что сильные землетрясения приурочены к дизъюнктивным узлам и что точки с максимальными магнитудами могут повториться в тех же узлах, ставят задачу поиска других узлов, где подобные землетрясения могут повториться в будущем. Такая задача решалась с помощью программ распознавания образов.

Прогноз современных тектонических движений основан на результатах повторных геодезических наблюдений на полигонах с установлением закономерностей формирования и развития гидросети, экзогенных геологических процессов и т. д. Модели прогноза эндогенных геологических процессов несовершенны и требуют дальнейшей углубленной разработки.

Прогноз экзогенных геологических процессов базируется на применении разных методов, позволяющих с заданной точностью определить место, время и масштаб проявления процесса или парагенеза процессов. При этом исследуются структура геологической среды в заданных рамках геологического пространства, природа и характер трансцендентных воздействий, устанавливаются комплексы связей, инфраструктура и иерархия системы, верификация прогнозных моделей. При прогнозировании экзогенных геологических процессов во многих случаях необходимы высокая точность прогнозов для решения

задач управления в рамках геосистем. Основные прогнозируемые процессы — оползни, сели, эрозия, абразия, карст, просадочность, подтопление и др.

Рассмотрим методики прогнозирования на примере наиболее сложного и распространенного типа экзогенных процессов — оползней. Представим следующую прогнозную методику.

Вероятностный прогноз оползней — анализ различных факторов и условий, отражающих степень риска и вероятность активизации процесса при исходной и проектируемой техногенной нагрузке. Применяются такие методы, как метод геодинамического потенциала, метод Байеса. Сущность методик заключается в анализе различных условий и факторов, позволяющих при их группировке и формировании эталонных обучающих выборок рассчитать вероятность гравитационных явлений. Для некоторых типов оползней сдвига, развитых в глинах, возможно применение стандартных программ, с помощью которых определяется скорость оползневых деформаций на короткий период (1—2 года).

Широко используются методы прогнозирования оползней неглубокого заложения в глинах, характеризующихся пластическим течением, когда оползни течения рассматриваются как автокорреляционный процесс с заданной периодичностью, связанной с режимом увлажнения. Методика прогнозирования заключается в расчете по результатам режимных наблюдений периодичности катастрофической активизации и вводе этой периодичности в формулу Фурье (ряд Фурье) при использовании рядов осадков и смещений оползней. Имеющийся ряд наблюдений за осадками (желательно не менее 30 лет) позволяет получить их прогнозные параметры на заданный период. Наиболее эффективен анализ месячных осадков, по которым выполняется прогноз.

Локальный прогноз оползней может быть реализован в процессе выполнения натурного моделирования. При этом задаются исходные параметры, в результате чего возможна прогнозная оценка оползневого объекта с заданной точностью.

Формализованное представление о различных расчетных методиках прогноза может быть описано следующим образом. Метод вероятностных оползней базируется на представлении о возможности расчета оползневого смещения по результатам оценки взаимосвязи высоты и заложения склона. Метод позволяет прогнозировать оползни, развивающиеся в одинаковых условиях. Его модификация, основанная на оценке вероятности возникновения оползней, рассматривает их образование или активизацию на единицу площади как вероятность конечного числа событий (оползневой потенциал) [IV.18, IV.35].

Для прогнозирования оползней возможно также использование формулы Байеса

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) \cdot P(A)}{P(B)}, \quad (IV.13)$$

где $P(B/A)$ — вероятность того, что факторы B будут обнаружены при условии, если действительна гипотеза A ; $P(A)$ — априорная вероятность реализации гипотезы A ; $P(B)$ — вероятность реализации гипотезы B ; $P(A/B)$ — апостериорная вероятность реализации гипотезы A после получения новых сведений относительно системы факторов B .

При применении байесовского подхода необходим участок-аналог, для которого устанавливается степень зависимости между разными факторами и условиями. Данный метод может быть использован не только для прогноза экзогенных геологических процессов, но и для многих других прогнозов (рис. IV.7).

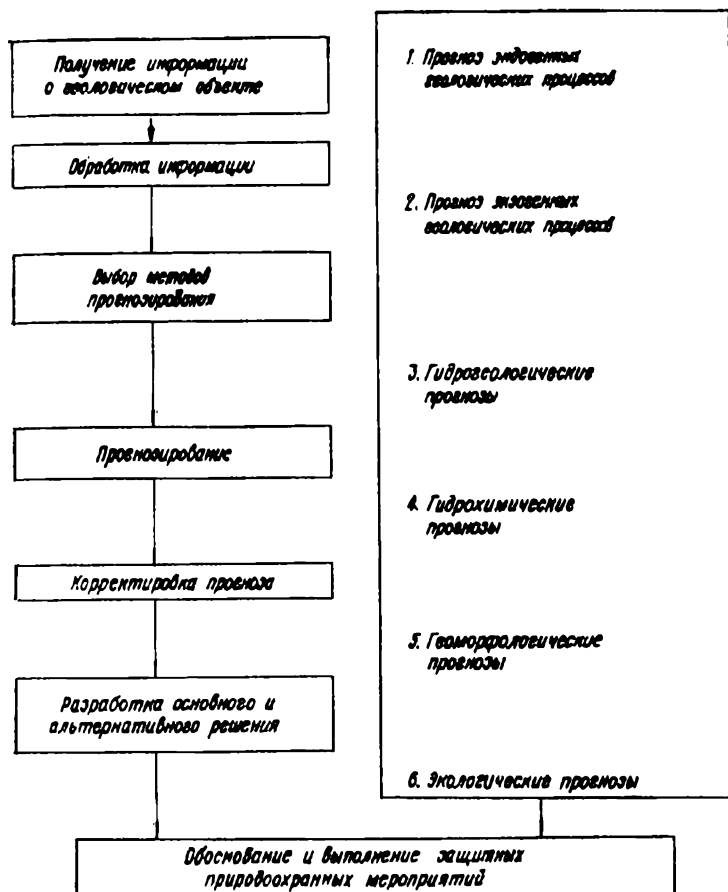


Рис. IV.7. Блок-схема функциональной подсистемы прогнозирования природно-технических геосистем

Прогнозирование селей основано, как правило, на методике прогнозирования быстро изменяющихся факторов. При этом исследуемая периодичность отражает ход проявления оптимально высоких значений климатических параметров, обеспечивающих развитие селевого процесса. Возможны как региональные, так и локальные прогнозные оценки этого процесса. В последнем случае необходимо получение репрезентативных значений показателей твердой и жидкой составляющих. Один из методов выбора расчетных механизмов прогноза — натурное моделирование. По результатам натурального моделирования целесообразно рассчитывать размеры ущерба, который может нанести активизация селевого процесса. Прогноз селей обеспечивает получение параллельной информации о факторах и условиях развития боковой и донной эрозии, плоскостного смыва, скорости денудации.

Следует отметить прогноз селей методом расчетных аналогий, когда

слой водопроницаемой породы лежит на наклонном водоупоре и вода оказывает давление на скелет. Коэффициент запаса устойчивости в этом случае составляет

$$K_{\text{зап}} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha} \frac{\gamma - \gamma_w}{\gamma} \quad (\text{IV.14})$$

где γ_w — плотность воды; α — угол естественного откоса; φ — угол внутреннего трения; γ — плотность породы. При $K_{\text{зап}} < 1$ обводнение пород приведет к их смещению.

По Ю. Б. Виноградову, сдвиговый селевой процесс возникает в случае

$$z > \gamma h \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \varphi} \right) - \frac{C}{g \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi} \quad (\text{IV.15})$$

где z — глубина потока воды в слое породы плотностью γ , толщиной h , коэффициентом внутреннего трения $\operatorname{tg} \varphi$, сцеплением C и предельным углом откоса α .

Прогноз карста связан главным образом с использованием вероятностных моделей, обеспечивающих оценку вероятности карстопоявления при сопоставлении с объектами-аналогами. Применяется прогноз вероятности развития карстово-суффозионных процессов при учете механизма и динамики исследуемых условий и факторов при естественно-историческом и нарушенном режимах.

Важную роль при прогнозе карста играет метод расчетных аналогий. По П. В. Радионову, современная активность (A) карстового процесса

$$A = (Y/Y_1) \cdot 100 \%, \quad (\text{IV.16})$$

представляющая собой отношение объема растворенной породы, выносимой подземными водами из карстового массива за 1 тыс. лет, к общему объему карстующихся пород.

Используя балансовое уравнение, можно ориентировочно прогнозировать среднюю скорость растворения породы:

$$C = \frac{(C_{\text{п}} - C_0) g + (C_{\text{п}} - C'_0) g'}{t} \quad (\text{IV.17})$$

где $C_{\text{п}}$, C_0 , C'_0 — соответственно среднее содержание растворимой соли в подземных водах после прохождения ими участка за время t , с момента поступления их в пределы участка ко времени t , попадающих в толщу карстующихся пород через их поверхность за время t ; g и g' — соответственно количество подземных вод, поступающих через границу участка и через поверхность карстующихся пород за это же время.

Показатель современной активности карстового процесса приобретает вид $A_c = 0,1 A V_c t$, где V_c — объем карстующихся пород в зоне влияния сооружения; t — период времени, для которого вычисляется величина A .

Для определения максимально возможных размеров карстовых провалов целесообразно пользоваться или формулой В. Д. Слесарева, согласно которой реакция свода на нагрузку составляет $\delta_p h$, или дающим более достоверные оценки уравнением $4h\xi\operatorname{tg} \varphi + C$, где δ_p — предел прочности породы свода на растяжение, имеющий коэффициент бокового давления ξ , мощность h и параметры прочности $\operatorname{tg} \varphi$ и C . Тогда раз-

мер полости, при которой свод разрушается, рассчитывается по следующей формуле:

$$d = \sqrt{\frac{\sigma(\gamma h \xi \operatorname{tg} \varphi + C)}{\gamma}} h. \quad (\text{IV.18})$$

Наибольшая мощность породы, при которой еще не происходит ее разрушение, составляет

$$h = \sqrt{\frac{4\xi \operatorname{tg} \varphi d^2 + C^2 - C}{(2 \cdot 4\xi \operatorname{tg} \varphi)^2}}. \quad (\text{IV.19})$$

Локальный прогноз карстового процесса заключается в возможности предсказания условий и параметров провалообразования на основании комплекса экспериментальных и режимных наблюдений в определенной карстовой обстановке. При этом необходимы углубленные исследования основных параметров водообмена, гидрохимических характеристик подземных вод, и интенсивности карстовой денудации как главных критериев активности этого экзогенного геологического процесса. Такое изучение должно охватывать фоновую обстановку и непосредственно период техногенной активизации (откачку, мультитрасирование подземных вод и т. д.). Прогнозные алгоритмы могут быть рассчитаны по результатам исследования скорости карстовой денудации в пределах карстоопасных территорий. При формировании достаточно продолжительных временных рядов режимных исследований условий и факторов развития карстовых процессов возможно создание их имитационных моделей.

Таким образом, прогнозы геологических процессов отражают концепцию выбора таких видов деятельности, которые локализуют или исключают возможность развития геологических процессов, усложняющих нормальное функционирование природно-технических геосистем. Реализация этих прогнозов осуществляется путем составления специализированных прогнозных карт, карт активизации условий развития, расчетных схем, графиков активности, математических, натурных и лабораторных моделей.

Следует отметить некоторые закономерности составления общих инженерно-геологических прогнозов, в которых учитываются различные условия и факторы исследуемой части геологического пространства. Оптимальный способ решения — использование экспертных систем. Их создание ориентировано на постоянное хранение в банках данных (оборудованных на базе ЭВМ) параметров различных условий и факторов геологических процессов и элементов геологической среды. Процедура экспертизы заключается в анализе разных матричных характеристик, позволяющих оценивать с заданной степенью детализации определенную часть геологического пространства для определения вероятности развития дестабилизирующих воздействий и их проявлений.

Основное внимание при составлении данного раздела уделялось региональным инженерно-геологическим прогнозам как наименее разработанным с позиций геоэкологии, в то время как локальные методы прогнозов достаточно описаны в литературе.

Гидрогеологические прогнозы представляют собой научно обоснованное предвидение условий и факторов естественного и техногенного изменения гидрогеологической обстановки в пределах выделяемых геосистем. Эти изменения могут быть вызваны эксплуатацией водоносных горизонтов, их загрязнением, изменением условий питания и др. Предусматриваются следующие типы и методы прогнозирования гидрогеологических обстановок: прогнозы режима подземных вод, их запасов,

создание постоянно действующих балансовых моделей, моделей гидро-геологических объектов (водозаборов, групп водозаборов и т. д.).

Таким образом, в прогнозах находят свое отражение изменения качества и динамики подземных вод. Соответственно гидрогеологические прогнозы делятся на геофильтрационные и геомиграционные. Охарактеризуем их, базируясь на наиболее современном обобщении (по В. А. Мироненко и др.). Наиболее разработаны в научно-методическом отношении геофильтрационные прогнозы с использованием аналоговых и численных моделей. В основе преобладающего числа прогнозных задач находится исследование плановых моделей, формализуемых двухмерными линейными уравнениями геофильтрации. Для их решения используется эффективный аналитический аппарат, основанный на принципе суперпозиции и интегральных преобразованиях (в первую очередь, Лапласа и Лапласа — Карлсона). Решение трехмерных задач осуществляется путем разумного сочетания трехмерного моделирования и аналитических методов, позволяющих учитывать локальную трехмерность.

Наиболее сложны прогнозы нелинейных процессов (напорно-безнапорная фильтрация, истощение водоносных пластов и др.). Аналитические решения здесь, как правило, некорректны из-за большой степени неопределенности, поэтому основное внимание уделяется их численному моделированию с использованием медленно сходящихся, полностью неявных разностных схем. Повышение репрезентативности прогнозов, базирующихся на двухмерных моделях, обусловливается стохастическим представлением параметров, учитываемых в расчетной схеме, т. е. наличие информации о распределении свойств геологической среды в пространстве позволяет прийти к вероятностно-детерминированным моделям.

Таким образом, для эколого-геологического мониторинга прогноз режима подземных вод целесообразно рассматривать в рамках изменения уровней грунтовых вод, что в значительной степени зависит от режима осадков и техногенного изменения гидрогеологической обстановки. В общем виде для реализации указанной программы геофильтрационные прогнозы должны основываться на принципах оценки водопонижения при водоотборе и изменении режима и баланса водоносных горизонтов и комплексов. Прогнозируя специфику гидрогеологической обстановки в рамках системы человек — геологическая среда, представляется возможным:

- определить условия влияния подземной гидросферы на геосистемы;

- выявить особенности изменения этих условий при различной степени техногенной нагруженности и характере освоения территорий;

- обосновать период оптимального функционирования геосистем с позиций геоэкологии.

Важность обеспечения достоверности и надежности геофильтрационных прогнозов заключается в том, что подземная гидросфера является таким компонентом геологической среды, который весьма успешно поддается управляющим воздействиям, во многом благодаря созданию в Украине научно-методической и практической базы, сформированной в ходе совместных разработок различных ведомств.

Ухудшение качества подземных вод — одна из важнейших экологических проблем, связанных с последствиями техногенеза. Изменение состава подземных вод — это следствие интенсивного загрязнения как химического, так и теплового. В свою очередь это влияет на интенсивность протекания геологических процессов, обусловленных трансцендентными взаимодействиями геосистем и подземной гидросферы (например, активизация карста, вторичного засоления и др.). Исследования динамики изменения качества подземных вод, а затем и управ-

ление их качественным составом должны базироваться на результатах геомиграционных прогнозов.

В наибольшей степени разработаны решения задач переноса и физико-химических трансформаций. На практике при прогнозировании наиболее широко используются решения для трех асимптотических расчетных схем: неограниченной емкости, сосредоточенной емкости, предельной схемы макродисперсии.

Известно [IV. 38], что качество миграционных прогнозов зависит от уровня информации, позволяющей корректно и с максимальной детальностью схематизировать изучаемую область геологического пространства. Особенно это важно для схематизации фильтрационного поля. Главные направления схематизации процессов тепло- и массо-переноса сводятся к оценкам допустимости:

- пренебрежения кинетикой тепло- и массообмена путем их отражения в обобщенных емкостных параметрах;

- предпосылки того, что миграция отдельных компонентов раствора взаимно независима и окислительно-восстановительная обстановка по ходу миграционного процесса неизменна;

- сведения расчетной модели к одной из упомянутых ранее асимптотических расчетных схем макродисперсии;

- понимания мерности модели переноса до двухмерной или одномерной.

Гидрогеологические прогнозы, как и другие прогнозные разработки, применительно к задачам комплексного эколого-геологического мониторинга геологической среды служат основанием для разработки комплекса мероприятий, направленных на улучшение условий жизнедеятельности человека при усилении техногенного воздействия. Поэтому целесообразно объединение геофильтрационных и миграционных прогнозов в рамках единого прогноза развития гидросферы при заданных параметрах техногенных воздействий. Здесь же следует отметить превентивный характер исходных прогнозных разработок.

Информация, поступающая из системы контроля, должна обеспечивать прогнозные разработки по следующим направлениям: прогноз трансцендентных естественных и искусственных факторов, прогноз развития биоценозов и ландшафтов, прогноз имманентных естественных и искусственных условий и факторов.

Геоэкологические прогнозы рассматривают природно-технические геосистемы с позиций выявления экологических ситуаций (глобальных, региональных, локальных и т. д.). Данные прогнозы касаются оценки условий взаимодействия человека и общества с природной средой, степени и характера существующей и проектируемой техногенной нагрузки. Принципиальная новизна таких оценок заключается в объединении в рамках общей разработки традиционных геологических прогнозов с экологическими, т. е. характеристике определенной области геологического пространства как «экологической ниши», гомеостаз которой нарушается следующими взаимодействиями:

- механико-химическими, когда нарушаются структура и свойства литосферы, горные породы дробятся и перемешаются с попутным образованием гелей и осадков;

- химическими, обусловленными изменением горных пород под влиянием вод разной минерализации и поступления различных химических соединений;

- органогенными, происходящими в условиях повышенных концентраций разных веществ — продуктов растительного и животного происхождения;

- субэкральными, являющимися результатом воздействия загрязнения атмосферы и поверхностной гидросферы;

- радиогидрогеохимическими, с которыми в больших масштабах

человечество столкнулось при ликвидации последствий аварийных ситуаций на объектах ядерной энергетики, что является весьма актуальным для Украины.

Также является принципиально новым и слабо разработанным изучение взаимодействий в техногенных геологических телах и формах рельефа, техногенных процессов, происходящих в них.

При разработке эколого-геологических прогнозов необходим постоянный контроль за репрезентативностью прогнозных моделей и возможностью получения некорректных, субъективных оценок. Система контроля при этом должна обеспечивать возможность не только получения и обработки данных эколого-геологических наблюдений, но и последующую возможность их использования.

Определенную сложность при эколого-геологическом прогнозировании представляет дискретность критериев, связанных с неравномерностью техногенной нагрузки и сменой значимости действующих факторов, зависящих от характера освоения тех или иных территорий. Неотъемлемой частью такого прогноза является определение путей утилизации отходов инженерно-хозяйственной деятельности общества с локализацией источников загрязнения.

Достоверность прогнозов обусловлена репрезентативностью моделей геологической среды, условий и факторов, механизма ее движения, экологических ситуаций и т. п. Рассмотрим специфику моделирования геологической среды, осуществляемого в ходе разработки прогнозных и управляющих решений в рамках мониторинга, основываясь на разработках общей теории прогнозтики [IV.31].

Прогнозную модель можно рассматривать как производную от метода прогнозирования. В реализации общей целевой программы мониторинга особый интерес представляют модели, описывающие те или иные процессы.

Функциональные модели описывают функции, выполняемые основными составными частями системы (как управляющей, так и объекта управления). Наиболее часто используется структурно-функциональная модель. Модель физического процесса определяет математические зависимости между переменными этого процесса и в соответствии с его характером могут быть непрерывными и дискретными по времени, детерминированными и статистическими, а по способу получения — аналитическими и экспериментальными. Весьма важными для управления следует считать процедурные модели, описывающие порядок и содержание управленческих решений. Процедурные модели режимов и обеспечения безопасности экологической ситуации описывают действия, изменяющие состояние системы, а также совокупность ограничений по условиям безопасности. Здесь характерно включение в схему модели человека-оператора, выполняющего функции контроля режима работы и принятия решений, предупреждающих аварийную ситуацию.

Помимо сущности прогнозируемого процесса в основу модели закладывается и методический аппарат получения прогноза. При этом необходимо остановиться на специфическом виде прогнозных моделей — экспертных моделях, предполагающих формальное описание процедур функционирования, представление объекта моделирования как процесса, специальные формулы и алгоритмы для обработки экспертных оценок (генерация последних — процедура творческая и неформальная, зависящая от уровня подготовки как исходной информации, так и оператора-прогнозиста). Сюда же относится и такой принципиально неформализуемый метод прогнозирования, как коллективная генерация идей («мозговая атака»). Прогнозные модели по форме перекрывают весь диапазон современных видов моделей — от формальных математических до имитационных, экспертных, человеко-ма-

шинных, в основе которых лежит использование творческих особенностей человека [IV.31].

Основные средства описания геологической среды, ее движения при моделировании:

— словесное описание, применяемое на исходных этапах прогнозирования;

— графическое представление информации;

— матрицы и блок-схемы как наиболее совершенный вид словесного описания, предшествующий применению математического аппарата;

— математическое описание (формулы, операции над переменными, алгоритмы);

— программное описание, осуществляемое непосредственно перед вводом информации в ЭВМ.

Главное внимание следует уделить графическому представлению и математическому описанию, так как эколого-геологическое прогнозирование в качестве методической базы основано на экстраполяции и интерполяции; графическая интерпретация моделей экстраполяции обосновывает выбор типа и вида математического описания.

В настоящее время Ю. Г. Поляк разработана группа требований к моделям, предъявляемых при прогнозировании:

1. Удовлетворение требований полноты, адаптивности и эволюционности;

2. Соблюдение требований абстрактности, чтобы допускать варьирование большим числом переменных, но без помехи для надежности и практической пользы полученного результата;

3. Удовлетворение условий, ограничивающих время решения задачи;

4. Модель должна быть физически осуществимой на данном уровне развития технических средств;

5. Обеспечение поступления полезной информации об объекте в плане поставленной задачи. Информация должна обеспечивать расчет значений целевой функции и поиск ее экстремального значения. В качестве целевой функции может выступать функция точности, достоверности прогноза;

6. Соблюдение терминологической чистоты;

7. Возможность проверки соответствия исследуемого объекта и его модели.

В процессе разработки моделей таких сложных объектов, как природно-технические геосистемы, необходимо соблюдать следующие принципы, определяющие свойства модели [IV.31]:

1. Компромисс между точностью моделирования и сложностью модели.

2. Баланс точности: а) соразмерность между погрешностью моделирования и исходной неопределенностью; б) соответствие точностей отдельных элементов модели; в) соответствие систематической погрешности моделирования и случайной погрешности при интерпретации результатов; г) параллельное моделирование конкурирующих результатов (вариантов).

3. Разнообразие элементов модели, позволяющее соблюдать принципы 1 и 2.

4. Наглядность.

5. Блочное представление: а) необходимо найти группы взаимосвязанных элементов, которые моделируются и описываются автономно; б) определение роли и места выделенного блока в общей модели процесса; в) соблюдение требования минимального обмена информацией между блоками; г) учет обратных связей (замена блока, воздействующего на часть системы множеством эквивалентов, которые можно упростить, формализовать и которые не зависят от исследуемой части системы).

6. Специализация моделей, когда можно использовать малые условные подмодели для анализа функционирования системы в узком диапазоне условий.

На основании данных теоретических предпосылок рассмотрим особенности моделирования геологической среды на примере регионального уровня ее расчленения.

Создание объективных имитационных моделей проводится на базе данных, позволяющих объективно отражать возможность реализации методов контроля, прогноза и управления. Предлагаем рассмотреть следующие типы моделей:

1) обзорные региональные модели геологической среды для оценки перспектив рационального освоения крупных экономических районов или их частей;

2) региональные модели для оценки перспектив освоения отдельного геоструктурного региона или его части в рамках административной области;

3) специальные модели освоения территории крупного промышленного объекта;

4) детальные модели оценки перспектив рационального использования городских территорий.

При использовании моделей возможно определение следующих неоднородностей: неоднородность строения геологической среды, пространственная изменчивость пород, природно-климатическая дифференциация. Все эти неоднородности создают неопределенности (природную, методическую, концептуальную, временную, параметрическую), преодолению которых должны способствовать исследования геологической среды. Минимизация данных видов неопределенностей выступает как общая теоретическая предпосылка для разработки методологии управления развитием геологической среды.

При моделировании геологической среды необходима оценка геосистем по следующим критериям:

— геоэнергетических показателей рельефа как производных специфики геологической среды;

— пространственно-временной изменчивости геологической среды;

— закономерностей развития и распространения проявлений движений геологической среды и условий техногенного воздействия.

Предлагается создание следующих разноуровневных моделей:

Обзорная модель (применительно к масштабу 1 : 500 000). Подготовительные материалы и операции для создания этой модели сводятся к составлению комплекта карт условий развития, интенсивности проявления и распространения геологических процессов (масштабы 1 : 200 000 — 1 : 500 000), подверженности народнохозяйственных объектов воздействию процессов, техногенного воздействия на геологическую среду, пораженности и инженерно-геологического районирования, распространения геологических процессов. При этом параллельно разрабатывается ряд схем вероятностного прогноза эколого-геологической направленности. В результате возможна оценка опасности и проявления геологических процессов при разных видах освоения территории для выбора путей оптимального техногенного воздействия. Использование этих моделей предполагается на уровне центральных ведомств, так как в них заключено достаточно полное представление о состоянии геологической среды и направленности развития ее движения при разных видах освоения. Предваряют подготовку этой модели следующие процедуры: региональный анализ структуры и динамики развития геологической среды, определение характера воздействия быстро изменяющихся условий и факторов, инженерно-геологическое районирование, оценка техногенной нагрузки и определение возможности и реализации математического описания объектов.

Региональная модель создается для получения информации и оценки перспектив развития геологических процессов при народнохозяйственном освоении территории (масштаб 1 : 200 000). Подготовительные процедуры: анализ динамики рельефа, определение его энергетических параметров как производных от специфики строения геологической среды; анализ и прогноз климатических параметров территорий; определение закономерностей развития геологических процессов и их классификация с учетом влияния на экологическую обстановку; анализ техногенной нагрузки и оценка перспектив освоения; типизация природно-технических геосистем и оценка их устойчивости. Выполняется комплекс исследований для оценки принципиальной возможности корректного отражения условий и факторов развития территорий, процессов. Необходимое звено — оценка экономической целесообразности функционирования природно-технических геосистем в существующем режиме. Управленческие решения, принимаемые в данном случае на уровне облизполкомов, облкоммунхозов, отделов Госстроя и др. ведомств, агропромов и т. п., осуществляются на основании разработки комплекса рекомендаций и ограничений для разных видов строительства, сельскохозяйственного освоения, охраны и рационального использования геологической среды в зонах разработки месторождений полезных ископаемых.

Региональная модель представляется в виде комплекта карт масштаба 1 : 200 000 (геолого-тектонической, специфики распространения и закономерностей развития процессов, геоморфологической с расчленением на отдельные генетические типы рельефа, климатической, ландшафтной, гидрогеологической, типизации техногенного воздействия на геологическую среду, динамики геологической среды и устойчивости к внешним воздействиям), а также вероятностных моделей процессов, факторов и условий движения геологической среды.

Специальные модели оптимизации геологической среды целесообразно создавать при разработке управленческих мероприятий по охране и рациональному использованию геологической среды в сфере влияния объектов атомной энергетики, ГЭС, крупных линейных объектов, месторождений полезных ископаемых, крупных городских агломераций (масштаб работ 1 : 50 000). Логические предпосылки создания этих моделей идентичны основным положениям региональной модели. Специальные модели ориентированы на использование проектными организациями и эксплуатационными службами.

Детальные модели геологической среды создаются для населенных пунктов, отдельных промышленных зон и предприятий в масштабах 1 : 25 000 — 1 : 10 000. В них осуществляется комплексный анализ инженерно-геологических условий территорий в рамках природно-технических геосистем с определением коэффициента экономической эффективности мероприятий по оптимизации геологической среды для использования соответствующими подразделениями проектных и эксплуатационных организаций. В ходе создания детальных моделей проводятся следующие операции: инженерно-геологическое районирование, изучение механизмов геологических процессов, их прогноз, создание схем защитных мероприятий и разработка плана управления геологической средой, выбор окончательной схемы, апробация и реализация управляющих решений, согласование методики проведения контроля и корректировка методов управления. Для получения информации о механизме и динамике развития геологических процессов создаются опорные участки типичных инженерно-геологических обстановок, где проводится комплекс исследований для создания многофакторных моделей геологического процесса (масштаб работ 1 : 5000 — 1 : 1000).

Таким образом, необходимо разработать вопрос об изучении максимально возможного количества процессов, отражающих изменение

структуры и свойств геологической среды. Акцентировать внимание необходимо на проблеме изучения экзогенных процессов, с которыми тесно связана техногенная деятельность, по масштабу, разнообразию и результатам сопоставимая с природными геологическими процессами.

Управление геологической средой. Процесс управления заключается в применении таких воздействий или ограничений к литосферному пространству, которые не вызовут побочных явлений и процессов. Основная его цель обусловлена необходимостью конструирования гомеостатических геосистем. При этом управление является функцией человека по отношению к элементам геологической среды на основании знаний об управляемой части геологического пространства, позволяющих обеспечить рациональное его использование. Основные задачи процедуры управления: адаптация геосистем к существующим природным условиям, взаимосвязь природно-технических геосистем разных масштабов и функционального назначения, исключение эколого-геологических просчетов. Реализация таких воздействий заключается в обеспечении охраны, рационального использования и защиты геологической среды.

Концепция управления состоянием геологической среды характеризуется расчетными параметрами взаимосвязи постоянно действующих моделей разного типа. При уменьшении пространственных границ системы происходит уменьшение неопределенности. Полученная информация в рамках этой модели определяет уменьшение неопределенности для моделей более мелкого масштаба. Управление геологической средой базируется на степени адекватности и уровне организации геосистем применительно к заданным пространственно-временным параметрам. Сложность управления геологической средой состоит в том, что она может развиваться в режиме саморегуляции только до определенных пределов, по достижении которых наступают необратимые последствия.

Соотношение условий и факторов, отражающих устойчивость природно-технической геосистемы по отношению к геологической среде, может быть выражено в следующем виде:

$\Sigma P > \Sigma T$ — саморегуляция системы;

$\Sigma P \leq \Sigma T$ — состояние предельного равновесия;

$\Sigma P < \Sigma T$ — нарушение равновесия (обратимое и необратимое), где ΣP — суммарная оценка природных условий и факторов; ΣT — суммарная оценка техногенной нагрузки.

Методика управления геологической средой базируется на создании разноуровневных природно-технических геосистем, связанных между собой и взаимодополняющих друг друга базой данных. Те же принципы применимы и к геосистемам одного уровня.

Практическая реализация методов управления геологической средой должна опираться на несколько уровней перспективного планирования — общегосударственный и республиканский, региональный и локальный. Эти уровни определяют комплекс воздействий разных масштабов. Их практическая база основана на:

— результатах эколого-геологических исследований, ориентированных на получение комплексной прогнозной оценки геологической среды;

— выделении автономных природно-технических геосистем (моделей), характеризующих соответствующий региональный, специальный детальный уровень состояния геологической среды.

Выделение осуществляется путем декомпозиции: 1) алгоритмизации условий и факторов развития геологической среды с экономической оценкой методов управления; 2) определения ведущих проблем при разработке управляющих решений в рамках отдельных моделей геосистем.

Все эти положения и определяют, в целом, механизм принятия

управленческих решений для разных целей использования геологической среды. Ее эволюция происходит по законам движения геологической материи, но техногенез привносит в систему инерционный момент. Изменение геологической среды происходит согласно формированию (подчас стихийному, неконтролируемому) потребностей общества, нуждающегося в дополнительном жизненном пространстве, дополнительных источниках сырья и энергии и т. д. В соответствии с уровнем развития общества интенсифицируются и техногенные воздействия на геологическую среду. При этом конкретная форма проявления техногенеза зависит от целевых задач в реальных природных условиях.

Целевые задачи могут быть стратегическими (формирование новых ПТК, связанных с сооружением промышленных и гражданских объектов, формирование системы расселения и т. д.), тактическими (расширение зон застройки, реконструкция и модернизация объектов и комплексов), методическими (воздействие на геологическую среду в зонах влияния отдельных объектов). С позиций системного подхода рассматриваемая проблема реализуется методом программно-целевого управления системой общество — геологическая среда с оптимизацией управленческого объекта. По сути это заключается в постоянной корректировке моделей геологической среды для достижения максимальной сходимости требуемого и фактического состояния исследуемой геосистемы, для чего применяются разноуровневые модели, корреспондирующиеся посредством информационной базы. Адаптация управления должна базироваться на принципе создания определенной универсальности для различных геосистем, конструируемых разными ведомствами (ликвидация ведомственной разобщенности).

Методы управления в соответствии с их новой задачей представляются в виде матрицы конкретных требований и нормативов, находящихся затем практическую реализацию. В то же время этот путь достаточно сложен вследствие большой неопределенности при описании геологической среды, а также из-за того, что количество показателей в матрице достигает больших значений, усложняя условия использования матриц.

Следовательно, в комплексе методов управления геологической средой должны преобладать аспекты, отражающие параметры геосистем, и показатели директивных установок и информационных характеристик. Поэтому иерархию управленческих воздействий на геологическую среду можно представить в следующем виде:

- учет ограничений при планировании инженерных и других мероприятий, воздействующих на геологическую среду в рамках государственных законов и программных документов;

- использование при разработке ограничений общих научно-методических положений в формировании и развитии геологической среды;

- дифференциация ограничений применительно к региональным обстановкам, определение экономической эффективности и экологических последствий воздействия на геологическую среду.

- выявление и локализация пространственных границ наиболее процессоопасных (неустойчивых) территорий, требующих первоочередной реализации технических методов воздействия на геологическую среду;

- дифференциация в отдельных зонах на участках локализации развития геологических и других процессов, разработка методов оптимизации геологической среды.

Для оптимальной реализации методов управления геологической средой необходимо создание схем управленческих решений. При их разработке для рационального использования геологической среды необходимо обеспечение соблюдения аксиомы приоритета, т. е. преимущественного права определенных воздействий на геологическую среду. Это вызвано тем, что характер воздействия в значительной мере

определяется текущими потребностями общества. Поэтому во многих случаях рост потребностей опережает уровень технологических разработок по видам оптимального воздействия на геологическую среду.

IV.3. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Система изучения геологической среды в рамках мониторинга предусматривает проведение комплексных эколого-геологических исследований иерархии уровней расчленения геологической среды — от государства (республики) до локальных участков. Создание соответствующих целевых программ должно быть взаимнокоординировано и, в свою очередь, соответствовать основным требованиям программы «Лито-мониторинг СССР».

Как первоочередные задачи организации мониторинга в Украине необходимо рассмотреть вопросы оборудования режимной сети, стационаров и опытно-производственных полигонов, т. е. мероприятий в рамках подсистемы контроля.

Методика работ по реализации программ эколого-геологического мониторинга заключается в применении методов, обеспечивающих получение и обработку информации о состоянии геологической среды в пределах исследуемого геологического пространства (геосистемы).

Получение информации об условиях и факторах развития геологической среды возможно при анализе уже имеющихся материалов (создание исходной информационной базы), региональных и локальных оценок закономерностей развития геологических, гидрогеологических, биологических и других процессов.

В результате аналитических и оценочных построений составляется концептуальная модель развития геосистемы в рамках определяемых природно-территориальных и территориально-промышленных комплексов. Предлагается следующая иерархия оценки этих комплексов:

- обзорная оценка геоструктурного региона;
- региональная оценка административной области или части геоструктурного региона;
- специальная оценка территориально-промышленного комплекса;
- детальная оценка территории города или промышленного объекта.

Оценочные работы выполняются в комплексе с детальным анализом степени техногенной нагруженности. Методика работ для разных уровней расчленения геологической среды заключается:

— для инженерно-геологических регионов и соответствующих участков режимных наблюдений полевые работы базируются на проведении комплекса аэровизуальных наблюдений с привлечением данных аэрофотосъемки и материалов, полученных в рамках аэрокосмического мониторинга;

— на более низких иерархических уровнях первичный комплекс работ базируется на маршрутных обследованиях и выполнении комплекса региональных работ, связанных с количественной и качественной оценкой процессов, позволяющих контролировать динамику изменения геологической среды.

Из видов работ по ведению мониторинга необходимо выделить:

— комплекс рекогносцировочных маршрутных обследований, направленных на выяснение общих закономерностей развития геологических процессов и сингулярной оценки сложности эколого-геологической обстановки;

— комплекс специализированных обследований конкретного процесса, в том числе закономерностей его распространения, интенсивности воздействия на геосистемы и объекты народного хозяйства.

Ведение региональных исследований развития эколого-геологических условий должно подчиняться общей целевой программе — управлению природно-техническими геосистемами. Последовательность проводимых работ:

- дистанционное и наземное обследование и картирование в масштабах 1:500 000 — 1:200 000 и 1:500 000, дистанционное и наземное картирование в масштабах 1:10 000 — 1:25 000. Кроме таких обследований в системе региональной оценки проводятся опытные инженерно-геологические работы с оценкой свойств пород и гидрогеологических особенностей разреза;

- обследование, картирование и опробование участков, наиболее неблагоприятных в экологическом отношении;

- составление комплекта региональных карт и введение в базу данных карт условий и факторов геологических процессов, схем инженерно-геологического районирования, районных планировок, карт закономерностей распространения процессов;

- прогнозная оценка быстро изменяющихся факторов, корректировка объемов и последовательности выполнения комплекса работ для оценки геологической среды.

Анализ региональных закономерностей развития геологических процессов определяет выбор количества стационарных участков и основные параметры, необходимые для изучения на стационарах. Предлагается дифференцировать стационары на опорные участки и опытно-промышленные полигоны (ОПП — типовой участок территории или геолого-техногенной системы, где проводится широкий комплекс натурных, лабораторных и специальных работ для оценки состояния, мониторинга и прогноза геологической среды). Принципиальное различие между ними заключается как в масштабах изучения геологической среды, так и в видах исследований.

Выбор опорных участков и организация наблюдений осуществляются по принципу их репрезентативности. При этом должно обеспечиваться получение достаточного объема информации о параметрах геологической среды, используемых при прогнозировании. Необходимо также определить динамичность изучаемого процесса и составить концептуальную модель. Работа на участках стационарного изучения геологических процессов заключается в получении параметров естественно-исторического и техногенного развития определенных геосистем. Принципы, положенные в организацию режимной сети, соответствуют требованиям программы «Литомониторинг СССР» и методических руководств. Организационно-структурные функции службы стационарного изучения геологической среды заключаются в организации режимной сети по наблюдению за геологической средой; организации экологических наблюдений за загрязнением геологической среды; сборе информации; обработке информации и введении ее в банк данных; решении задач прогноза и оптимизации.

Важное условие повышения корректности оценки состояния геологической среды — корреляция полученных результатов регионального мониторинга (региональная режимная сеть) с результатами локального мониторинга, выполняемого для успешного функционирования геосистем, и специального мониторинга, осуществляемого инженерно-геологическими службами разных ведомств.

Таким образом, главным требованием при организации системы контроля является максимальный охват условий и факторов, влияющих на изменение геологической среды. Режимные сети опорных участков разных категорий имеют иерархическую подчиненность и отличаются количеством и видами исследований параметров геологической среды. На любом из этих уровней ведущим принципом обоснования

видов исследований является их роль в характеристике экологической обстановки.

Опытно-производственные полигоны создаются для отработки методик управления геологической средой, ориентированы на конечное число дестабилизирующих воздействий (конкретные виды загрязнения, их комбинации, развитие отдельных видов геологических процессов либо определенных парагенетических ассоциаций). Отсюда вытекает, что исследования на полигонах необходимо начинать при наличии конкретных целевых программ управления.

На опытно-производственных полигонах следует оборудовать сеть опытно-производственных участков, где детальному исследованию подвергаются не более одного-двух процессов либо одна парагенетическая их ассоциация. Характерной особенностью опытно-производственных участков, ориентированных на эколого-геологические исследования, является осуществление в условиях техногенного воздействия следующей модели: геосистема — процесс — управление — анализ — выявление экологической составляющей — эколого-геологический прогноз — управляющее воздействие. При этом детально изучается комплексное влияние объекта — загрязнители геологической среды — и определяются конкретные меры по улучшению экологической обстановки.

Особо следует остановиться на региональных эколого-геологических работах. При решении вопросов улучшения экологической обстановки коренная проблема заключается в получении «стартовой» информации о состоянии геологической среды, т. е. о характере и видах техногенных воздействий на отдельные регионы. Осуществление такого рода работ включает эколого-геологическую разведку и съемку территории. В методическом отношении эколого-геологические работы представляют собой сочетание стандартных геолого-съемочных работ с комплексной оценкой техногенного воздействия. При этом необходимо отразить современное состояние, структуру и свойства горных пород, состав и условия залегания подземных вод, газовых компонентов и биоты, степень их техногенных нарушений по сравнению с данными предыдущих съемок.

Так, для организации соответствующих стационаров необходимо проведение целенаправленных разномасштабных геолого-съемочных работ (от 1 : 50 000 — 1 : 200 000 до 1 : 25 000 — 1 : 10 000), где результирующим материалом были бы карты «риска» или «усложнения условий освоения» с количественной оценкой территорий по сложности освоения и динамике техногенных воздействий.

Таким образом, можно представить первоочередные задачи при реализации программы эколого-геологического мониторинга для условий Украины:

- 1) региональная характеристика геологической среды («стартовая» характеристика) в условиях современной техногенной нагрузки; осуществляется геолого-съемочными организациями в ходе специализированных эколого-геологических съемок разного масштаба (1 : 200 000 — 1 : 50 000);

- 2) организация региональной режимной эколого-геологической сети на участках первой категории и (за счет усложнения характера исследований) проведение дополнительных работ на уже существующих стационарах; создание новых комплексных стационаров и проведение на них необходимого комплекса работ;

- 3) организация режимной эколого-геологической сети на участках второй и третьей категорий, где критериями выделения являются не только геологические процессы, но и виды загрязнения;

- 4) организация специализированной эколого-геологической сети на отдельных народнохозяйственных комплексах без ведомственной их подчиненности;

- 5) разработка и опробование научно-методических основ эколого-геологического прогнозирования и управления геологической средой;
- 6) организация опытно-производственных полигонов;
- 7) разработка региональных программ улучшения экологической ситуации;
- 8) реализация управляющих воздействий на геологическую среду.

IV.3.1. Создание общей системы накопления и обработки геологической и эколого-геологической информации

Любая форма человеческой деятельности подразумевает операции, которые позволяют выделять события, отмеченные как значительные, анализировать определенного рода факты, представлять некоторые сведения в заранее заданной форме и, наконец, сообщать потребителю неизвестную ему ранее информацию. На этой стадии создается автоматизированная система, которая понимается как совокупность средств и методов, позволяющих собирать, перемещать, обрабатывать и передавать потребителю отобранную информацию [IV.11].

Классическим воплощением системы накопления и обработки любой, в том числе геологической и эколого-геологической, информации является ЭВМ.

Структуру автоматизированной информационной системы (АИС) можно представить в виде трехуровневой системы [IV.36]: 1) программное обеспечение операционной системы для выбранной ЭВМ; 2) системы управления базами данных (СУБД), связанные с описанием и манипулированием данными; 3) программное обеспечение АИС, ориентированное на весьма узкий набор приложений и реализуемое в виде пакетов прикладных программ.

Учитывая, что в настоящее время среди массового пользователя распространен новый класс микропроцессорной техники — персональные ЭВМ (ПЭВМ), будем излагать основные концепции развития АИС применительно к этому классу вычислительных машин, тем более что в ближайшем будущем основными техническими средствами отечественного производства для автоматизации учрежденческих работ станут 16-разрядные ПЭВМ типа ЕС-1841, аналогичные IBM PC [IV.37]. 16-разрядные ПЭВМ IBM PC, в том числе и отечественные ЕС-1840, ЕС-1841, работают под управлением операционной системы MSDOS фирмы «Microsoft», что определяет выбор первого уровня АИС. Второй уровень АИС включает выбор системы управления базами данных. Среди выбранного нами класса ПЭВМ наиболее распространена СУБД dBase III Plus [IV.37] фирмы «Ashton Tate». И, наконец, третий уровень АИС — пакеты прикладных программ, ориентированных на узкий набор приложений. Среди приложений такого рода распространены пакеты: 1) AUTOCADU — система автоматизированного проектирования; 2) Интер-Эксперт — интегрированная система для создания прикладных систем с базами данных и знаний (разработка Советско-Болгарского научно-исследовательского и проектного института «Интерпрограмма»).

Использование такого рода пакетов предоставляет в распоряжение пользователя следующие основные приложения: обработка текстов; обработка табличных данных; ведение реляционных баз данных; получение деловой графики.

При проектировании баз данных принято выделять три этапа — концептуальное, логическое и физическое.

Задачи концептуального проектирования в области создания баз геологической и эколого-геологической информации состоит в оценке

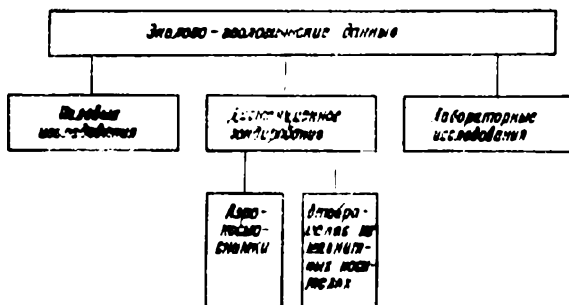


Рис. IV.8. Концептуальная модель эколого-геологических данных

информационных потребностей геологических и эколого-геологических исследований, а также перечня данных, полученных при их проведении и необходимых для обеспечения этих потребностей.

В общем случае концептуальное проектирование начинается с определения целей и задач, стоящих перед эколого-геологическими исследованиями. Цели и задачи высшего уровня расчленяются до тех пор, пока в результате декомпозиции не будет достигнут уровень приложений и функций, выполнение которых возможно без дальнейшего разбиения. Далее определяются информационные потребности каждого приложения, и для тех из них, которые будут автоматизированы, определяются требования к данным [IV. 39].

Принятие решения о необходимости автоматизации тех или иных функций деятельности геолога и фиксирование уровней концептуальной модели геологических и эколого-геологических данных предполагает тщательный анализ возможной будущей эффективности автоматизированных функций.

Как показывает опыт, заманчивая перспектива автоматизировать абсолютно все, переложив все функции на ЭВМ, на практике не реализуема. Именно это, а также уровень программного обеспечения ПЭВМ предполагают принципиально новый качественный уровень АИС на основе диалога человек — машина.

На рис. IV.8 приведена концептуальная модель эколого-геологических данных.

В традиционных представлениях геологических данных в первичных документах и отчетах, как правило, не учитываются требования, предъявляемые к данным, обрабатываемым с помощью ЭВМ. Из-за отсутствия единых для всех организаций, проводящих геологические исследования, требований к представлению данных мы находимся перед фактом чрезвычайно большого разнообразия форм такого представления.

Логическое проектирование баз данных предполагает описание их логической структуры. Описать логическую структуру данных — значит указать, какие данные и в какой форме геолог должен представить для ввода в память ЭВМ.

Прежде чем говорить об описании логической структуры геологических данных, необходимо выяснить, существуют ли такие внутренние свойства данных, которые можно было бы использовать при объединении элементов данных в группы и далее элементы в структуры?

Учитывая, что для конкретного объекта исследований постоянны цель исследований, набор применяемых методов геологических исследований и некоторые другие параметры, выделим в комплексе геоло-

гических данных следующие структурные уровни — объект, выработка (точка или область исследования), стратиграфическая привязка выделенных горизонтов, вид геологических исследований, элемент геологических данных.

Особо следует остановиться на таком специфическом для геологических исследований виде информации, как геологические карты и разрезы. Эти виды информации являются конечным продуктом геологического исследования и могут присутствовать в базе данных как отчетный документ.

С помощью таких специализированных устройств, как дигитайзеры и видеосканеры, графический материал может быть преобразован в цифровой вид и сохранен в базе данных. Таким же образом могут быть сохранены аэро- и космические снимки.

Физическое проектирование базы данных отражает характер их расположения на магнитных носителях. И если на этапе логического проектирования при описании логической структуры данных все находится во власти геолога, то на этапе физического проектирования все, или практически все, определяется системой управления базами данных. Геолог задает число и характер полей данных, а СУБД управляет расположением данных на магнитном носителе.

IV.3.2. Система сбора информации, ее накопление и обработка

В настоящее время нет единой системы сбора геологической информации. За таковую нельзя принимать территориальные геологические фонды, содержащиеся в своих хранилищах отчеты и картографический материал. Поэтому основные усилия исследователя уходят на анализ имеющейся по изучаемой проблеме информации. Время, затрачиваемое на этом этапе, составляет около 50 % творческого времени исследователя [IV.13].

Имеет смысл обратиться к результатам зарубежных исследований по данной проблеме. В информационном обзоре [IV.11], посвященном проблеме баз данных и применению ЭВМ в инженерно-геологических исследованиях, авторы анализируют опыт СССР, ЧССР, ПНР, ФРГ, ГДР, Швеции, Франции, США. Практически все проекты и действующие системы сбора геологической информации, ее накопления и обработки основаны на использовании достаточно мощных ЭВМ (IBM 360/370 и др.) и телекоммуникационного доступа.

Геологу предоставляется возможность на основе обращения к прикладным программам получить информацию: о скважине (группе скважин), ее местоположении; о геологическом профиле; о гидрогеологических и геотехнических испытаниях с оформлением результатов в виде, удобном для непосредственного включения в отчет; карты фактических данных, карты элементов инженерно-геологических условий с принципами типологического районирования, специализированные карты, отображающие оценку окружающей среды, на основе комбинации карт отдельных компонентов инженерно-геологических условий.

В этом направлении далее всего шагнули исследователи Японии, создав единую информационную систему, включающую сведения о землепользовании, картографии, метеорологии, строительстве, транспорте и т. д.

Имея в своем распоряжении базу данных такого широкого профиля, исследователь, приступая к конкретной проблеме, сможет получить необходимую информацию не только в своей узкоконкретной области, но и в смежных областях.

Естественно, что вступая в область эколого-геологических иссле

дований, обязательно придется обратиться к смежным областям, таким, как медицина, биология, география, земледование и др.

Отсюда следует, что ориентация на создание узкоспециализированной, только геологического профиля, базы данных может стоить нам решения самой проблемы — геоэкологии.

IV.3.3. Применение информатики и вычислительной техники в системе мониторинга

В самом общем смысле мониторинг — это наблюдение, контроль и управление. Наблюдая, получаем данные, из которых в процессе контроля извлекается информация для выработки управляющих решений.

Практика показывает, что как бы тщательно ни были спланированы наблюдения, данные всегда включают помехи и не содержат явно выраженных эффектов, на основе которых могли бы быть приняты решения для управления.

Процессы передачи и обработки информации изучает одна из фундаментальных естественных наук — информатика [IV.15]. Технологія информационного обслуживания построена на использовании ЭВМ. Мировой парк вычислительных машин занят обработкой данных в намного большем объеме, чем вычислениями [IV.40].

Применение информатики в системе мониторинга позволяет решить многие проблемы, связанные с передачей и переработкой эколого-геологической информации. Только на основе широкого внедрения информатики возможно принятие правильных управляющих решений в системе мониторинга.

IV.4. УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Уровни управления состоянием геологической среды в системе регионального мониторинга. Управление в рамках мониторинга — функция человека по отношению к геологической среде, обеспечивающая оптимальное развитие и эволюцию природной или природно-технической геологической системы. Такая функциональная зависимость имеет следующий вид:

$$Y_3 = \frac{T\Phi}{P_\Phi} \rightarrow (\Phi \cup O \cup C), \quad (IV.20)$$

где Y_3 — задача управления; T_Φ — техногенные факторы; P_Φ — природные факторы; Φ — функция управления; T — время управления; O — объект управления; C — организационный уровень.

Например, целевой задачей определенной геосистемы государственного и регионального уровня является удовлетворение потребностей общества в энергетических, минерально-биосферных ресурсах, осваиваемых территориях в рамках управляемого объекта. При этом кроме инженерно-геологических задач решаются также социально-экономические, экологические и др.

Необходимость конструирования региональной системы обусловлена тем, что она должна функционировать в оптимальном режиме постоянно. Задача управления геологической средой (инженерно-геологические аспекты) формулируется так: величина периода оптимального функционирования и степень неопределенности природно-технической

системы прямо пропорциональна ее размерам. Необходимо рассмотрение двух направлений в характеристике систем:

1) слабо изменяющихся во времени систем, параметры которых определяются постоянством и достаточностью для функционирования системы за счет внутренних энергоресурсов;

2) быстро изменяющихся систем, параметры которых определяются недостаточностью для функционирования за счет ограниченности энергетических полей.

Управление геологической средой — комплекс целенаправленных воздействий в рамках системы человек — окружающая среда, направленных на поддержание ее экологического равновесия (при описании стратегии, тактики и методики именно эта концепция должна быть доминирующей).

Взаимосвязь систем разного уровня определяется их «областями пересечения», в рамках которых происходит трансформация качественной и количественной информации, повышающая достоверность всей системы.

Выделены следующие аспекты управления:

— функциональный, отражающий планирование, контроль, регулирование управляющих воздействий;

— проблемный, отражающий задачу управления как формализованное представление о геологическом объекте, содержащее цель, ограничения, исходные данные и ожидаемый результат;

— деятельностный, отражающий организационные, технологические и технические вопросы управляющих воздействий.

По сути, функциональный аспект определяет деятельностный и в совокупности они представляют единую функционально-деятельностную программу управления.

Рассматриваемая концепция управления состоянием геологической среды заключается в последовательном приближении разных уровней, характеризующих управляющие воздействия.

Стратегия управления состоянием геологической среды. Стратегические инженерно-геологические аспекты управления состоянием геологической среды отражают выбор направлений, ориентированных на организацию деятельностных функций, исключающих развитие опасных экологических ситуаций в рамках крупных таксономических единиц исследуемой территории. Например, для Западного экономического региона Украины на уровне инженерно-геологических областей были определены основные аспекты параметров взаимодействия природных и техногенных факторов и условий, реализуемых с помощью оценки состояния существующих взаимоотношений различных условий и факторов (реальное состояние объекта) и определения «идеальных» взаимоотношений этих условий и факторов внутри системы. Оценка аспектов региональной системы проводится на основании анализа геологических, природно-климатических и техногенных ее элементов.

Геологические элементы системы включают оценки структуры и свойств горных пород на уровне формационных комплексов, геоморфологических условий и факторов на уровне генетических типов рельефа, гидрогеологических условий и факторов на уровне гидрогеологических областей и бассейнов. Природно-климатические элементы геологической среды охарактеризованы в результате анализа климатических, ландшафтных, почвенных условий и факторов. Типизация техногенной нагрузки при выборе стратегии развития геологической среды заключалась в выделении ландшафтно-хозяйственной обстановки как типа нагрузок (леса, луга и т. д.), промышленного и гражданского строительства, инженерных конструкций (промышленные зоны и объекты, жилищное строительство, линейные объекты).

Обоснование стратегии управления состоянием геологической среды

предусматривается в инженерно-геологических областях или информационных ячейках (частей геологического пространства, ограниченного сеткой 10×10 км). Картографической базой здесь служит комплект карт, отражающих комплексную оценку состояния геологической среды западных областей Украины (закономерностей развития и подверженности народнохозяйственных объектов влиянию экзогенных геологических процессов и т. д.).

Стратегия управления состоянием геологической среды зависит от задачи и определяет общую периодическую оценку состояния ее элементов, уточненную оценку состояния природно-технической системы при проектируемом строительстве АЭС, ГЭС и т. д. Она включает в себя также определение стратегии использования геологической среды при перспективном планировании в рамках инженерно-геологических регионов или областей геологического пространства, где для реализации стратегии управления в рамках региональной модели масштаба 1 : 500 000 может выполняться оценка этих областей или информационных ячеек.

Стратегия управления базируется на постановке проблемы (формализация элементов системы), отражающей содержание задачи (контроль, прогноз и управление состоянием геологической среды) в рамках, ограниченных исследуемой частью пространства, целевой задачей которой является отработка организационных, технологических и технических вопросов управляющих воздействий, исключающих развитие экологически кризисных ситуаций на период функционирования системы.

Решение тактических задач определяет детализацию стратегической оценки системы до выбора обоснованных условий воздействия человека на геологическую среду в рамках инженерно-геологических районов, геосистем разного целевого назначения или информационных ячеек соответствующего масштаба.

Выполнение управленческих функций определяют следующие условия: инвентаризация системы (текущая, исходная или повторная), оценка в связи с реализацией технического проекта, оценка в связи с выявлением неучтенных последствий реализации проекта (после прогноза влияния таких последствий). Во всех отмеченных случаях процедура управленческого решения базируется на информации об объекте. Необходимо заметить, что при повторной инвентаризации системы возможны новые управленческие решения, принципиально отличающиеся от исходных в связи с изменением информации о состоянии системы.

Рассматривая конкретные случаи применения данных теоретических разработок, следует остановиться на том факте, что для каждой из рассмотренных природно-технических систем есть свой набор параметров, определяющий симптомы неустойчивого состояния системы и возможность определения «геоэкологического синдрома» территории. Таким образом, «синдромом» территории следует считать определенную взаимосвязь условий и факторов геологической среды («симптомов»), характеризующих степень риска существующих и проектируемых объектов.

В итоге следует отметить, что представленные научно-методические и практические вопросы организации мониторинга геологической среды получили реальное отражение (по крайней мере инженерно-геологическая направленность мониторинга) в разработанной для западных областей Украины методике. При ее реализации возможно осуществление полной процедуры управления (от организации подсистемы контроля до управляющих воздействий) в пределах различных природно-технических систем — региональных (масштаба 1 : 1 000 000 и мельче),

среднемасштабных (1 : 500 000 — 1 : 200 000), детальных (1 : 500 000 — 1 : 25 000 — 1 : 5000), специальных (1 : 25 000 — 1 : 10 000) и отдельного геологического объекта.

IV.5. МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОСНОВЫ МОДЕЛЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИ ВЕДЕНИИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Создание информационных систем на базе ЭВМ при исследовании природных объектов в настоящее время приобрело широкое развитие за рубежом и у нас в стране. Информационная система позволяет в кратчайшие сроки (несколько секунд) получить необходимый справочный материал — в цифровом, текстовом или графическом виде, а также оперативно решать задачи прогноза и моделирования исследуемых систем. С помощью информационной базы данных возможна постановка комплекса разнообразных задач по экспертной оценке природно-технических систем и выбор оптимальных условий их функционирования. К сожалению, при изучении геологической среды, оценке развития геологических процессов недостаточно полно используются преимущества информационных систем. В то же время решение проблемы моделирования геологической среды определяет необходимость создания информационной основы моделей в виде базы (банка) данных. Информационная основа является связующим звеном в системе разномасштабных моделей и позволяет при определенном количестве и качестве информации получить достоверное представление о состоянии геологической среды.

Наличие информационной системы позволяет оперативно решить ряд прогнозных и справочных задач следующего характера:

- справочно-информационные (хранение информации в автоматизированной системе, извлечение в целях получения сравнительных оценок);
- картосоставительские и графопостроительные работы (составление карт и схем условий и факторов геологических процессов);
- математическое, концептуальное и имитационное моделирование (составление факторных моделей геологических процессов, совмещенных срезов карт условий и факторов, прогнозная оценка геологических процессов и т. п.).

Как база данных рассмотрена запоминающая система с минимально избыточной совокупностью сведений об объектах геологической среды. Эта совокупность включает информацию о самих объектах и об их связях. Представленные в определенной форме связи включаются в базу данных.

Наиболее оптимальным методом создания информационной основы моделей геологической среды является метод дифференциации информации на следующие информационные блоки:

- блок информации о геологической, инженерно-геологической, гидрогеологической изученности территории, информации о схемах районной планировки;
- блок информации, характеризующей естественно-исторические условия и факторы геологических процессов (геологические, геоморфологические, гидрогеологические);
- блок информации о региональных и локальных закономерностях геологических процессов, режимной сети, параметрах, характеризующих механизм и динамику процессов;
- блок информации о быстро изменяющихся условиях и факторах

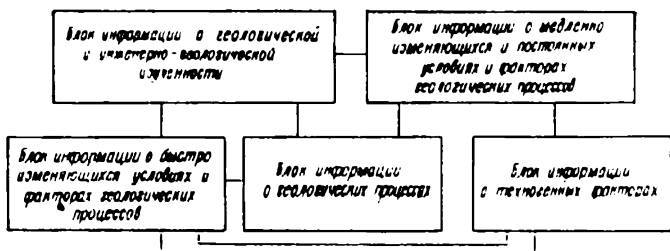


Рис. IV.9. Система информационных блоков в базе данных при введении мониторинга геологической среды и взаимосвязи между ними

геологических процессов (осадки, температура воздуха и почвы, расходы рек и т. п.);

— блок информации о техногенной нагрузке на геологическую среду (характеристика условий техногенного воздействия в рамках исследуемых природно-технических систем).

Функционирование информационной системы предусматривается на разных стадиях оценки геологической среды для ее использования в рамках решения проблем народнохозяйственного освоения территории (глобальная, региональная, специальная, детальная, локальная).

База данных построена с применением автоматизированной системы управления базой данных (СУБД). Один из наиболее надежных критериев при выборе СУБД — способность СУБД обеспечить создание относительно простой в эксплуатации базы данных для решения так называемых плохо обусловленных информационных задач, постановка которых часто изменяется в процессе их решения.

К особенностям СУБД (рис. IV.9) должно относиться следующее:

- отсутствие требований к иерархии структур данных;
- развитый язык описания данных, позволяющий определить значительное многообразие структурных данных и связей между ними;
- возможность гибкого поиска информации с использованием метода частично инвертированных файлов;
- широкие возможности оперативного управления данными, благодаря которым пользователь может наиболее эффективно применить информацию;
- полный набор программы — утилит базы данных, позволяющий создавать, поддерживать и контролировать базу данных с минимальными усилиями.

СУБД представляет пользователям следующие основные средства манипулирования данными:

- язык запросов, с помощью которого пользователь может формулировать команды к базе данных на естественном языке;
- средства записи информации, с помощью которых пользователь может выбирать, формализовать и выводить информацию из базы данных;
- микрогенератор, предназначенный для автоматического создания модулей интерфейса между прикладной программой и ядром, применение микрогенератора обеспечивает полную независимость данных и прикладных программ;
- средства группового обследования, с помощью которого одна копия СУБД может быть использована для поддержания работы в интерактивном и пакетном режимах;
- своевременные средства защиты данных, которые обеспечивают

физическую и логическую целостность базы данных в случае аппаратных сбоев и программной ошибки;

— средства безопасности данных, с помощью которых предотвращается несанкционированный доступ и обновление информации в базе данных.

Гибкость СУБД обусловлена следующими свойствами:

— способностью определять широкое многообразие типов и структур данных в банке данных;

— способностью выбирать данные на уровне поля, а не на уровне записи, что обеспечивает независимость данных при пользовании от способа организации их хранения;

— способностью устанавливать новые поля внутри существующих файлов, динамически преобразовывать неключевые поля в ключевые, динамически создавать и аннулировать логические связи между файлами, расширять общий объем банка данных.

Все перечисленные процедуры выполняются без создания заново, перегрузки или реорганизации банка данных каким-либо способом.

Пользователями информации может быть любой потребитель, применяющий информацию об условиях и факторах геологических процессов, результаты прогноза для оценки инженерно-геологического риска при техногенном воздействии на геологическую среду.

Формирование блоков информации и идеология действий при подготовке информации для введения в банк данных имеет ряд особенностей. Не анализируя детали технического характера, вкратце рассмотрим основные методические аспекты при формировании базы данных в системе мониторинга геологической среды и пути реализации унифицированной системы контроля за ее состоянием для принятия управленческих решений.

Технологически место информационной системы в структуре эколого-геологического мониторинга находится в системе контроля, с помощью которой осуществляется сбор информации и введение ее в базу данных. Из базы данных происходит извлечение информации и на ее основе — исследование закономерностей и моделирование объекта, после чего выполняются процедуры прогноза и управления. На конечном этапе цикла мониторинга происходит корректировка системы контроля. В результате получается замкнутая, постоянно функционируемая система контроля, оценки, прогноза и управления состоянием геологической среды. Основные трудности при формировании базы данных: разработка классификаторов; привязка информации к картографическим изображениям геологической среды; получение информации из базы данных.

Разработка классификаторов для кодирования численной и нечисленной информации вызвана необходимостью оперативной обработки и ранжирования информации. При этом численная информация, как правило, записывалась числовыми значениями, нечисленная — буквенными обозначениями. В процессе подготовки к реализации базы данных были составлены классификаторы по стационарной сети, возрасту пород (дочетвертичные и четвертичные отложения), свойствам пород, гидрологическим, геоморфологическим, ландшафтно-климатическим условиям развития геологических процессов. Выполнен комплекс работ по подготовке классификаторов геологических процессов (оползни, сели, карст). Составлен классификатор по параметрам техногенной нагрузки.

Задача моделирования геологической среды требует постоянного анализа связей между блоками информационной системы. Были выделены информационные блоки с двух- и трехсторонними связями; информационные блоки с односторонними связями; проведена оценка связей между отдельными компонентами одного и того же информа-

ционного блока; выполнена комплексная оценка взаимосвязи нескольких информационных блоков внутри системы.

При изменении или корректировке задачи информационная система может быть изменена в зависимости от целевых установок. Характерная черта базы данных — она содержит данные для многих пользователей (является универсальной).

Важная задача, которая реализуется в процессе создания базы данных, — кодирование и введение в информационную систему параметров геологических процессов и математически обоснованное разделение территории для создания равномасштабных моделей геологической среды на региональном уровне (масштабы 1:500 000; 1:200 000; 1:100 000; 1:50 000; 1:25 000; 1:10 000; 1:200). В связи с этим равномасштабная картографическая основа для привязки геологических объектов в конечном счете должна быть аналитически связана с географическими координатами. Координаты в рамках картографической основы для переноса информации в банк данных массива формируются так, чтобы сохранилась возможность адекватного перевода информации из масштаба в масштаб. При этом вся исследуемая территория в рамках географических координат может быть разделена на равновеликие квадраты размером 10×10 км², т. е. сетку со стороной 10 км. Для каждого квадрата, построенного в картографической схеме масштаба 1:500 000, вводятся координаты путем деления стороны квадрата на отрезки длиной 2 мм, что соответствует в масштабе 1 км. Эти дополнительные координаты обеспечивают возможность нахождения геологического объекта с точностью до 1 км. Для каждого квадрата размером 1×1 км² вводятся дополнительные координаты из четырех цифр, что позволяет уточнить привязку объекта с точностью до 10 м.

Следовательно, чтобы привязать любую точку с точностью ± 10 м на карте масштаба 1:500 000, необходимо по описанной выше методике в строгой последовательности записать 13 цифр.

Цифровая индексация объекта соответствует его привязке к любому масштабу.

Таким образом, в рамках процедуры подготовки информации к ее введению в базу данных можно использовать равномасштабную систему карт — от 1:500 000 до 1:2000.

Поскольку в базу данных вводятся информационные признаки, касающиеся условий и факторов геологических процессов по имеющейся системе координат, предлагается сконструировать равномасштабную оперативную систему оценки состояния геологической среды в рамках элементарных ячеек для разных типов моделей. Процедура анализа информации в конструируемой модели геологической среды состоит в суммарном наложении и математическом анализе карт условий и факторов геологических процессов, которые в целом показывают влияние каждого фактора на состояние геологической среды, в том числе и характер техногенной нагрузки.

Например, для модели геологической среды масштаба 1:500 000 предлагается кодирование следующих типов карт: геологического строения; тектонической; геоморфологической; четвертичных отложений; среда развития геологических процессов; подверженности народнохозяйственных объектов воздействию геологических процессов; хозяйственной деятельности и ее влияния на геологическую среду (1950-е гг.); хозяйственной деятельности и ее влияния на геологическую среду (1980-е гг.).

Совмещение перечисленных карт в системе идентичных координат базы данных геологической среды отражает интегральную оценку условий и факторов с учетом техногенной нагрузки. При разработке определенной системы баллов возможна количественная оценка инфор-

мационной ячейки. Аналогичные процедуры принципиально выполнимы с любой другой картографической информацией. Модель может быть усилена численной и нечисленной информацией, касающейся условий и факторов развития геологических процессов при проведении стационарных работ.

Получение любой информации из базы данных включает в себя запрос, по которому на дисплее в требуемом виде высвечивается информация; ее можно зафиксировать с помощью печатающего устройства.

База данных постоянно пополняется информацией об условиях и факторах геологических процессов и в комплексе с целевыми задачами рационального использования геологической среды является информационным стержнем системы мониторинга. В этом аспекте важным действием служит экспертиза модели геологом и программистом. Важнейшими критериями оценки конкретных программ следует рассматривать характер разных типов параметров и степень неопределенности взаимосвязей между ними. Наиболее приемлемы следующие виды моделирования: вероятностные и детерминированные модели; линейные и нелинейные модели; стационарные или динамические модели; прогнозные модели.

Все перечисленные виды моделирования определяют имитационные процедуры по оценке состояния геологической среды.

Важную роль играет использование результатов моделирования геологической среды. При любом виде моделирования необходимо осуществлять оценку нескольких вариантов типов деятельности, генерированных моделью. В связи с этим каждый из вариантов необходимо оценить с экономической, социальной и экологической стороны в количественной форме или по степени значимости. При наличии данной информации можно использовать разные способы выбора оценок результатов моделирования для анализа комплексных программ по рациональному использованию геологической среды.

Таким образом, реализация информационной системы в виде базы данных определяет решение задачи контроля за состоянием геологической среды. Перспективы использования базы данных заключаются в возможности постоянного пополнения банка данных информацией, получаемой при стационарном и региональном изучении геологических процессов и уточнении их прогнозной оценки для корректировки техногенной деятельности при освоении геологической среды. В процессе полевых работ документацию необходимо заполнять так, чтобы была возможна непосредственная ее передача для введения в базу данных.

Представленная методика может быть использована при наличии ЭВМ типа ЕС, СМ, а также персональных компьютеров разных модификаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- IV.1. *Авиакосмическая спектрометрическая микропроцессорная система СКИФ.*— Минск: Ин-т физики АН БССР, 1985.— 3 с.
- IV.2. *Алексахин Р. Я.* Ядерная энергетика и биосфера.— М.: Энергоиздат, 1982.— 178 с.
- IV.3. *Белицкий А. С., Орлов Б. И.* Охрана подземных вод от радиоактивных загрязнений.— М.: Медицина, 1968.— 208 с.
- IV.4. *Бондарев А. А., Дибобес И. К., Пюсюлян К. И.* Об оценке радиационной обстановки в районе расположения АЭС при неконтролируемом поступлении радионуклидов во внешнюю среду // Атом. энергия.— 1986.— 60, вып. 2.— С. 138—139.
- IV.5. *Боревский Б. В., Самсонов Б. Г., Язвин Л. С.* Методика опреде-

- ления параметров водоносных горизонтов по данным откачек.— М. : Недра, 1979.— 320 с.
- IV.6. Виевский В. В., Новак Г. Я. Основы физики горных пород.— М. : Недра, 1973.— 235 с.
- IV.7. Гавриленко Н. М., Яковлев Е. А. Особенности геоэкологических исследований в условиях техногенного воздействия // Геоэкологические исследования в СССР.— М. : ВСЕГИНГЕО, 1989.— С. 28—37.
- IV.8. Гальперин А. М., Зайцев В. С., Нерватов Ю. А. Гидрогеология и инженерная геология.— М. : Недра, 1989.— 383 с.
- IV.9. Горловский Б. Л., Шехтман Л. М. Организация гидрогеологической службы на площадках тепловых электростанций.— М. : Минэнерго СССР, 1971.— 44 с.
- IV.10. Горловский Б. Л., Шехтман Л. М., Нестеренко Г. Ф. и др. Сооружение атомных электростанций.— М. : Минэнерго СССР, 1985.— 32 с.
- IV.11. Грушка М., Мареш И. Базы данных и ЭВМ в инженерной геологии.— Прага : Геол. о-во, 1981.— 53 с.
- IV.12. Дворов И. М., Дворов В. И. Освоение внутриземного тепла.— М. : Наука, 1984.— 160 с.
- IV.13. Добров Г. М. Наука о науке.— Киев : Наук. думка, 1970.— 257 с.
- IV.14. Допустимые выбросы радиоактивных и вредных химических веществ в приземной слой атмосферы / Под ред. Е. Н. Теверовского, И. А. Терковского.— М. : Атомиздат, 1982.— 306 с.
- IV.15. Ершов А. П. Информатика: предмет и понятия // Вестн. АН СССР.— 1984.— № 2.— С. 112—118.
- IV.16. Залесский Б. Б. Методы исследований физико-механических свойств горных пород // Тр. ИГТМ АН УССР.— 1958.— Вып. 13.— С. 3—9.
- IV.17. Изразль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды.— Л. : Гидрометеиздат, 1984.— 470 с.
- IV.18. Каган А. А. Инженерно-геологическое прогнозирование.— М. : Недра, 1984.— 196 с.
- IV.19. Кобец Н. И. Оптические свойства листьев растений как основа для дистанционной диагностики их состояния: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / АН УССР. Ин-т физиологии растений.— Киев, 1988.— 15 с.
- IV.20. Козлов В. Ф. Справочник по радиационной безопасности.— М. : Энергоатомиздат, 1987.— 192 с.
- IV.21. Кузьмина И. В., Садов А. В., Бурлешин М. И., Пискун И. И. Основные положения по организации и проведению работ на полигонах аэрокосмического мониторинга геологической среды (АКМГС): Методические указания / ВСЕГИНГЕО. Введ. 1986.— М., 1986.— 34 с.
- IV.22. Ложе И. Информационные системы: методы и средства.— М. : Мир, 1979.— 632 с.
- IV.23. Лялько В. И. Методы расчета тепло- и массопереноса в земной коре.— Киев : Наук. думка, 1974.— 132 с.
- IV.24. Лялько В. И. Тепломассоперенос в литосфере.— Киев : Наук. думка, 1985.— 260 с.
- IV.25. Лялько В. И., Бут Ю. С., Филиппов Ю. Ф., Шнейдерман Г. А. Моделирование гидрогеологических условий охраны подземных вод.— Киев : Наук. думка, 1980.— 190 с.
- IV.26. Лялько В. И., Вульфсон Л. Д. Применение дистанционной ИК-съемки для выделения активных разломных зон // Геол. журн.— 1988.— № 3.— С. 71—75.
- IV.27. Лыков А. В. Теория теплопроводности.— М. : Высшая шк., 1967.— 600 с.

- IV.28. *Мартин Дж.* Организация баз данных в вычислительных системах.— М.: Мир, 1980.— 662 с.
- IV.29. *Метеорология и атомная энергия.*— Л.: Гидрометеиздат, 1971.— 648 с.
- IV.30. *Павлоцкая Ф. И., Федорова З. М., Емельянов В. В. и др.* Содержание плутония в почвах Советского Союза // Атом. энергия.— 1985.— 59, вып. 5.— С. 382—383.
- IV.31. *Рабочая книга по прогнозированию* / Отв. ред. И. В. Бестужев-Лада.— М.: Мысль, 1982.— 430 с.
- IV.32. *Рудько Г. И., Молодых Ив. И.* Теоретические и методические основы мониторинга геологической среды Украины.— Киев: Знание, 1990.— 32 с.
- IV.33. *Руженцова И. Н., Семенова Р. В., Теверовский Е. Н. Терновский И. А.* Особенности распространения в приземном слое атмосферы радионуклидов, выбрасываемых при регенерации твэлов // Атом. энергия.— 1985.— 59, вып. 5.— С. 373—375.
- IV.34. *Ситников А. Б.* Динамика влаги и солей в почвогрунтах зоны аэрации.— Киев: Наук. думка, 1986.— 151 с.
- IV.35. *Соломатин В. Н., Рудько Г. И.* Методические рекомендации по основным принципам ведения мониторинга геологической среды для НИРС и студентов.— Симферополь: Симфероп. фил. Днепропетр. инж-строит. ин-та, 1990.— 48 с.
- IV.36. *Стогний А. А.* Предисловие ко второму русскому изданию: Дж. Мартин. Организация баз данных вычислительных систем.— М.: Мир, 1980.— С. 5—6.
- IV.37. *Стогний А. А., Аняньевский С. А., Барсук Я. И. и др.* Программное обеспечение персональных ЭВМ.— Киев: Наук. думка, 1989.— 368 с.
- IV.38. *Трофимов В. Т., Епишин В. К.* Литомониторинг — содержание, структура, роль инженерной геологии в его организации // Инженерная геология и геологическая среда.— М.: ВСЕГИНГЕО, 1989.— С. 71—77.
- IV.39. *Хаббард Дж.* Автоматизированное проектирование баз данных.— М.: Мир, 1984.— 296 с.
- IV.40. *Цымбал В. П.* Информатика и индустрия информации.— Киев: Вища шк., 1989.— 160 с.
- IV.41. *Яковлев Е. А.* Расчет объема депрессии подземных вод в радиальном потоке.— М., 1977.— 7 с.— (Гидрогеология и инженерная геология: Экспресс-информация ВИЭМС/ВНИИ эконом. минер. сырья и геол.-развед. работ; № 1).
- IV.42. *Яковлев Е. А.* Основные направления охраны геологической среды при строительстве АЭС на территории УССР // Инж. геология.— 1986.— № 3.— С. 16—19.
- IV.43. *Яковлев Е. А., Оставяненко А. И.* Методика гидрогеохимического мониторинга геологической среды в районах размещения АЭС // Разведка и охрана недр.— 1988.— № 2.— С. 43—50.

V. ВОПРОСЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ОСНОВАХ ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

Проблема рационального использования геологической среды и ее правовой охраны имеет много специфических особенностей, которые трудно полно осветить в кратком очерке. Поэтому из общего конгломерата правовых актов, связанных с геологической средой, возьмем наиболее характерные нормативные акты, касающиеся Земли, ее недр и дна Мирового океана. Это три крупных блока законодательных актов: об охране и рациональном использовании Земли — Земельное законодательство; об охране ее недр — Законодательство о недрах; использование дна Мирового океана — Законодательство о рациональном использовании морского дна. Все эти нормативные акты имеют общую направленность (охрана и сохранение отдельных природных богатств) и в то же время свою специфику не только по характеру правовых норм в пределах их действия, но и по уровню их принятия, так как они регулируют правовые отношения как национальные, так и международные. Освещение правовых проблем, возникающих при освоении геологической среды, законодательных актов, регулирующих правоотношения по этим проблемам, в настоящей монографии будет активным подспорьем для ученых и практиков, работающих в области охраны и рационального использования геологической среды. Общими, объединяющими законодательными актами об охране геологической среды являются нормативные акты, касающиеся захоронения вредных отходов и их обеззараживания, об утилизации сточных вод и т. п. В условиях научно-технического прогресса, когда появляются огромные запасы опасных для человека атомных, химических, бактериологических материалов и отходов производств, надежная охрана геологической среды от их вредного воздействия становится весьма актуальной.

До последнего времени пользование геологической средой, земель, недрами, водами было бесплатным. В этом таилась опасность их варварской эксплуатации и разрушения. Огромные пространства занимались твердыми и жидкими отходами производства, терриконами и шлакоотстойниками, городскими свалками — все это следствие бесплатного пользования природными богатствами.

Развитие и укрепление прав и обязанностей пользователей природных ресурсов устраняет обезличенность ответственности за нерациональное использование и ненадежную охрану геологической среды.

Земля — одна из составляющих геологической среды. В земельном законодательстве правоотношения по землепользованию и охране исходят из двух свойств земли: географического как пространственного базиса и экономического как основного средства производства в ряде отраслей народного хозяйства, в первую очередь в сельском и лесном. В этом понимании Земля относится к уникальным невозобновляемым средствам производства, данным человеку самой природой. Она характеризуется природной, пространственной ограниченностью как в целом,

так и по землям сельскохозяйственного назначения. Состояние Земли как средства производства зависит от климатических и других природных факторов, техногенной нагрузки, промышленного освоения.

Роль Земли как средства производства в различных отраслях народного хозяйства неодинакова. В добывающих отраслях — это первичный арсенал труда, в промышленных отраслях и градостроительстве — пространство для размещения, в сельском хозяйстве — основное условие производства, его главное средство и предмет труда.

Все эти моменты до последнего времени регулировались «Основами земельного законодательства Союза ССР и союзных республик» [V.7], кодексами республик. Борьба республик за демократизацию и суверенитет повлекла за собой изменения и в земельном законодательстве.

В Украине процесс демократизации и провозглашения суверенитета был органически связан с изменением земельного строя и порядка землепользования. Острые дискуссии по этому поводу закончились в декабре 1990 г. принятием нового Земельного кодекса Украины [V.5]. В нем развиты демократические начала Декрета о земле (1917 г.) и вся земля передана в собственность народа Украины. Приоритет в землепользовании предоставлен теперь гражданину, а не предприятиям, колхозам, совхозам и другим организациям. Введена платность землепользования, разрешена аренда. Земля передается гражданам в пожизненное наследуемое владение. Все это, безусловно, заставит землепользователей бережно относиться к земле, повысит их ответственность за охрану почв и недр земли.

Вопросы рационального землепользования и охраны земли относятся к тем разделам земельного законодательства, которые регламентируют права и обязанности землепользователя, определяют ее целевое назначение.

Советский земельный закон всегда сочетал рациональное землепользование с охраной земли, и это является одним из основополагающих принципов природоохранного законодательства. Статья 10 «Основ...» [V.7] предусматривает в интересах настоящего и будущих поколений регулировать земельные отношения так, чтобы научно обосновывать органическую связь рационального землепользования с охраной земли. Такие положения содержатся в ст. 2 Земельного кодекса Украины 1990 г. [V.5]. Обращает на себя внимание то, что в 1980—1981 гг. статьи земельного законодательства Союза и республик, которые касались рационального землепользования, были дополнены положениями об охране земли. Это статья 5, пункты 5, 8 «Основ...» [V.4, ст. 6, п. 5, 8], ст. 6 «Основ...» [V.4, ст. 7], ст. 11 «Основ...» [V.4, ст. 23], ст. 13 «Основ...» [V.4, ст. 31], ст. 20 «Основ...» [V.4, ст. 47, 48] и др.

В последние годы в связи с интенсивным освоением больших земельных массивов для градостроительных и промышленных целей, экологической напряженностью земля стала нуждаться в надежной правовой защите — охране от засорения и загрязнения, в бережном отношении к ее использованию. Отрицательное влияние хозяйственной деятельности человека на землю острее всего проявляется в промышленных и густонаселенных районах Украины.

Земля занимает центральное место среди объектов охраны природы. Состояние земельных ресурсов определяет судьбы растительного и животного мира, здоровую окружающую среду. Здесь следует отметить, что в законодательстве об охране земли объектом охраны является ее самый верхний плодородный слой — почва, продуктивная основа растительного и животного мира, основное средство производства в сельском хозяйстве. На территории Украины выделено более 1200 почвенных разностей, каждая из которых имеет свою особенность в использовании и воспроизводстве. С этим слоем земли прямо или опосредованно

связаны и другие геологические объекты: недра земли, континентальный шельф, морская фауна и флора, подлежащие правовой охране [V.3, ст. 5, 6].

В Земельноохранном законодательстве понятия *земля* и *почва* употребляются как синонимы, однако первостепенное значение имеет охрана земель сельскохозяйственного назначения, особенно пахотных. В этой связи следует подчеркнуть, что объектом охраны являются все природные богатства как вовлеченные в хозяйственный оборот, так и неэксплуатируемые. На этом построена и господствующая в земельном праве научная концепция охраны земель, без использования которых, в особенности почв как основного средства производства продуктов питания и другой сельскохозяйственной продукции, немислимы жизнь человека и развитие общества в целом.

В Земельном кодексе Украины 1990 г. [V.5] вопросам охраны земель посвящен целый раздел (III). Охрана земель включает систему правовых, организационных, экономических и других мер, направленных на ее рациональное использование, предупреждение необоснованных изъятий земель, защиту от вредных техногенных влияний, обеспечение режима природоохранного, оздоровительного (рекреационного) и историко-культурного назначения.

Земля (почва) органически связывает живую и неживую природу, поглощает атмосферные осадки; сточные воды, углекислый газ из воздуха, перерабатывает органические вещества в неорганические, является питательной средой для растительного и животного мира и, следовательно, представляет собой важный экологический фактор природы.

Особенность почвы как природного ресурса — ее невозобновляемость. Истощение почвы, снижение или полная потеря плодородия ведут к уничтожению микроорганизмов, разрушению структуры почвы, гибели растительного и животного мира.

Отсюда выявляются и такие направления по охране земель:

— сохранение и повышение плодородия почв и других качеств земли;

— защита земель от водной и ветровой эрозии, селей, подтопления, заболачивания, загрязнения всевозможными отходами, разрушения;

— защита сельскохозяйственных угодий от зарастания кустарниками, мелколесом и других процессов ухудшения технического состояния земель;

— рекультивация нарушенных территорий;

— сохранение снятого плодородного слоя земли;

— временная консервация деградированных сельскохозяйственных угодий и другие мероприятия по охране земель в рамках международных и национальных программ [V.4, ст. 84].

Путем правильного, рационального землепользования можно добиться охраны такого важнейшего природного ресурса, как земля. Следствием этого является экологизация функции управления земельным фондом и землепользованием в условиях научно-технического прогресса.

Другой аспект — охрана земель, используемых как пространственный базис для размещения промышленности, транспорта, населенных пунктов, добычи полезных ископаемых. Здесь продуктивное качество земли — ее почвенный слой — не используется, и поэтому обращение с ней становится недопустимо вольным, а почвенный слой, на создание которого уходят десятки и сотни лет, безвозвратно губится. Охраняя землю, снижая до минимума вредные последствия технического освоения земли, закон [V.5, ст. 20, 21] предусматривает использование под промышленное, городское строительство, магистральные трубопроводы непригодных, непродуктивных для ведения сельского хозяйства земель либо земель худшего качества.

Предусмотрена также такая форма охраны земли, как снятие и хранение плодородного слоя, с тем чтобы перенести его на неплодородные участки земли либо на участки, подлежащие рекультивации после строительства, добычи полезных ископаемых или ведения геолого-разведочных работ. Предприятия, организации и учреждения, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых и торфа, проводящие другие работы, которые оказывают отрицательные воздействия на сельскохозяйственные, лесные и другие угодья за пределами предоставленных им в пользование земельных участков, обязаны осуществить мероприятия по предотвращению или максимально возможному ограничению отрицательных последствий, улучшению общей экологической ситуации в регионе, где нарушен почвенный покров.

Правительством Украины определена нормативная стоимость освоения низкопродуктивных и непродуктивных земель для рекультивации их под плодородные угодья. Закон регламентирует охрану земель от засорения и загрязнения промышленными и хозяйственными выбросами, сточными водами и отходами производства. Твердые, жидкие и газообразные отходы черной и цветной металлургии, угольной, химической и пищевой промышленности, тепловых электростанций, бытовой мусор городов занимают большие площади плодородных земель, ухудшают почвенное плодородие близлежащих земель. Только под складирование твердых отходов производства в связи с разработкой и добычей полезных ископаемых на Украине занято до 400 тыс. га. Шлаконаливники Лисичанского и Славянского содовых заводов заняли более 250 га земли, Коммунарский и Мариупольский металлургические комбинаты — около 400 га. Радиус вредного воздействия газовых выбросов на почву составляет от 2 до 12 км, а общая площадь загрязнения земель Украины газовыми выбросами доходит до 9 млн га.

Рациональное использование земли и ее охрана входят в единую систему природоохранного законодательства, так как земля органически связана с другими объектами природы и в регламентации охраны отдельных объектов природы не должно быть коллизий.

Другой составляющей геологической среды являются недра земли. Государственная собственность на недра Украины составляет основу горных отношений, т. е. отношений в области использования и охраны недр, создает условия для планового, рационального и комплексного пользования ими.

Украина изобилует значительными запасами различных полезных ископаемых. Среди горючих ископаемых ведущее место занимает каменный уголь, залежи которого сосредоточены в Донецком и Львовско-Волынском каменноугольных бассейнах, Днепропетровском буругольном бассейне.

В Украине выявлено 43 нефтяных, 114 газовых и газоконденсатных и 46 нефтегазовых месторождений, расположенных в Днепропетровско-Донецкой и Прикарпатской нефтегазоносных областях, Причерноморско-Крымской нефтегазоносной провинции. Имеются значительные запасы торфа, большие запасы руд различных элементов: железа (Криворожский, Керченский, Кременчугский, Белозерский железорудные районы), марганца (Никопольский бассейн), титана, ртуть, хрома, полиметаллов, алюминия, никеля, а также нерудного сырья — самородной серы, каменной соли и др. Простой перечень хранящихся в недрах украинской земли полезных ископаемых свидетельствует о том, что их научно и технологически необоснованные разработки и использование могут привести к серьезным нарушениям экологической ситуации, и потому вопросы охраны природы, бережное отношение к недрам украинской земли весьма актуальны.

В связи с расширением масштабов разработок полезных ископаемых, обуславливающих увеличение площади нарушенных земель, эта

деятельность приобретает новый смысл. Остановить этот процесс нельзя, так как народное хозяйство Украины постоянно увеличивает потребности в минеральном сырье, что вызывает необходимость в еще большем развитии разработок полезных ископаемых в недрах земли. Научно обоснованное использование недр земли органически связано с комплексным подходом к этой работе, учитывающим бережное отношение предприятий, организаций, учреждений и граждан к запасам полезных ископаемых недр и их экономное расходование в целях сохранения природных богатств для будущих поколений.

Нормативное регулирование отношений, возникающих в связи с разработкой недр земли, и их охрану содержал еще Крестьянский наказ о земле — неотъемлемая часть Декрета о земле 26 октября 1917 г. [V.2].

Закон об охране природы Украинской ССР [V.3] посвятил охране почв и недр отдельный раздел в ст. 7, в котором отмечается, что охране подлежат находящиеся в недрах запасы твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых. В то же время в процессе разработки недр должны осуществляться меры по охране земной поверхности и расположенных на ней построек, сооружений, водоемов и лесных насаждений от вредного воздействия горных выработок.

Таким образом, охрана недр не решается, не может решаться изолированно от охраны земли, других природных богатств (воды, лесов и т. д.). Все они органически связаны в едином природном конгломерате. Специальные нормы по рациональному комплексному использованию недр содержатся в Кодексе законов Украинской ССР о недрах [V.6], задачами которого является регулирование горных отношений в целях рационального использования и охраны недр, обеспечения безопасности работ при пользовании недрами. Кодекс о недрах, состоящий из 11 разделов, предметно регулирует отношения по управлению, пользованию и охране недр, правам и обязанностям пользователей недр, а также геологическое изучение недр, их охрану и, наконец, порядок разрешения споров и выполнения международных договоров по недрам. Законодательством определены основные направления охраны недр. Законом регламентируются:

- обеспечение полного и комплексного геологического изучения недр;
- соблюдение установленного порядка предоставления недр в пользование и недопущение самовольного пользования недрами;
- извлечение из недр и рациональное использование запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов;
- недопущение вредного влияния работ, связанных с использованием недрами, на сохранность запасов полезных ископаемых;
- охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождений или усложняющих их разработку;
- предупреждение необоснованной и самовольной застройки площадей залегающих полезных ископаемых и соблюдение установленного порядка использования этих площадей для других целей;
- предотвращение вредного влияния работ, связанных с использованием недрами, на сохранность эксплуатируемых и находящихся на консервации горных выработок и буровых скважин, а также подземных сооружений;
- предотвращение загрязнения недр при подземном хранении нефти, газа и иных веществ и материалов, захоронении вредных веществ и отходов производства, сбросе сточных вод [V.6, ст. 71].

Каждое из перечисленных направлений, охватывающих широкий

круг вопросов рационального использования и охраны недр, детально регламентируется законом, подзаконными актами, различными инструкциями и положениями.

В случае нарушения нормативных положений, причинения вреда недрам или создания условий для их уничтожения органы государственного надзора могут ограничить, приостановить или запретить пользование недрами.

Специальное положение принято Советом Министров УССР по порядку застройки площадей залегания широко распространенных полезных ископаемых (21.08.1980 г., № 492), которым разрешается строительство на площадях залегания таких полезных ископаемых и размещение в этом регионе подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, лишь в исключительных случаях.

Более категорично решается этот вопрос в отношении месторождений других полезных ископаемых. Исходя из того, что каждое такое месторождение состоит на учете, размещение его четко очерчено границами, закон запрещает проектирование и строительство населенных пунктов над такими месторождениями, возведение промышленных комплексов, народнохозяйственных объектов. Отвод территории под застройку, начало проектирования и строительства возможны только после получения заключения от территориальной геологической организации об отсутствии полезных ископаемых в недрах под участком предстоящей застройки. Это требование возникло в связи с тем, что в Украине такие крупные города, как Кривой Рог, Керчь, развивали свою застройку на территориях, в недрах которых залегают железные руды. По мере того как шли разработки, стал возникать вопрос о сносе строений, переносе центра города в другое место. Речь идет не только о том, что строения препятствуют разработкам, но и об опасности обрушения, нарушения экологической ситуации в городе.

Заключение территориальной геологической организации о возможности вести застройку в непосредственной близости от залегания полезных ископаемых должно предусматривать осуществление строительных и других мероприятий, обеспечивающих охрану недр, а также возможность их извлечения без ущерба для окружающей среды.

В развитие этого требования Закона об охране недр была разработана инструкция о порядке выдачи разрешения на застройку площадей залегания полезных ископаемых, в которой указано, что действует она на территории страны и в пределах континентального шельфа. При этом подчеркивается, что допускается строительство на площадях залегания полезных ископаемых только в особо необходимых случаях и при условии:

- возможности извлечения полезных ископаемых под объектами строительства с наименьшими потерями;

- консервации минимального количества балансовых запасов в природоохранных целях.

Предусматриваются и другие меры, обеспечивающие как цельность строений и сооружений на территории залегания полезных ископаемых, так и охрану самих полезных ископаемых.

Отдельно регулируется охрана участков недр, представляющих особую научную или культурную ценность. К ним относятся редкие геологические обнажения, минеральные образования, палеонтологические объекты и другие участки недр, которые охраняются законом. Для охраны таких геологических объектов принимаются специальные решения правительства или органов власти, которыми эти объекты объявляются в установленном порядке заповедниками либо памятниками природы и культуры. В зоне залегания такого рода полезных ископаемых запрещается всякая деятельность, нарушающая сохранность заповедников и памятников природы.

Охрана природы, недр земли не является мероприятием, которое можно решить в одночасье, действуя сугубо административными методами. Закон учитывает эту особенность и предусматривает участие общественности, трудовых коллективов, отдельных граждан в осуществлении мероприятий по охране недр и их рациональному использованию [V.6, ст. 79]. Перечень общественных организаций, которые имеют право принять участие в охране природы, не ограничен. Здесь и профессиональные союзы, организации молодежи, школьников, общества охраны природы, различные научные и просветительские общества, т. е. все организации и отдельные лица, которые проникнуты заботой о сохранении недр и способствуют тому, чтобы последующие поколения получили бы от нас недра земли во всем их природном разнообразии и величии.

С этой целью в законе конкретизируется право общественных организаций, трудовых коллективов и граждан на участие в деятельности законодательных и государственных исполнительных органов по охране недр и их рациональному использованию, государственные органы обязываются всемерно учитывать предложения общественных организаций, трудовых коллективов и граждан при осуществлении любых мероприятий по охране недр и их рациональному использованию.

В Украине законом определен и специальный орган по надзору и контролю за использованием и охраной недр. Это Государственный комитет республики по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горном деле и его органы на местах. Кроме контроля качества выполнения общей задачи Советы народных депутатов и их исполнительные и распорядительные органы также осуществляют государственный контроль за рациональным использованием и охраной недр [V.6, ст. 89]. В их задачу входит контроль за ведением работ по геологическому изучению недр, соблюдению порядка и эффективности ведения геолого-съемочных, поисковых, разведочных, гидрогеологических, инженерно-геологических, геофизических, геохимических и других работ, выполняемых предприятиями, организациями и учреждениями независимо от ведомственной подчиненности. Первостепенной задачей органов государственного надзора за использованием и охраной недр является контроль за работой всех предприятий и организаций, за правильностью ведения разработок месторождений полезных ископаемых и выполнением ими требований по охране недр.

Законодательством эта деятельность достаточно подробно регламентируется с рассмотрением комплекса мероприятий по охране и рациональному использованию недр, поверхности земли, водных источников и т. д. Поэтому в Кодексе законов [V.6] содержатся статьи, регламентирующие государственный учет полезных ископаемых, ведение государственного кадастра месторождений полезных ископаемых, предоставление земельных участков предприятиям, организациям и учреждениям для пользования недрами [V.6, ст. 35, 80, 81]. Этим же законом регламентируется обязанность пользователя недр обеспечивать охрану атмосферного воздуха, земель, лесов, вод и других объектов окружающей природной среды, а также зданий и сооружений, связанных с пользованием недрами. Охране подлежат заповедники, памятники природы, истории и культуры от вредного влияния работ, связанных с пользованием недрами, а нарушенные земельные участки подлежат приведению в состояние, пригодное для использования их в народном хозяйстве [V.6, ст. 41].

В Украине самым актуальным является вопрос о захоронении вредных веществ и отходов производства, сброса сточных вод. После аварии на Чернобыльской АЭС захоронение радиоактивных отходов от использования атомного сырья привлекло к себе пристальное внимание. На территории страны имеются надежные могильники для захоронения

таких отходов вдали от населенных пунктов, промышленных объектов и т. д. Кроме таких крупных объектов, как АЭС, имеется множество разных реакторов, в том числе и исследовательских, дающих такие отходы, захоронение которых должно быть безвредным и надежным. Это относится также и к сточным водам, проникающим в подземные хранилища и приносящим вред недрам. Закон о недрах очень глухо и неконкретно говорит о создании безопасных условий при захоронении вредных отходов [V.6, ст. 54], ограничившись указанием на необходимость согласования проекта сооружений для захоронения вредных веществ и отходов производства, сброса сточных вод. Эта область деятельности, связанная с охраной недр, окружающей среды, жизнедеятельности человека, должна регламентироваться полнее и конкретнее. Необходимо, чтобы велся государственный учет таких захоронений, осуществлялся периодический контроль за их надежностью и безопасностью захоронений, чтобы сточные воды полностью очищались от вредных компонентов и не загрязняли недра.

Охрана недр, их рациональное использование должны ужесточаться по мере их дальнейшего освоения и, естественно, истощения.

Защита морских берегов от обрушения, охрана континентального шельфа и морского дна — один из аспектов сохранения геологической среды, связанной с Мировым океаном.

Научно-технический прогресс ведет к тому, что Мировой океан в перспективе будет эксплуатироваться интенсивнее, чем суша, что не может не отразиться на чистоте и сохранности берегов, морского дна и их недр. Проблема загрязнения морской среды нефтью, химико-технологическими отходами, ядохимикатами, смываемыми с полей, приобретает все большее значение. Обеспокоенность человечества загрязнением, поступающими в Мировой океан, обостряет борьбу за его чистоту, приводит к заключению региональных и многосторонних соглашений по его охране. Мировой океан — единый водный резервуар, и загрязнение одного из его бассейнов в той или иной мере засоряет все пространство морской среды.

Практика последних лет показала, что кардинальное решение проблем защиты морского пространства от загрязнения возможно лишь путем разработки обязательных международных стандартов, которые бы соблюдались прибрежными государствами.

Недра континентального шельфа и морского дна принадлежат прибрежному государству. Континентальный шельф — геологически это подводное продолжение территории прибрежного государства, морфологически связанное с ним, его подводная часть. Поэтому вопрос о его принадлежности всегда решался однозначно. Континентальный шельф являлся собственностью прибрежного государства, земельное пространство которого продолжается под водой.

Международно-правовой режим континентального шельфа урегулирован Конвенцией о континентальном шельфе, принятой в г. Женеве в 1958 г. В 1982 г. после многолетней дискуссии была принята Конвенция по морскому праву, в которую были включены основные положения Конвенции о континентальном шельфе 1958 г. Исходя из того, что континентальный шельф — единое геоморфологическое продолжение континентальной структуры суши, исследование, разведка и разработка этого участка морского дна в той или иной мере отражаются на континентальной структуре прибрежной полосы. Недра континентального шельфа, его ресурсы не являются подвижными, не восстанавливаются в отличие от живых ресурсов покрывающих вод, поэтому их использование органически связано с охраной недр шельфа.

Статья 1 Конвенции 1958 г. определила континентальный шельф как поверхность и недра морского дна подводных районов, примыкающих к берегу, но находящихся вне зоны территориального моря до глубины

200 м или за этим пределом до того мста, где глубина покрывающих вод позволяет разрабатывать естественные богатства в недрах морского дна.

Таким образом, в основу конвенционного определения континентального шельфа положены три критерия:

— примыкание к берегу, т. е. подводное продолжение материковых структур;

— покрытие водой только до глубины 200 м;

— техническая возможность разрабатывать естественные богатства морского дна.

Перечень характерных черт континентального шельфа свидетельствует о том, что это пространство морского дна выделяется для закрепления прав прибрежного государства на разведку и разработку полезных ископаемых в недрах данного региона моря. Деятельность прибрежного государства в акватории континентального шельфа по разработке недр морского дна должна обеспечивать безвредность работ и охрану морской среды от истощения и загрязнения. В данной ситуации речь идет не только о национальных интересах прибрежного государства, но и об интересах сопредельных держав и прибрежных государств морского региона. Одним из характерных элементов, определяющих правоотношения, возникающие на континентальном шельфе, является суверенитет прибрежного государства над этой территорией. Морское дно в пределах континентального шельфа находится под суверенитетом прибрежного государства. В то же время на морскую среду и воздушное пространство над ней этот суверенитет не распространяется. Суверенные права прибрежного государства на воды исчерпываются границей территориальных вод, в этих же пределах действует и суверенитет на воздушное пространство (ст. 3 Конвенции о континентальном шельфе).

Прибрежное государство в соответствии с Конвенцией имеет суверенное право на разведку и использование естественных богатств континентального шельфа. Естественное богатство континентального шельфа включает в себя «минеральные и прочие неживые ресурсы поверхности и недр морского дна...». Мировая практика показывает, что из недр континентального шельфа в основном извлекаются нефть, газ, железо-марганцевые конкреции, строительные материалы. Разработка таких природных богатств, как правило, связана с загрязнением окружающей среды и морского пространства. Учитывая, что континентальный шельф и покрывающие его воды занимают примерно 7,5 % площади Мирового океана, охрана и защита этого пространства морской среды и недр дна континентального шельфа является не только прерогативой, но и обязанностью прибрежного государства. С этой целью принимаются и осуществляются национальные и международно-правовые нормы, обеспечивающие рациональное использование и охрану морского дна и континентального шельфа.

Недра континентального шельфа в мелководной части Мирового океана простираются за его границы в сторону моря. С начала 1970-х гг. некоторые прибрежные государства стали распространять свою юрисдикцию на морское дно за пределами континентального шельфа. На конференции по морскому праву стран Карибского моря в Санто-Доминго (1972), в которой приняли участие Венесуэла, Колумбия, Коста-Рика, Мексика, Панама, Барбадос, Гватемала, Гаити, Доминиканская республика, Никарагуа, Сальвадор, Тринидад и Тобаго, Ямайка, многие страны высказались за установление экономических зон за пределами территориальных вод и континентального шельфа. В Декларации Санто-Доминго было объявлено, что прибрежные государства осуществляют свое суверенное право на природные богатства моря, морское дно и его недра в пределах экономической зоны. Ширина эко-

номической зоны с учетом территориальных вод, географических особенностей не должна превышать 200 морских миль. Следует отметить, что суверенное право прибрежного государства действует неоднозначно в экономической зоне в территориальных водах (шириной до 12 морских миль), суверенитет прибрежного государства действует в полном объеме, а дальше в море (в экономической зоне) суверенитет распространяется только на природные богатства моря, морского дна и его недра. Во всем остальном экономической зона является частью открытого моря и здесь не действует национальная юрисдикция, не ограничиваются свобода судоходства, воздушных полетов, прокладка подводных кабелей и трубопроводов.

Морское дно, его недра в пределах континентального шельфа и экономической зоны должны разведываться и разрабатываться так, чтобы это сочеталось с охраной недр и окружающей морской среды.

Изложенные положения касаются правового режима морского дна, в целом всего Мирового океана. Применительно к Украине разведка, разработка и охрана морского дна и его недр имеют более узкий, но целевой характер. Речь идет о морском дне Черного и Азовского морей.

В Черном море действуют общепринятые нормы международного права о континентальном шельфе, его разработках, использовании и охране окружающей среды. Учитывая ограниченные размеры этого моря, его «полузамкнутый» характер и то, что оно является важной транспортной магистралью не только для прибрежных черноморских стран, но и для придунайских и центральноевропейских стран (водная система Рейн — Майн — Дунай), вопросы использования его шельфовой зоны решаются двусторонними соглашениями прибрежных государств.

Права прибрежных черноморских государств на континентальном шельфе являются исключительными, независимо от того, используют они его или нет. Исключительность этого права предполагает, что без разрешения прибрежного государства никакие работы на континентальном шельфе проводиться не могут и лишь это государство вправе определять режим использования его природных богатств и недр морского дна.

В заключительном акте совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе (г. Хельсинки, 1976 г.) один из разделов посвящен взаимодействию государств в области окружающей среды, в частности моря. Особенно это относится к Черному морю, где основными источниками загрязнения являются береговые стоки, отходы, поступающие в результате разведки и разработки морского дна.

Для морского побережья Украины разработан и осуществляется план строительства очистных сооружений, прекращения сбросов неочищенных стоков в бассейны Черного и Азовского морей с 200 предприятий из 60 городов. Это должно оздоровить морскую среду, защитить дно морей от заиливания вредными отложениями.

По Черному морю принята специальная международная Конвенция по предупреждению загрязнения нефтью. В ней подчеркивается, что это море относится к числу запретных зон с особо строгим режимом чистоты. В связи с разрешением проблемы захоронения отходов атомного производства возникали предложения превратить Черное море в международный «могильник» таких отходов, однако правительством бывшего СССР и усилиями ученых такое предложение было отвергнуто, что было закреплено в Московском договоре о запрещении испытания ядерного оружия (1963) и в Лондонской Конвенции по предотвращению загрязнения моря сбросами радиоактивных отходов и других материалов (1972).

Украинским законодательством регулируются вопросы разведки и разработки континентального шельфа Черного моря, разведки нефтяных

месторождений, получения строительных материалов. Такие работы должны проводиться в строго ограниченных районах, обеспечивать чистоту окружающей среды, не допускать загрязнения моря и истощения недр морского дна.

Черное море, уникальное по своему географическому положению, геохимическому составу вод, климатическим условиям, должно оставаться чистым для блага причерноморских государств и всего человечества.

Особое место в освоении недр морского дна занимает Азовское море с небольшой глубиной (13,5 м). Особенность Азовского моря заключается в наличии грязевых вулканов в его акватории. В связи с деятельностью грязевых вулканов возникают и исчезают острова. Непосредственной причиной возникновения грязевых вулканов является нефтегазность морского дна. Мелководная и самая соленая часть Азовского моря — залив Сиваш — имеет много своих проблем. Его природные кладовые содержат уникальное минеральное сырье (хлористые соединения Na, Mg, сульфат Mg), разработка и освоение которого зачастую приносят вред Сивашу, Азовскому морю, окружающей среде. Строительство очистных сооружений, ограничение до разумных пределов добычи минеральных ресурсов с дна Азовского моря, сохранение природного водобмена и экологического равновесия должны быть урегулированы законом, чтобы обеспечить сохранность недр Азовского моря для настоящего и будущих поколений.

Рациональное использование и охрана геологической среды — одно из важнейших направлений в комплексной программе охраны окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- V.1. Аксененко Г. А. Рациональное использование сельскохозяйственных земель в СССР и охрана почв // Сов. государство и право.— 1980.— № 6.— С. 45—46.
- V.2. Декрет о земле. Крестьянский наказ о земле, 26 окт. (8.XI) 1917 г. (Собрание узаконений и распоряжений рабочего и крестьянского правительства, 1917—1918 гг., № 1, ст. 3).
- V.3. Закон об охране природы Украинской ССР // Відом. Верховної Ради УРСР.— 1960.— № 23.— Ст. 175.
- V.4. Земельный кодекс Украинской ССР, 1970 г. // Відом. Верховної Ради УРСР.— 1970 — № 29 — Ст. 205.
- V.5. Земельный кодекс України 1990 // Відом. Верховної Ради України.— 1991.— № 10.— Ст. 98.
- V.6. Кодекс законов Украинской ССР о недрах // Відом. Верховної Ради УРСР.— 1976.— № 27.— Ст. 225.
- V.7. Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик // Введ. Верховного Совета СССР.— 1968.— № 51.— Ст. 485.

Настоящая работа представляет собой сводку по важнейшим направлениям экологической геологии — новой дисциплины, комплексно рассматривающей взаимовлияние геологической среды и хозяйственной деятельности человека. Впервые на примере территории Украины, характеризующейся сложными геологическими условиями и весьма интенсивной хозяйственной деятельностью, освещается состояние геологической среды как части литосферы и подземной гидросферы, находящейся под влиянием хозяйственной деятельности. Районирование геологической среды выполнено на основе выделения участков концентрации хозяйственной деятельности в пределах геоструктурных областей. Нижняя ее граница определена по глубине распространения влияния хозяйственной деятельности. Вместе с тем показано, что именно геологическое строение территории, предопределяющее ее рельеф, орографию, распределение полезных ископаемых и пр., контролирует характер расселения, структуру и особенности развития народно-хозяйственного комплекса, экономические связи и др.

В пределах Украины по степени нарушения геологической среды выделены: районы концентрации горно-добычных работ — Прикарпатский, Львовско-Волинский, Криворожский, Приднепровский, Донецкий; городские агломерации — Киевская, Приднепровская, Донецкая, Причерноморская и др.; отдельные объекты, вызывающие разрушение или изменение литосферы и ее загрязнение.

Показано, что в естественном развитии рассматриваемая территория подвержена воздействию зонально-климатических факторов, эндо- и экзогенных геологических процессов, протекание которых в отдельных случаях усложняет хозяйственное использование территорий, иногда ставит под угрозу целостность и сохранность инженерных объектов, жизнь человека. Показано также, что хозяйственная деятельность на территории Украины в свою очередь сильно влияет и на климат, условия поверхностного и подземного стока, на состояние растительного покрова и животного мира. }

Подчеркивается, что особенно заметное влияние на климат оказывают города и городские агломерации — в основном в связи с сильным загрязнением атмосферы их промышленными предприятиями и транспортом.

Особое внимание уделено анализу состояния водного баланса Украины. Показано, что создание водохранилищ, проведение водных мелиораций, все возрастающее потребление воды, истощение и загрязнение водоносных горизонтов привели к серьезному нарушению водного баланса нашей страны и, в частности, к резкому уменьшению водного стока, развитию процессов заболачивания и подтопления.

Показана роль ландшафтов (природно-территориальных комплексов)

в эволюции геологической среды и создании экологических обстановок. Сделан вывод, что проблемы экологической геологии Украины могут решаться лишь при условии проведения анализа природного состояния и характера изменения под воздействием техногенных факторов ландшафтов и их отдельных элементов (геологической основы, рельефа, почв, вод, климата, растительного и животного мира).

Дана геохимическая характеристика геологической среды территории Украины. Показано, что новейшая геохимическая эпоха характеризуется изменениями естественных геохимических полей, происходящими под влиянием деятельности человека. В геологической среде на территории Украины происходит интенсификация геохимических процессов и явлений, возникает множество искусственных химических соединений, которые включаются в круговорот вещества и оказывают отрицательное воздействие на органический мир в связи с загрязнением среды его обитания под влиянием изменений геохимических полей.

На основании анализа материалов сделан вывод о том, что в целом литогенная основа, главный компонент окружающей среды территории Украины, в ее естественном состоянии весьма благоприятна для проживания человека, а с учетом наличия разнообразных полезных ископаемых — пригодна для сбалансированного развития народного хозяйства.

Справочное пособие содержит оценки влияния на геологическую среду областей Украины отдельных видов хозяйственной деятельности. Наибольшие площади (около 70 %) заняты под сельскохозяйственные угодья. Сельскохозяйственное производство в связи с его химизацией, проведением водных мелиораций оказывает всевозрастающее воздействие на многие компоненты геологической среды, главным образом из-за накопления в почвах, донных отложениях водоемов, горных породах химических элементов, не вовлеченных в биогеохимический цикл. Геологическая среда загрязняется в региональных масштабах, приобретает токсикогенность, представляющую угрозу для биосферы в целом.

Перечисленные факторы не исчерпывают всего многообразия влияния сельскохозяйственного производства на геологическую среду. Как представляется, это влияние в значительной степени зависит от системы ведения сельского хозяйства в Украине, которая на сегодняшний день весьма неудовлетворительна. Однако этот вопрос требует дополнительных исследований.

Значительное внимание в данном справочном пособии уделено анализу влияния на геологическую среду промышленно-городских агломераций. Показано, что гражданское и промышленное строительство преобразует литосферу в результате как воздействия расположенных на поверхности Земли зданий и сооружений, так и влияния карьерных разработок строительных материалов и сырья для их производства.

Населенные пункты изменяют все компоненты природной среды — преобразуются ландшафты, рельеф, гидрографическая сеть, загрязняется атмосфера, создается особый микроклимат. На территориях расположения населенных пунктов изменены гравитационное, термическое, электрическое, магнитное и другие геофизические поля. На основе микроэкологии городов возникают проблемы глобальной экологии.

Показано, что 327 городов Украины (и, в первую очередь, крупнейшие — Киев, Одесса, Днепропетровск) из-за недостаточного учета при проектировании и строительстве геодинамических факторов в настоящее время нуждаются в проведении дополнительных мероприятий по инженерной защите. Стоимость таких мероприятий чрезвычайно высока, так, для Киева, согласно Генеральной схеме, на период до 2000 г. на инженерную защиту потребуется более 400 млн. руб. (в ценах 1984 г.).

Важнейшей задачей геологической науки на ближайший период является разработка теоретических основ регулирования геодинамичес-

ких процессов, необходимо геологическое обоснование концепции безопасного проживания и рациональной организации территории.

Из приведенных в Справочном пособии материалов видно, что наибольшее преобразования литосфера на территории Украины претерпела в связи с горно-добывными работами. Масштабность проведения этих работ обусловлена наличием в недрах страны больших запасов разнообразных полезных ископаемых. За десятилетия интенсивной добычи полезных ископаемых (угля, нефти, газа, железных и марганцевых руд и др.), которая часто велась с применением устаревших технологий, без комплексного использования ресурсов, без учета экологических последствий, произошли значительные изменения естественной природной обстановки, а в некоторых случаях и полное ее преобразование.

Из весьма неблагоприятных явлений, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых, отмечаются сдвигание поверхности (Донбасс, Кривой Рог, Львовско-Волинский бассейн), накопления отвалов, расширение площадей карьерных полей, аварийные выбросы нефти, газа конденсата и пластовых высокоминерализованных вод.

Отмечаются серьезные нарушения водного баланса территории, с одной стороны — истощение и загрязнение водоносных горизонтов, а с другой — развитие заболачивания и процессов подтопления.

Из приведенных материалов видно, что недостаточная научная обоснованность народнохозяйственного комплекса, опережающее развитие отраслей горнодобывающей промышленности, некомплексное использование недр, высокий уровень отходов, устаревшие технологии ведения работ в промышленности и сельском хозяйстве в последние десятилетия обусловили активизацию экзогенных геологических процессов и проявление нехарактерных в естественном развитии процессов (сдвигание поверхности, подтопление и др.). Эти процессы наряду с изменениями состава и свойств пород, их загрязнением отходами, вредными и ядовитыми веществами создают на отдельных участках среду, неблагоприятную для проживания человека, ведут к угнетению и разрушению существенно важных компонентов биосферы, деградации почвенно-растительного покрова.

Намечаются пути преодоления кризисного состояния геологической среды территории Украины, главные из которых заключаются в изменении структуры народнохозяйственного комплекса, применении новых безотходных технологий, водоснабжении промышленных предприятий по замкнутому циклу, надежном захоронении в подходящих для этого геологических формациях токсических и ядовитых отходов, радиоактивных веществ, отходов атомной энергетики, расширении сети заповедных и охранных территорий.

Приводится достаточно подробная характеристика методов исследования геологической среды. В числе наиболее перспективных выделяются аэрокосмические методы и создание постоянно действующих моделей.

Развивается идея мониторинга геологической среды как системы постоянного контроля ее состояния и динамики со своевременным выявлением, прогнозом и предупреждением неблагоприятных тенденций. Описаны методы и технические средства ведения мониторинга на региональном и локальном уровнях.

Приведены основные положения законодательных актов по охране и использованию земельных и водных ресурсов, недр. Дается их истолкование с точки зрения возможности совершенствования и эффективности применения в целях защиты и рационального использования геологической среды.

Справочное пособие является фактически первой работой, в которой комплексно рассматриваются вопросы состояния и динамики геологической среды территории Украины, поэтому некоторые материалы представлены в постановочном плане и освещены схематично.

В дальнейшем необходима детальная всесторонняя оценка степени вовлеченности в хозяйственную деятельность отдельных геологических формаций и слоев, характера их использования, изменения состава и свойств геологических тел, прогноза развития геодинамических процессов при различных видах хозяйственного использования территорий.

Необходима дальнейшая разработка теории и методологии использования поверхности Земли, подземного пространства, отдельных компонентов геологической среды на основе концепции безопасного проживания, оптимизации и гармонизации отношений человека со средой его обитания.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АВПД	— аномально высокое пластовое давление
АГС	— атмогеохимическая система
АИС	— автоматизированная информационная система
АКМГС	— аэрокосмический мониторинг геологической среды
АЭЦ	— атомно-энергетический цикл
БЛМ	— биолокационные методы
ГМО	— горизонт мертвого объема (водохранилища)
ГС	— геологическая среда
ГСМ	— горюче-смазочные материалы
ГТС	— геолого-техногенная система
ДДВ	— Днепровско-Донецкая впадина
КВАБ	— количественно-вероятностный анализ безопасности
КЭС	— каркасные энергетические структуры
МГУА	— метод группового учета аргументов
МИРЭК	— Мировая экологическая конференция
МЭА	— Международное энергетическое агентство
МЭД	— мощность экспозиционной дозы
НПУ	— нормальный подпорный уровень
ОПП	— опытно-промышленный полигон
ПЗ	— показатель загрязнения
ПДГМ	— постоянно действующие гидрогеологические модели
ПТГС	— природно-техническая геосистема
ПДК	— предельно допустимая концентрация
ПТК	— природно-территориальный комплекс
ПЭВМ	— персональная электронно-вычислительная машина

РАО	— радиоактивные отходы
СКК	— Северо-Крымский канал
СПЗ	— суммарный показатель загрязнения
СУБД	— система управления базами данных
ТО	— токсические отходы
ТЭС	— тепловые электростанции
УГВ	— уровень грунтовых вод
УМО	— уровень мертвого объема
УРМСК	— Украинская региональная межведом- ственная стратиграфическая комис- сия
УЩ	— Украинский щит
ФЭУ	— фотоэлектронный умножитель
ЭГП	— экзогенные геологические процессы

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие (Е. Ф. Шнюков)	3
I. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ	7
I.1. Структура, компоненты и современное состояние геологической среды (Е. Ф. Шнюков, М. Г. Демчишин)	7
I.2. Геохимическая характеристика геологической среды (А. И. Оставненко, Н. М. Бондарева)	19
I.3. Региональная оценка техногенной нагруженности территории (М. Н. Паламарчук)	31
I.3.1. Характеристика территориальной структуры землепользования	32
I.3.2. Территориальная концентрация водопользования	37
I.3.3. Концентрация водопользования на урбанизированных территориях	38
I.3.4. Территориальное распределение сельскохозяйственного водопользования	44
I.3.5. Интенсивность использования водных ресурсов	47
Список литературы	49
II. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ	50
II.1. Изменение геологической среды под воздействием природных и техногенно-природных факторов	50
II.1.1. Климатические факторы (В. Н. Бабиченко)	50
II.1.2. Водные ресурсы и водохозяйственные факторы (О. З. Ревера, М. Н. Паламарчук)	55
II.1.3. Геоморфологические и ландшафтные факторы (Э. Т. Палиенко)	64
II.1.4. Геологические факторы	70
II.1.4.1. Эндогеодинамические факторы	70
II.1.4.1.1. Неотектоника (В. П. Палиенко)	71
II.1.4.1.2. Сейсмическая активность (В. В. Кутас, О. М. Харитонов)	73
II.1.4.1.3. Грязевой вулканизм (Е. Ф. Шнюков)	77
II.1.4.2. Гравитационные процессы (М. Г. Демчишин, Г. И. Рудько)	81
II.1.4.2.1. Сели (А. Н. Олиферов)	81
II.1.4.2.2. Морская абразия, переработка берегов водохранилищ (В. Л. Максимчук)	81
II.1.4.2.3. Эрозионные процессы (Э. И. Колот)	101

II.1.4.2.4. Западinные морфоскульптуры (И. И. Молодых)	111
II.1.4.2.5. Просадки лессовых пород (И. И. Молодых, Э. И. Колот)	120
II.1.4.2.6. Карст и природные полости (пещеры) (А. Б. Климчук)	134
II.2. Изменение геологической среды под воздействием техногенных факторов	142
II.2.1. Сельскохозяйственное производство (М. Ф. Ротарь)	142
II.2.2. Промышленно-городские агломерации (Г. Г. Стри- жельчик)	149
II.2.3. Объекты энергетики (В. И. Почтаренко, Е. И. Оль- шевская, В. Н. Жужома, В. А. Сляднев, Е. А. Яков- лев)	161
II.2.4. Горнодобывающая промышленность	167
II.2.4.1. Поисково-разведочные и эксплуатационные работы на угольных месторождениях (А. Я. Радзивилл)	167
II.2.4.2. Эксплуатация железорудных месторождений (Ю. М. Епатко, И. Н. Малахов)	174
II.2.4.3. Поиск, разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений (П. Ф. Шпак)	181
II.2.4.3.1. Транспортировка нефти и исполь- зование продуктов ее переработки (В. К. Гавриш)	187
II.2.5. Линейные коммуникации (газо- и нефтепроводы, же- лезные и автомобильные дороги) (С. А. Гинсарь, Г. Б. Книжник, В. А. Грицаенко)	189
II.2.6. Водохозяйственная деятельность	202
II.2.6.1. Системы перераспределения водных ресур- сов и гидротехнические сооружения (каналы, крупные водоводы, водохранилища, пруды, озера) (О. А. Русинов)	202
II.2.6.2. Водозаборы (В. М. Шестопалов, Л. С. Яз- вин, Б. В. Боровский)	203
II.2.6.3. Водные мелиорации (И. И. Молодых, Р. А. Баер, Б. И. Козловский)	223
II.2.6.4. Подтопление и заболачивание территорий (Н. С. Огняник, М. М. Зильбербранд)	236
II.2.6.5. Изменение гидрогеологических условий под влиянием техногенных воздействий (В. М. Ше- стопалов, Н. С. Огняник, Е. А. Яковлев)	239
II.2.7. Искусственные подземные пустоты (Д. П. Хрущов, С. Б. Шехунова)	251
II.2.8. Заповедные охраняемые территории, заказники, памят- ники (Е. Ф. Шнюков, М. Г. Демчишин)	259
Список литературы	265
III. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	273
III.1. Общегеологические методы (А. Я. Радзивилл)	273
III.2. Гидрогеологические методы (В. М. Шестопалов, Н. С. Ог- няник)	277
III.2.1. Исследование миграции загрязняющих веществ в породах и подземных водах (В. В. Гудзенко, М. Д. Руди)	277
III.2.1.1. Дифференциация и рассеяние загрязните- лей в геологической среде	288
III.2.1.2. Основные типы загрязнения подземных вод	292

III.2.1.3. Карты риска загрязнения подземных вод	293
III.3. Инженерно-геологические методы (И. И. Молодых)	295
III.4. Аэрокосмические методы (В. И. Лялько)	298
III.5. Радиогеохимические методы (В. В. Гудзенко)	306
III.6. Геоморфологические методы (В. П. Палиенко, Р. П. Купраш, Н. Е. Барщевский)	311
III.7. Методы морских геологических исследований (Е. Ф. Шнюков)	314
III.8. Биолокационные методы (А. А. Дроздовская)	315
III.9. Методы моделирования (В. М. Шестопалов, Н. С. Огняник, Г. И. Рудько)	319
III.9.1. Основы инженерно-геологического моделирования геологической среды	323
III.9.2. Гидрогеологические модели	326
Список литературы	329
IV. МОНИТОРИНГ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ (Ив. И. МОЛОДЫХ, Г. И. РУДЬКО, Л. Г. БОРЕЙКО, В. И. ЛЯЛКО, Е. А. ЯКОВЛЕВ)	332
IV.1. Структура, задачи и принципы организации системы мониторинга геологической среды	335
IV.1.1. Ведущие подсистемы мониторинга геологической среды	342
IV.1.2. Организация системы контроля в рамках природно-технических геосистем (ПТГС) и АЭС — геологическая среда	344
IV.1.2.1. Атмогеохимический контроль	345
IV.1.2.2. Контроль динамики геопереноса в зонах влияния объектов АЭС	350
IV.1.2.3. Методические основы оценки инженерно-сейсмогеологического риска районов размещения объектов АЭС	354
IV.1.3. Аэрокосмический контроль геологической среды	356
IV.2. Разработка прогнозов изменения геологической среды	358
IV.3. Принципы организации исследований в рамках системы мониторинга	372
IV.3.1. Создание общей системы накопления и обработки геологической и эколого-геологической информации	375
IV.3.2. Система сбора информации, ее накопление и обработка	377
IV.3.3. Применение информатики и вычислительной техники в системе мониторинга	378
IV.4. Управление состоянием геологической среды	378
IV.5. Методика создания информационной основы моделей геологической среды при ведении эколого-геологического мониторинга	381
Список литературы	385
V. ВОПРОСЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ОСНОВАХ ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА (В. П. ЦЕМКО)	388
Список литературы	398
Заключение (Е. Ф. Шнюков, М. Г. Демчишин)	399
Список сокращений	403

Наукове видання

Академія наук України
Інститут геологічних наук

ШНЮКОВ Євген Федорович,
ШЕСТОПАЛОВ Вячеслав Михайлович,
ЯКОВЛЄВ Євген Олександрович та ін.

ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ УКРАЇНИ:

Довідковий посібник

Київ, видавництво «Наукова думка»
(Російською мовою)

Художнє оформлення

Н. І. КОЗАКОВОЇ

Художній редактор

І. П. САВИЦЬКА

Технічний редактор

В. О. КРАСНОВА

Коректор

Т. В. ПАНТЕЛЕЙМОНОВА

Здано до набору 21.05.93. Підп. до друку 21.10.93. Формат 84×108/32.

Папір друк. № 2. Ум.-друк. арк. 21,42. Ум. фарбо-відб. 21,42.

Обл.-вид. арк. 32,42. Зам. 3—679.

Видавництво «Наукова думка». 252601 Київ 4, вул. Терещенківська, 3.

Віддруковано з матриць Головного підприємства республіканського виробничого об'єднання «Поліграфкнига». 252057. Київ, вул. Довженка, 3 в Жовковській міській друкарні. 292310 Жовква, Львівська обл. вул. Василянська, 8.
Зам. 2038.