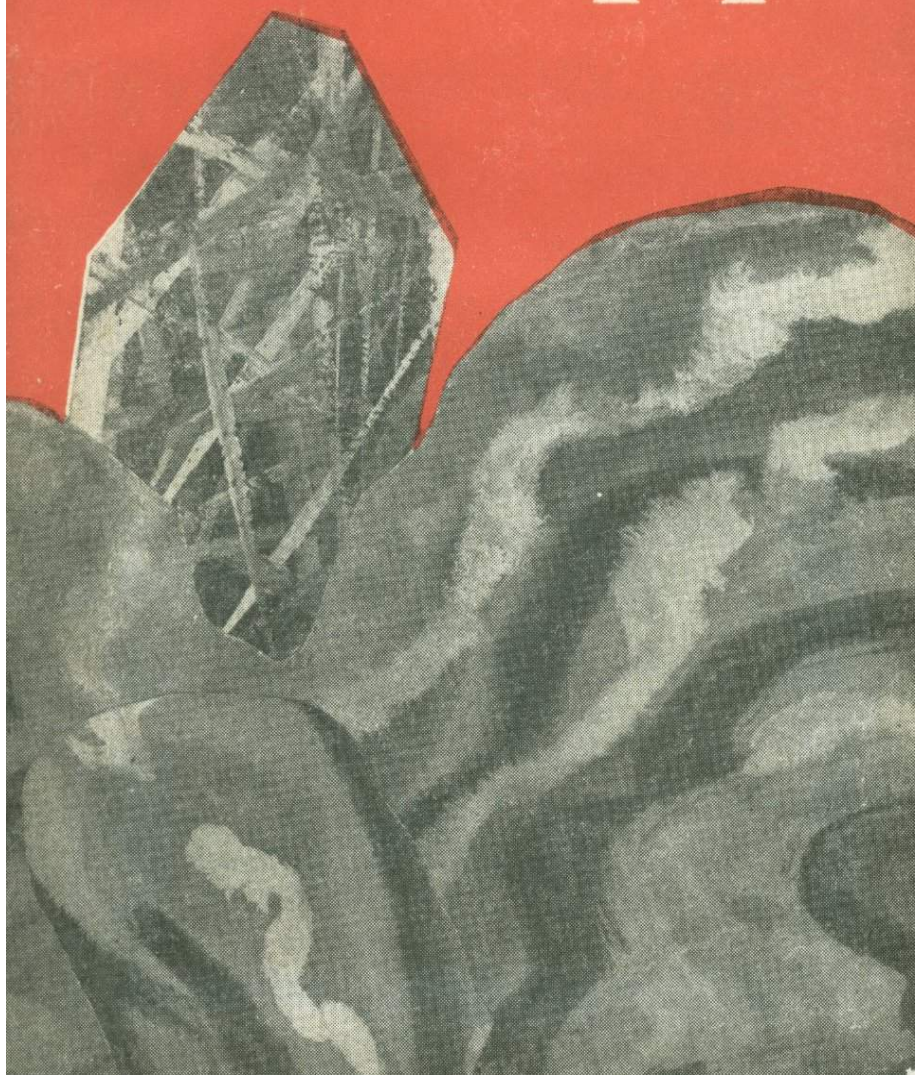


Э.А.НОВИКОВ

Человек и литосфера



Э. А. НОВИКОВ

ЧЕЛОВЕК и ЛИТОСФЕРА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ Д-РА ГЕОГР. НАУК Н. В. РАЗУМИХИНА

1801



ЛЕНИНГРАД «НЕДРА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

1978



«Человек и литосфера» — одно из немногих изданий, в котором комплексно рассматривается и общедоступно излагается актуальная проблема наших взаимоотношений с минеральной оболочкой Земли — литосферой. Специалисты в геолого-географических, горных, общественно-политических и других областях знаний, преподаватели вузов и школ, студенты и старшеклассники, а также читатели, интересующиеся вопросами экономики и охраны природы, найдут на страницах книги множество поучительных фактов. Эти факты позволят по-новому оценить привычные, казалось бы, явления, помогут понять тесную взаимосвязь результатов деятельности человека с тем, что создавалось литосферой в течение тысяч и миллионов лет, осознать настоятельную необходимость бережного отношения к «фундаменту», на котором человечество строит свое настоящее и будущее.

ВВЕДЕНИЕ

«Жизнь не является, таким образом, внешним случайным явлением на земной поверхности. Она теснейшим образом связана со строением земной коры, входит в ее механизм и в этом механизме исполняет величайшей важности функции...»

В. И. Вернадский

Всю историю взаимодействия человеческого общества с минеральной (каменной) оболочкой Земли — литосферой — можно разбить на несколько крупных этапов. Они постепенно сменяли друг друга.

В древнейший исторический этап человек практически не оказывал заметного влияния на поверхность и недра нашей планеты. Мало изменений происходило и в допромышленную эпоху. Лишь с наступлением и развитием промышленного этапа положение стало резко меняться. Природные ресурсы, прежде всего минеральные, перестали быть практически бесконечными. В промышленную эпоху, особенно в последние десятилетия, когда происходит научно-техническая революция, хозяйственно-технические потребности человечества, его техническая мощь начали весьма активно видоизменять естественные процессы, преобразующие Землю, что позволило академику В. И. Вернадскому с полным основанием сказать: «В качестве геологического фактора выступает... деятельность человека» [18]. Об этом же образно писал и ученик В. И. Вернадского академик А. Е. Ферсман: «...Судорожно и нервно идет использование вещества; грандиозные горные и инженерные работы перераспределяют вещество на земной поверхности по своим собственным законам, столь отличным от естественных законов геологии и геохимии» [124].

Такова современная ситуация. Наступает время для более углубленного научного исследования и осмысливания различных сторон все усиливающегося процесса воздействия человека на природное состояние нашей планеты, ресурсы которой обеспечивают его жизнедеятельность и научно-технический прогресс.

Со времени возникновения органического мира усиленно развивается планетная оболочка, в которую входит живое и неживое вещество. Эту оболочку называют биосферой. Ее границы динамичны. Существуют различные определения понятия биосферы, связанные с изучением тех или иных явлений, происходящих в ней. Пока не установлены также определения областей взаимодействия природы и человека. Говорят о ноосфере, социосфере, антропосфере, техносфере и т. д. [120]. Следует отметить, что определение «ноосфера», означающее в переводе с латинского «сфера разума», в настоящее время наиболее употребимо. Эта сфера должна включать в себя постоянно расширяющуюся область, куда проникает человек. В последние годы и другие космические тела, входящие в Солнечную систему и Вселенную, захватываются сферой разума. Поэтому можно высказать мнение, что техносфера является частью ноосферы. Техносфера представляет собой область, куда проникает техника, созданная разумом и руками человеческими.

Наиболее существенным элементом современной техносферы стали поверхностная и приповерхностная части литосферы — земная кора. Именно на ней и в ней усиленно развиваются процессы, порожденные деятельностью людей. Эти процессы создаются как целенаправленно, по желанию человека, так и стихийно.

Еще в 1934 г. А. Е. Ферсман предложил называть такие явления техногенезом. Согласно определению геологического словаря это «совокупность геоморфологических процессов, вызванных производственной деятельностью человека» [29]. По направленности подобная деятельность может быть подразделена на инженерно-строительную, горнотехническую, сельскохозяйственную и т. д. Она непосредственно изменяет залегание горных пород, их состав, способствует образованию новых поверхностных форм отложений и

косвенно приводит к возникновению неизвестных ранее в природе физико-химических явлений.

Изучение техногенеза, его прогнозирование — актуальнейшая задача современности.

«...Должна родиться и организационно оформить-ся новая, очень важная, отрасль науки — техническая геология, изучающая геологические последствия хозяйственной деятельности человека, дающая прогнозы того, как в результате вмешательства человека в земную кору нарушаются природные равновесия между отдельными природными компонентами и как пойдет дальнейшее развитие геологических процессов в земной коре, в зоне, доступной человеку» [104].

Такая отрасль знаний создается на стыке геологических, географических, технических и экономических наук. Она может во многом использовать то, что имеется и развивается в этих научных дисциплинах.

Конечно, понятие «техническая геология» в настоящее время несколько условно. Существуют инженерная геология, гидрогеология, грунтоведение, техническая мелиорация и другие дисциплины географического, сельскохозяйственного и технического профиля, которые уже давно изучают некоторые вопросы, идентичные задачам технической геологии. Видимо, в будущем предстоит более четко определить круг охватываемых вопросов и название создающейся отрасли знаний.

Можно подчеркнуть, что у любой самостоятельной отрасли знаний должны быть две главные функции: объяснение и предвидение. Среди частных функций отметим описание наблюдаемых явлений, систематизацию собранного материала, функцию информации, позволяющую пользоваться результатами предшествующих исследований. Иначе говоря, необходимо собирать факты, попытаться объяснить и обобщить их, так как диалектический метод научного познания заключается в том, что отдельные части или стороны изучаемого предмета могут быть последовательно выделены, а затем приведены во взаимную связь.

В книге рассмотрены некоторые вопросы актуальной проблемы, которую можно назвать «Человек и литосфера». Эти вопросы условно разделены на две части:

1) деятельность человека — потребителя минеральных ресурсов;

2) деятельность человека как геологический фактор.

Первая группа рассматриваемых вопросов в основном касается фундаментальной базы экономического развития человеческого общества. Вторая группа отражает главным образом различные стороны влияния потребления минеральных ресурсов и хозяйственного освоения земной коры на ее строение, состав и поверхность, когда деятельность человека становится мощной геологической силой.

Эта проблема освещается в общем плане, что не позволяет разносторонне и углубленно отразить все многообразие процессов, возникающих в литосфере. Безусловно, «ценны не отдельные наблюдаемые факты и опыты, хотя бы число их было еще более велико; сами по себе они приобретают как практическую, так и теоретическую ценность тем, что дают возможность узнать закон целого ряда однородных, повторяемых явлений... Найти закон явлений — значит понять их» [27].

Поэтому автор надеется, что и такое освещение актуальной проблемы будет известным стимулом для поисков решений вопросов, затронутых в книге.

Часть I

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА — ПОТРЕБИТЕЛЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

«Считать одной из важнейших государственных задач обеспечение рационального, комплексного и экономного использования недр и усиление их охраны в целях дальнейшего развития социалистической экономики и повышения благосостояния советского народа».

(Из «Постановления Верховного Совета СССР о мерах по дальнейшему усилению охраны недр и улучшению использования полезных ископаемых» от 10 июля 1975 г.).



МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Естественная основа существования общества — природная среда. Люди добывают, перерабатывают и используют то, что можно получить от Земли. Поэтому ее минеральные ресурсы занимают ведущее положение среди источников материального производства.

Проблемы взаимодействия человека с природой с точки зрения использования ее ресурсов неоднократно освещались в работах классиков марксизма-ленинизма. «Труд есть прежде всего процесс, совершающийся между человеком и природой, процесс, в котором человек своей собственной деятельностью опосредствует, регулирует и контролирует обмен веществ между собой и природой. Веществу природы он сам противостоит как сила природы»*. Но «заместить силы природы человеческим трудом, вообще говоря, так же невозможно, как нельзя заместить аршины пудами. И в индустрии и в земледелии человек может только пользоваться действием сил природы, если он познал их действие, и облегчать себе это пользование посредством машин, орудий и т. п.»**.

Действие природных сил на нашей планете определяет ее естественное состояние на всех уровнях развития, начиная от глобальных явлений и кончая далеко еще не познанными микропроцессами. Фигура, строение, состав Земли и ее отдельных оболочек, образование минеральных ресурсов и существование органического мира, включая его высшую форму — человеческое общество, — это весьма сложное и взаимосвязанное творение природы. Не случайно естественная фигура нашей планеты названа геоидом, т. е. землеподобной. Искусственным путем тело такой конфигурации и таких своеобразных свойств практически создать невозможно.

Существуют гипотезы, предполагающие, что в геологических масштабах времени происходит уменьшение, сжатие, тела Земли, и наоборот, его увеличение,

* К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 23, с. 188.

** В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 5, с. 103.

расширение. На современном уровне развития науки не имеется абсолютно установленных фактов, доказывающих правильность этих взаимоисключающих гипотез. Следовательно, нам пока неизвестна даже общая направленность изменения фигуры нашей планеты. Зато ряд данных, казалось бы, довольно убедительно показывает, что в прошлые геологические эпохи вращение Земли вокруг своей оси происходило быстрее. Более или менее обоснованно мы можем утверждать, что геоид постепенно замедляет свое вращение. Правда, абсолютный счет времени здесь необходимо вести в миллионах лет.

Температурный режим поверхности нашей планеты зависит от внешнего источника — Солнца — и притока внутреннего тепла. 99,5% всего тепла связано с солнечным излучением. Можно предположить, что, несмотря на периодические температурные колебания, в длительном геологическом развитии, измеряемом миллиардами лет, происходит уменьшение получаемого Землей тепла и она постепенно охлаждается.

Установлено, что внешняя энергия Солнца проникает в глубь планеты в среднем на 30 м. Например, в Москве с 1882 г. регулярно измеряется температура на глубине 20 м. Она постоянна: 4,2° С. В Париже в течение 100 лет на глубине 28 м отмечается температура 11,83° С. Ниже зоны постоянных температур наблюдается постепенный нагрев горных масс с углублением в недра. Расстояние по вертикали, на котором температура повышается на 1° С, называют геотермической ступенью. Ее величина в разных местах весьма различна, но в среднем равна 32 м. Пока не имеется сведений, подтверждающих определенную направленность этих природных процессов. Можно лишь предполагать, что было бы закономерным снижение температурных перепадов в недрах литосферы.

Земля обладает гравитационным, электрическим и магнитным полями. Их действие также во многом взаимосвязано. Например, электрические и магнитные поля изменяются по частоте и силе. Палеомагнитные исследования свидетельствуют, что в процессе развития Земли магнитные, а следовательно, и связанные с ними электрические свойства планеты неоднократно менялись. В конечном итоге эти явления

должны постепенно затухать. Но неясно, насколько активно воздействуют на планету создаваемые в результате научно-технического прогресса в целом весьма мощные искусственные магнитные и электрические поля.

Таким образом, природные процессы со временем видоизменяются. На них все больше воздействует усиленное преобразование человеком естественной среды.

Характерной особенностью Земли является то, что она состоит из нескольких оболочек, отличающихся друг от друга по ряду признаков. Главные среди них — физические и химические. Внешняя оболочка нашей планеты газовая. Это атмосфера, мощность которой по последним данным равна приблизительно 3000 км. Ее нижняя граница соприкасается с водной и каменной оболочками, называемыми гидросферой и литосферой. Глубже выделена мантия Земли и ее ядро, состав и свойства которых пока определены условно. Предполагается, что во внутренних сферах планеты происходят физико-химические процессы, во многом обусловленные высокими температурами и давлениями.

В настоящее время сравнительно хорошо изучены лишь атмосфера и гидросфера Земли, а также приповерхностная часть литосферы — земная кора. Непосредственным объектом нашего рассмотрения является именно эта верхняя часть литосферы, уже теперь доступная для прямого исследования. В частности, на глубинах 10—20 км определен средний химический состав земной коры [39]:

Элементы	Содержание, вес. %
Кислород	49,13
Кремний	26,00
Алюминий	7,45
Железо	4,20
Кальций	3,25
Натрий	2,40
Калий	2,35
Магний	2,35
Водород	1,00
Титан	0,61
Углерод	0,35
Хлор	0,20

Мы видим, что двенадцать химических элементов (примерно $1/9$ всех известных в поверхностной части литосферы) в сумме составляют 99,29%. Эта масса почти наполовину состоит из кислорода, на $1/4$ из кремния. Доля алюминия и железа представлена соответственно $1/24$ и $1/30$ частями.

Другие ценные элементы, имеющие промышленное значение, содержатся в относительно небольшом количестве.

Природные химические соединения элементов земной коры называют минералами. Они возникают и разрушаются в результате физико-химических процессов, взаимодействующих в различных земных оболочках. Такие процессы могут быть быстрыми и медленными в зависимости от многообразных естественных условий.

Из минералов состоят многочисленные типы горных пород, среди которых выделяют три основные группы: магматические, осадочные и метаморфические.

Магматические образования — результат застывания расплавов (магмы), внедрившихся в земную кору или вылившихся на ее поверхность. Это, как правило, глубинные массы Земли.

Осадочные породы (отложения) возникают в результате разрушения и переотложения ранее сформировавшихся горных пород. Это поверхностные образования.

Метаморфические породы — продукты изменения магматических и осадочных образований под действием физико-химических процессов, прежде всего высоких температур и давлений. Они чаще всего занимают промежуточное положение между глубинными и поверхностными горными массами. Все они, подобно минералам, из которых сложены, в естественной обстановке также могут быстро или медленно изменяться в зависимости от определенных физико-химических условий. Таким образом из совокупности различных горных пород образуется каменная оболочка Земли — литосфера.

Ее верхняя часть на 95% состоит из магматических образований, хотя на самой поверхности нашей планеты она нередко представлена осадочными отложе-

ниями. На континентах, т. е. на суше, эти горные массы сложены преимущественно комплексом гранитных пород, залегающих почти сплошным слоем на глубине 15—30 км. В сотне тонн подобных образований содержится в среднем 8 т алюминия, 5 т железа, 540 кг титана, 80 кг марганца, 30 кг хрома, 18 кг никеля, 14 кг ванадия, 9 кг меди, 4,5 кг вольфрама и 1,8 кг свинца. Количество урана и тория энергетически эквивалентно 50 т угля [59]. Поэтому земную кору в целом, учитывая и осадочные отложения, содержащие также нефть, газ, уголь и соли, можно считать минерально-сырьевой базой человечества. Однако уровень развития науки и техники пока заставляет использовать лишь те элементы литосферы, которые в природных условиях были сконцентрированы в виде поверхностных и приповерхностных месторождений. Они содержат наибольшее количество ценных топливных, рудных и нерудных компонентов полезных ископаемых. В более общем понимании их называют минеральными ресурсами.

ГЛАВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ЦИКЛЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Современный научно-технический прогресс имеет по крайней мере три главные особенности.

Первая особенность — постоянное ускорение темпов развития производства и потребления природных ресурсов. Здесь наиболее быстро растет использование именно минерального сырья. Если в нашей стране в 1913 г. на его долю приходилось около 10% общей массы потребляемых исходных материалов и продуктов, то в 1960 г. эта доля превысила 50%, а теперь становится абсолютно преобладающей [94]. С 1940 г. ведущее капиталистическое государство — США — «поглощило» больше минеральных ресурсов, чем все человечество за всю предыдущую историю. Каждые 15 лет общемировой объем использования полезных ископаемых увеличивается вдвое. К 2000 г. потребности в них могут быть в 5 раз больше, чем сегодня [15].

Вторая главная особенность заключается в том, что в результате научно-технической революции в про-

мышленный оборот вовлекаются все новые виды полезных ископаемых, к которым теперь предъявляют повышенные требования. Нефть долгие годы была только топливом, потом стала широко использоваться в химическом производстве, а теперь и в промышленности, создающей белковые вещества. Значительно расширилась сфера потребления металлов, особенно редких. Все большее значение придается учету особых физико-химических свойств каждого металла и различных сплавов. Подобных примеров разнообразия и специфичности сфер использования продуктов, полученных из минерального сырья, можно было бы привести множество.

Третья особенность выражена в стремлении превратить науку в непосредственную производительную силу. Поэтому в геологических и горных отраслях знаний приоритет получают направления, связанные с выявлением закономерностей пространственного распределения полезных ископаемых и научным прогнозом поиска. Закладываются теоретические и практические основы нетрадиционных методов добычи минерального сырья, например физико-химические способы разработки месторождений, когда без возведения рудников и подземных работ можно получать из недр готовый продукт. Таким путем уже извлекают более 60% добываемой природной серы [2].

Необходимость интенсивного использования ресурсов земной коры связана прежде всего с ростом численности населения и расширением разнообразных потребностей человека. Темпы увеличения числа потребителей показаны в табл. 1. Если так будет продолжаться, то население Земли к 2000 г. может удвоиться.

Таблица 1

Годы	Количество потребителей, млн. чел.	Время удвоения численности, годы
900—1700	320—600	800
1700—1850	600—1200	150
1850—1950	1200—2500	100
1950—1990	2500—5000	40

Потребление минерального сырья развивается намного быстрее. Ежегодное прибавление объема перерабатываемого сырья достигало в прошлом десятилетии 5—6%. Кратность увеличения добычи и использования основных видов полезных ископаемых с 1940 по 1970 г., т. е. всего за тридцать лет, приведена в табл. 2 [17]. По сравнению с дореволюционной Россией наша страна к 1975 г. увеличила добычу нефти более чем в 40 раз, газа более чем в 100 раз, угля более чем в 20 раз, железной руды более чем в 24 раза. В 1946 г. мы добыли всего 22 млн. т нефти, а в 1975 г. почти в 23 раза больше. Перед первой мировой войной Россия получила 9 млн. т железной руды, в 1940 г. в стране добыли 30 млн. т, а в 1975 г. только горно-обогатительные комбинаты Курской магнитной аномалии произвели около 36 млн. т железной руды. Горнодобывающая промышленность СССР дает теперь четвертую часть мировой продукции минерального сырья [117].

Следует отметить, что сопоставление этих темпов прироста — объективное свидетельство преимуществ социалистической системы в развитии основополагающих отраслей народного хозяйства. В 1913 г. на одного человека в России приходилось около 0,5 т добытых полезных ископаемых. Теперь, несмотря на значительный рост количества населения, эта цифра увеличилась в десятки раз.

Таблица 2

Сырье	СССР	Капиталистические и развивающиеся страны
Нефть	10	6
Природный газ	70	9,5
Уголь	5	Снижение на 4%
Железные руды	6	
Марганцевые руды	3	} 3
Хромитовые руды	13	
Калийные соли	15	4
Фосфатное сырье	25	6
Асбест	16	5
Плавленый шпат	} 8	7
Графит		3

Наиболее интенсивно возрастает потребление энергетических ресурсов. С начала своего существования человечество использовало почти 90 млрд. т условного топлива. Половина этого количества была потреблена в последние 25—30 лет. Соответственно наиболее ярко проявились и последствия безудержного роста использования основного современного вида топливных ресурсов — нефти. Уже в 1970 г. наметились признаки кризиса, которые затем приобрели для некоторых промышленных государств, не обладающих собственными нефтегазовыми запасами, характер экономической катастрофы. Причины этого кризиса объясняются не столько введением ограничений на продажу нефти странами-производителями, сколько пороками самой капиталистической системы.

Нарастающее потребление энергетического сырья изменяет природный потенциал не только верхней части литосферы, но и других сфер нашей планеты — атмосферы и гидросферы. Например, для добычи и переработки одной тонны топливных ресурсов расходуются десятки тонн пресной воды, недостаток которой уже ощущается во многих районах мира. Только в СССР для сжигания добываемого из недр топлива необходимо свыше 11 млрд. т воздуха, что намного больше ежегодной биологической потребности в нем населения страны [94]. Свыше 100 миллионов автомобилей в США потребляют при сжигании бензина в 2 раза больше кислорода, чем его воссоздается в природном обмене веществ на этой территории [20]. Когда знаменитый норвежский путешественник Т. Хейердал проплыл в 1947 г. на плоту «Кон-Тики» 8 тыс. км по Тихому океану, вода еще была чиста и прозрачна. В 1969 г. папирусная лодка «Ра» дрейфовала по Атлантическому океану. В течение 43 из 57 дней дрейфа с водной поверхности вылавливали сетью комки мазута. Иногда создавалось впечатление, что лодка плывет не в открытом океане, а где-нибудь в пределах нефтеналивных морских причалов [127]. Вряд ли необходимо комментировать нежелательное влияние загрязнений на биологические ресурсы морей.

Итак, мы коснулись еще одной весьма важной особенности современного научно-технического про-

гресса. Она связана с проблемой сохранения и рационального регулирования ресурсов окружающей среды, создания благоприятных условий для существования живых организмов. При использовании полезных ископаемых возникают в связи с этим весьма сложные вопросы, что можно показать на примере современного потребления угля и возможностей широкой утилизации ядерного топлива.

Рассмотрим сначала в общих чертах процесс преобразования углерода, который происходит в природных условиях. Человек и большинство живых организмов используют находящийся в атмосфере кислород и выдыхают углекислый газ. Последний, в свою очередь, потребляется растениями и в результате процесса, называемого фотосинтезом, возвращается в воздух в виде кислорода. Так происходит природный обмен газов. Это явление глобального масштаба поддерживает жизнь на Земле.

Содержание углерода на нашей планете очень велико. Если принять мощность земной коры в среднем 16 км, то на 1 см² планеты имеется почти 6 кг углерода. Из этого количества лишь 0,125 г приходится на атмосферу; 7,5 г на океаны; 0,1 г содержится в растениях и 0,0015 г в животных. Остальное заключено в различных минералах, т. е. в неживой природе. Растения ежегодно усваивают 175 млрд. т углерода, притом земные только 20 млрд. т, а водные, главным образом океанический планктон, 155 млрд. т. В результате этого процесса в течение двух-трех десятков лет углеродные запасы атмосферы должны полностью поглощаться. Потом соединения углерода откладываются в виде сапропеля, гумуса, торфа, за счет которых в будущем возможно образование месторождений углей и нефти. Приблизительно таким образом должен происходить безотходный круговорот углерода. Однако он уже нарушен.

За последнее столетие на Земле было сожжено около 100 млрд. т угля; при этом в воздух выброшено в виде аэрозоля более 3 млрд. т золы, являющейся отходами промышленности. В настоящее время ежегодно сжигается около 1,5 млрд. т твердого топлива. Чтобы возникло такое же его количество, требуются сотни тысяч лет.

Преобразуя уголь в энергию, мы вынуждены расходовать в 2,5 раза больше (по массе) кислорода, извлекаемого из атмосферы. Подсчитано, что, если сжечь все известные ныне запасы угля, содержание кислорода в воздухе по массе снизится с 23,2 до 22,7% [153]. Это еще не опасно для здоровья человека. Существенные последствия иного процесса. Одновременно происходит увеличение концентрации углекислого газа и других вредных отбросов. В атмосфере содержится приблизительно $2 \cdot 10^{18}$ г углекислого газа. При полном сжигании всех известных угольных месторождений суши его количество возрастет более чем в 10 раз.

В 1860 г., когда начали широко применять уголь как топливо, количество углекислого газа в воздухе условно измерялось единицей. Спустя 100 лет оно увеличилось на 1/10, в 2000 г. может вырасти на 1/3, а еще через 20 лет — почти в 2 раза. Указанный рост концентрации углекислого газа также не представляет прямой опасности (для этого его содержание в атмосфере должно возрасти почти в 50 раз). Вероятно, этого не случится. Но увеличение количества углекислого газа в атмосфере может изменить температуру у поверхности Земли.

Академик А. Е. Ферсман писал: «Удвоение содержания CO_2 в воздухе вызвало бы повышение средней температуры земной поверхности на целых четыре градуса, а в связи с этим мы наблюдали бы серьезнейшее изменение климатического режима и растительных процессов. Повышение давления CO_2 в воздухе увеличило бы растворяющую деятельность угольной кислоты, содержащейся в циркулирующих водах, усилило бы перенос и перекристаллизацию карбонатных пород, вынесло бы огромное количество CO_2 в морские бассейны, повысив в них концентрацию CaCO_3 (известняк). Мы присутствовали бы при грандиозном изменении хода геологических процессов, если бы действительно осуществилось удвоение CO_2 в воздухе; однако не в виде внезапной катастрофы произойдет такое влияние человека на природу, а путем постепенного процесса воздействия, которое в свою очередь будет парализоваться различными процессами природы» [124].

Выдвинуты и гипотезы, что сжигание угля приведет к похолоданию климата на Земле. Причиной тому будет не углекислый газ, а огромная масса мелких частиц, выбрасываемых в атмосферу. Они создают мутный, слабопроницаемый для коротковолновой солнечной радиации экран над нашей планетой. Действительно, исследования уже показали, что число пасмурных дней с туманом неуклонно растет в крупных городах и промышленных районах. За 25 лет в Париже количество таких дней увеличилось в 3 раза. Общее число пасмурных дней во французской столице возросло на 60 дней по сравнению с началом этого столетия [56].

Сжигая уголь, ежегодно выбрасывают в воздух многие десятки миллионов тонн сернистого газа. Он быстро переходит в другие соединения, в частности в серную кислоту. Это ускоряет коррозию сооружений и механизмов в промышленных районах и вызывает пока малоизученные изменения в геохимическом балансе поверхностной части земной коры.

На грядущие столетия энергообеспечение мира может быть гарантировано за счет использования термоядерной энергии. В данном случае проблемы изыскания сырья не возникает. Им могут быть и горные породы (граниты), и морская вода. Вопрос лишь в создании оптимальной технологии переработки таких ресурсов. Однако при этом также ожидаются последствия экологического характера. Они будут связаны с перегревом атмосферы и поверхности Земли в результате выделения тепла в термоядерных реакторах. Подсчитано, что, когда это тепло составит 10% от солнечной энергии, которая поглощается суши, океанами и нижними слоями атмосферы, средняя температура поверхности нашей планеты повысится на 7°C , что приведет к массовому таянию ледников Арктики и Антарктиды и затоплению равнин, наиболее удобных для проживания человека. Таковы научные прогнозы, отражающие влияние потребления лишь некоторых энергетических ресурсов Земли на природные процессы в целом.

Эти предположения — не фатальная неизбежность, а напоминание о том, что любое минеральное сырье, преобразуемое в энергию или различные про-

дукты, вызывает при усиленном использовании в одних случаях пока не фиксируемые, а в других уже заметные качественные геохимические сдвиги в ранее установившемся естественном круговороте веществ. В течение 3,5 млрд. лет истории развития нашей планеты равновесие системы, связывающей воедино земную кору, гидросферу, атмосферу и биосферу, поддерживалось главным образом обменом веществ и энергии: солнечной радиацией, действием сил тяжести (гравитации), геологических сил, химической и биогенной энергией. Теперь прибавилась энергия мирового производства, которая удваивается каждые 15 лет.

Ежегодно добывается около 100 млрд. т руд и минерального топлива, более 300 млн. т минеральных удобрений. Однако несовершенство технологии пока приводит к потере в целом почти половины добытых металлов и 1/3 химического сырья.

Предполагают, что через 50 лет в поверхностных отложениях земной коры повысится содержание окиси железа в 2 раза, свинца в 10, ртути в 100, мышьяка в 250 раз. Следует также учитывать свойства многих растений и живых организмов, способных накапливать в себе в сотни раз больше таких химических элементов, чем неорганические вещества. Поэтому постоянно повторяющийся обмен веществ по циклу «природа — общество — природа» (в конкретном рассмотрении «земная кора — общество — земная кора») следует рассматривать как процесс не только потребления, но и возможного воспроизводства. Если для большинства биологически активных веществ это само собой разумеется, то для минеральных (неживых) образований восстановление их в первоначальном виде в целом исключено.

Дело в том, что хозяйственная деятельность людей нередко противоположна направлению развития природных явлений. Потребляя огромное количество топлива, «человек распыляет углерод в земной коре, обогащает им атмосферу и этим вызывает ряд геологических и геохимических процессов» [124]. Минеральные удобрения целенаправленно рассеивают на обширных площадях. То же самое происходит со многими рудными компонентами. Лишь редкие ме-

таллы, в частности золото и платину, накапливают, стремясь уберечь их от распыления. Поэтому в геохимическом цикле взаимодействия человека с естественной средой можно выделить известные сочетания.

1. Природа концентрирует и человек концентрирует, например платиновые металлы.

2. Природа концентрирует, а человек рассеивает, например олово.

3. Природа рассеивает, а человек концентрирует. Так он поступает, добывая золото, серебро, уран и т. д.

4. Природа рассеивает и человек рассеивает. Подобное происходит с углеродом, калием, натрием, фосфором, магнием и многими другими элементами.

5. Природа концентрирует, а человек сначала концентрирует, чтобы потом рассеять, в частности азот.

6. Природа рассеивает, а человек концентрирует, затем рассеивает. В данном случае речь идет о большинстве используемых металлов: железе, молибдене, вольфраме, меди, никеле, свинце, титане, кобальте и т. д.

В итоге мы наблюдаем преобладающую тенденцию рассеивания ценных химических элементов земной коры. Они представляют собой сравнительно небольшую массу. В значительно большем объеме рассеиваются неиспользуемые людьми горные породы — отходы производства.

Таким образом, «человек производит колоссальное распыление вещества в своей технической деятельности» [124]. Это, вероятно, основная причина нежелательных последствий интенсивного использования минеральных ресурсов.

Конечно, в общем круговороте веществ на нашей планете мы можем выделить и некоторые признаки повторного воспроизводства благодаря поступлению в приповерхностную часть литосферы энергии от сжигания добытого топлива, «оруденению» земных ландшафтов в результате изъятия из недр полезных ископаемых. Это могут быть и скопления металлолома, и потенциально необходимые для дальнейшей утилизации отвалы отработанных горных пород. Уси-

ливается также обмен между чистыми подземными и загрязненными поверхностными водами, что при известных условиях приводит к очищению последних. Однако такое воспроизводство весьма несовершенно по сравнению с естественным кругооборотом веществ.

Следовательно, мы должны думать о регулировании и восстановлении ресурсных циклов, в которые входят, с одной стороны, извлечение исходного сырья из земной коры, транспортировка, первичная обработка, изготовление конечного продукта и его потребление, а с другой — возвращение в трансформированном виде в природную среду для многократного использования. Эти циклы должны отражать в себе стадии закономерных процессов оптимального взаимодействия человека и природы, когда нежелательные последствия практически сведены к минимуму.

Можно выделить ряд циклов и подциклов, основные из которых непосредственно связаны с потреблением минерального сырья.

1. Цикл энергоресурсов и энергии с энергохимическим подциклом.

2. Цикл металлорудных ресурсов и металлов с коксохимическим подциклом.

3. Цикл неметаллического ископаемого сырья с подциклами горно-химического, минерально-строительного и другого сырья.

Подробное рассмотрение их требует специальных исследований. Отметим, что научный анализ циклов и подциклов за год и более длительные периоды времени позволяет выявлять тенденции на будущее.

В качестве исходного примера возможностей такого анализа кратко рассмотрим некоторые составные элементы цикла энергоресурсов для СССР за 1967 г., когда было добыто свыше 1150 млн. т топлива. Его основная масса — сырье, изъятое из земной коры. Добытое топливо содержало около 15% нежелательных примесей, в основном в угле (зола, сера и т. д.). Многие тысячи гектаров были покрыты отвалами пород. При подготовке добытого угля и нефти к использованию в среднем израсходовано 5 м³ воды на 1 т угля и 40—60 м³ воды на 1 т нефти.

Таким образом, пришлось утилизировать около 2,5 млрд. м³ воды на подготовку угля и 1,2—1,8 млрд. м³ воды на получение товарных нефтепродуктов. Почти 4 млрд. м³ этого ценного минерального сырья было включено в цикл.

При сжигании топлива в 1967 г. потребовалось использовать свыше 10 млрд. т атмосферного воздуха. Он был возвращен в атмосферу в виде 11 млрд. т дымовых газов, содержащих вместо кислорода около 3 млрд. т углекислого газа. Одновременно потребовались для охлаждения только тепловых электростанций десятки миллиардов тонн воды. Выделение вредных отходов, загрязняющих окружающую среду, здесь не учитывается. Мы хотим обратить внимание на масштабы потребления энергоресурсов земной коры и их взаимосвязь в еще более объемном использовании ресурсов гидросферы и атмосферы. В целом к. п. д. используемого в цикле энергоресурсов добытого топлива чуть более 30%. Если же говорить об утилизации попутных материалов добычи, то здесь к. п. д. значительно ниже. Почти не использовалось около 1 млрд. т твердых отходов в виде золы и шлаков. Не использовали, как правило, и отвалы пород.

До 40 млн. т серной кислоты можно получать из ежегодных выбросов сернистых газов. Общее производство ее в СССР в 1967 г. составило 9,7 млн. т в моногидрате, т. е. в 4 с лишним раза меньше, чем ушло в отходы [70]. Как видим, цикл энергоресурсов еще далек от оптимального.

В значительной мере очищению атмосферы будет способствовать создание крупных и экономичных атомных электростанций, отходы которых весьма ничтожны. По прогнозам их доля в общей мощности электростанций мира возрастет к 2000 г. до половины. Однако и при таком подходе к решению проблемы, как было отмечено ранее, потребуется учитывать вновь возникающие сложные вопросы экологического характера.

С использованием сырья недр Земли связан и цикл металлорудных ресурсов и металлов. В отличие от предыдущего его можно рассматривать как сравнительно долговременный, так как из руд выделяют

необходимые компоненты и накапливают в концентрированном виде в предметах длительного пользования. К сожалению, и этот цикл во многом низок по своему к. п. д. Достаточно указать, что суммарные потери металла достигают подчас половины его количества, содержавшегося в добытой руде. В отвалы уходят весьма ценные редкие элементы. А общий объем добытой горной массы во много раз превышает объем получаемых металлов. Значительное количество рудных компонентов рассеивается в выбросах в атмосферу. США еще в 1926 г. потеряли таким образом столько марганца, сколько нужно для удовлетворения потребностей всей страны в течение полугода.

Подобное происходит и в неметаллорудном цикле. В данном случае основная масса ресурсов, например строительное сырье, не подвергается столь полной переработке. Поэтому данный цикл с точки зрения соответствия природной среде можно считать наиболее оптимальным.

Таким образом, мы наблюдаем две ярко выраженные тенденции.

1. В природных циклах обмена минеральных веществ наряду с их рассеиванием преобладают, хотя и длительные, процессы концентрации — создания месторождений.

2. В современных циклах хозяйственной деятельности человека пока ведущую роль играет рассеивание используемого сырья и лишь в некоторых случаях — быстрая концентрация потенциальных ресурсов, в частности в отдельных поверхностных отвалах горнорудной промышленности.

Можно полагать, что в ближайшем будущем учет основных особенностей использования полезных ископаемых и комплексный анализ ресурсных циклов применительно к потребностям различных отраслей народного хозяйства позволит системе «человек — технология — минеральное сырье — технология — человек» функционировать на основе оптимального регулирования обмена веществ на нашей планете.

Ни в одной сфере общественного производства нет такой зависимости от природных условий, которая характерна для производств, специализирующихся на добыче и переработке минерального сырья, в том числе при использовании поверхности Земли в сельском хозяйстве. Зависимость производительности труда от естественных условий была вскрыта еще К. Марксом: «Производительная сила труда, которая в обрабатывающей промышленности применяется в наперед определяемой степени, в земледелии и добывающей промышленности зависит также от не контролируемых человеком естественных условий. Одним и тем же трудом можно добыть больше или меньше различных металлов в зависимости от сравнительно более редких или более частых залежей этих металлов в земной коре»*. Следовательно, природные горно-геологические факторы играют важную роль в развитии производительных сил. Именно наличие месторождений нередко диктует направленность хозяйственного освоения различных районов независимо от того, благоприятны или неблагоприятны они для людей по другим экономико-географическим признакам. В данном случае мы можем выявить две главные тенденции.

1. Усиленно развиваются старые промышленные районы. Они, как правило, расположены в благоприятных географических условиях.

2. Строятся и создаются новые поселения, опять-таки привязанные к районам освоения полезных ископаемых. Они все чаще размещаются в неблагоприятных для проживания человека условиях.

В связи с этим быстро увеличивается число крупных городов в нашей стране с населением свыше 100 тыс. человек: 1926 г. — 33, 1939 г. — 99, 1959 г. — 148, 1970 г. — 221 [109].

Например, со времени образования СССР городское население старейшего горнопромышленного пояса страны — Урала — выросло к 1972 г. в 6 раз.

* К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., изд. 2-е. Т. 13, с. 24.

В Донбассе в 1922 г. было 7 городов, а в 1972 г. 83 города и 243 поселка городского типа. Население Донецка за это время выросло в 27 раз [24]. По существу, Донбасс превратился в сплошную городскую агломерацию, развитие которой связано не только с добычей угля, но и с другими горнодобывающими и перерабатывающими отраслями.

До революции в Кузнецком угольном бассейне не было ни одного города, а сейчас только в границах Кемеровской области почти два десятка. Десятая часть всех городов страны с населением более 100 тыс. человек сосредоточена на этих двух крупнейших минерально-сырьевых базах СССР [119]. В указанных районах происходит и самое активное воздействие человека на строение, состав и поверхность земной коры.

Ныне центры металлургии, базирующиеся в зонах рудных месторождений, по численности населения втрое и вчетверо превосходят центры текстильной и пищевой промышленности. Создание горнопромышленных центров особенно характерно для последних лет. Притом наметилась тенденция к ускоренному образованию городских агломераций вокруг новых городов. Это заметно прежде всего опять-таки в зонах сосредоточения полезных ископаемых.

Например, район Орска. Здесь до войны был один новый город — Медногорск. Теперь выросли Новотроицк и Кувандык. Вокруг Караганды построены города Темиртау, Сарань, Абай, Шахтинск. Численность населения этой горнопромышленной агломерации приближается к 1 млн. человек.

На Кольском полуострове и на Северо-Западе СССР развитие Мончегорска, Ковдора, Оленегорска, Кировска, Воркуты, Инты, Ухты, Бокситогорска, Сланцев, Кингисеппа непосредственно диктуется требованиями интенсивного освоения имеющихся там минеральных ресурсов. В центре европейской части СССР в связи с разработкой Курской магнитной аномалии возникли новые города — Губкин и Железнодорожск. В Поволжье — районе «второго Баку» — появилось множество нефтедобывающих городов. Стремительно развиваются они и в Сибири (Сургут, Нижневартовск, Урай, Нефтеюганск), и в пустыне (Шевченко, Навои).

Растет центр алмазодобывающей промышленности Мирный в Якутии. Совсем недавно на базе Верхнеднепровского горно-металлургического комбината возник город Вольногорск, в Тургайской области—Аркалык с бокситовыми рудниками, в Белоруссии — Солигорск, где уже в 1972 г. добыли 100-миллионную тонну калийных солей.

О том, каким образом в будущем пойдет экономическое развитие нашей страны, можно судить по следующим данным. В 1966 г. на долю Сибири и Дальнего Востока приходилось 86% разведанных топливных источников и 60% гидроресурсов [94]. Если учесть открытия в последние годы новых месторождений, особенно нефтегазовых, то вывод напрашивается сам собой. В то же время запасы железных руд распределены более равномерно. На европейскую часть СССР несколько лет назад приходилось 62% запасов разведанных месторождений железа. Весьма богаты в этом отношении Урал и Казахстан. Там сосредоточено почти 29% наших железорудных ресурсов. Сибирь и Дальний Восток насыщены сырьевыми ресурсами цветных и редких металлов [116].

Эти территории уже стали зонами интенсивного экономического развития. Оно может быть обеспечено только при создании средств, способствующих обмену ресурсами. Поэтому строительству Байкало-Амурской магистрали (БАМ), пересекающей множество месторождений Иркутской, Читинской, Амурской областей и Хабаровского края (рис. 1), придается столь большое значение. Здесь расположены Южно-Якутский каменноугольный бассейн, железорудные месторождения Алдана, разведаны очень крупные залежи медных руд на Удокане и асбеста в Молодежном, обнаружены нефть и никель. Имеются перспективы для открытия молибдена, вольфрама, ртути и других дефицитных металлов. Несмотря на неблагоприятные природные условия и значительные трудности прокладки железной дороги, возведение этой магистрали необходимо для создания нового комплекса мощных горнорудных предприятий.

Подобные тенденции характерны и для ряда других государств. Примером тому могут быть Рур в ФРГ, Силезия в Польше и другие районы мира.



Рис. 1. Схема прохождения Байкало-Амурской магистрали.

Процесс урбанизации, нередко связанный с освоением минеральных ресурсов, приобретает повсеместный характер. Примерно через 150 лет треть поверхности суши будет занята городскими поселениями [28]. Это должно привести к коренному преобразованию всей природной среды, в том числе поверхностной части земной коры на освоенных и осваиваемых под поселения территориях.

Интенсификация добычи и переработки полезных ископаемых приводит в экономическом отношении к созданию системы горнопромышленных узлов и комплексов. Их классификация по группировке минеральных ресурсов и формам территориального распространения отражена в табл. 3 [100].

Таблица 3

Форма распространения ресурсов	Распределение ресурсов		Размещение добычи	
	Число источников	Средняя величина запасов на один источник, т	Число точек добычи	Средняя величина добычи на одном предприятии, тыс. т
Поверхностная	10 000	Сотни тысяч	Тысячи	100—200
Бассейновая	300—1000	Сотни миллионов	Сотни	500—5000
Гнездовая	30—300	Десятки и сотни миллионов	Десятки	100—1000
Дисперсная	100	Десятки и сотни тысяч	Первые десятки	500

Поясним эту классификацию. Поверхностная форма распространения ресурсов представлена, как правило, минеральным сырьем (иных видов сырья мы не касаемся), которое можно отнести к массовым строительным материалам (глина, песок, гравий, камень), и частично другими полезными ископаемыми, например торфом. Эти ресурсы, чаще всего в виде небольших месторождений, размещены на значительных площадях поверхности земной коры.

В СССР почти каждый административный район обладает десятками и сотнями залежей различного строительного сырья. Его запасы оцениваются в целом более чем в 100 млрд. м³. Многие экономические районы страны имеют и торфяные месторождения. Более 200 тыс. торфяников рассредоточено по ее территории с потенциальными запасами 158,1 млрд. т. Такое размещение поверхностных ресурсов явилось главным фактором при создании некрупных предприятий и поселений фактически по всей стране. Из-за малой плотности запасов сырья эти добывающие производства весьма мобильны. Они часто перемещаются в связи с освоением новых месторождений.

Иначе обстоит дело с использованием ресурсов бассейнового распространения. Они располагаются в зонах концентрации в земной коре многочисленных месторождений, создающих бассейн. Это особенно характерно для угля, нефти и газа, железной руды и некоторых полиметаллических залежей. В результате с геологической точки зрения мы можем говорить о наличии сырьевых провинций. Например, наиболее известные нефтегазоносные провинции имеют следующие размеры, тыс. км² [16]:

Западно-Сибирская	2171,6
Волго-Уральская	687,7
Среднеазиатская	620,0
Прикаспийская	486,2
Северо-Кавказская	353,5
Днепровско-Припятская	136,9
Тимано-Печорская	255,7
Южно-Каспийская	91,3
Предкарпатская	73,7

Площади, занимаемые крупными угольными бассейнами, в среднем меньше:

Тунгусский	1000
Подмосковный	120
Печорский	100
Донецкий	60
Канско-Ачинский	45
Иркутский	40
Кузнецкий	26
Карагандинский	3

Еще меньше площадь железорудных бассейнов. Курская магнитная аномалия, включая 20 крупных залежей, занимает 120 тыс. км². Тургайский железорудный бассейн, в который входят месторождения Соколовское, Сарбайское, Аятское, Лисаковское и Качарское, распространяется на 400 тыс. км². Высокая плотность размещения запасов приводит здесь к крупным скоплениям сырья. Отдельные железорудные месторождения концентрируют запасы до 1 млрд. т.

Соответственно наблюдается уникальное по масштабам производства сочетание рудников, открытых карьеров, перерабатывающих предприятий, столь характерных для Донбасса, Кузбасса и других бассейновых скоплений ресурсов минерального сырья. Даже общая конфигурация размещения этих предприятий и поселений в целом отражает характер залегания в недрах скоплений полезных ископаемых и определяет зоны наиболее значительных изменений на перерабатываемых человеком участках земной коры.

В отличие от бассейновых ресурсы гнездового распространения обычно расположены небольшими ареелами. Они представлены в основном неметаллическими полезными ископаемыми: сланцами, фосфатным сырьем, калийными и каменной солями, а также некоторыми рудными залежами: алюминиевыми, медными, марганцевыми, титановыми и т. д. Сравнительно высокие запасы такого сырья, сконцентрированного на площадях чаще всего в несколько десятков квадратных километров, позволяют создавать мощные предприятия. Здесь, как правило, весьма интенсивная утилизация горных масс ограничена по площади, а нередко и по глубине. Гнездовые минеральные ресурсы чаще всего рассеяны по обширной территории. Поэтому они главным образом используются в виде полуфабрикатов в других районах, не имеющих этого

сырья. Для иллюстрации сказанного отметим рудный Норильск, апатитовое месторождение на Кольском полуострове, мощные калийные залежи в Белоруссии и на верхней Каме, продукция которых рассредоточивается по обширной территории.

Дисперсное размещение минеральных ресурсов — это сравнительно небольшие промышленные залежи, содержащие зачастую наиболее ценное сырье. К нему относятся руды цветных металлов: олова, молибдена, вольфрама, благородных и редких металлов, а также неметаллические полезные ископаемые: асбест, слюда, графит и т. д. Здесь мы встречаем разнообразность точечной или очаговой группировки добывающих и перерабатывающих предприятий. Соответственно и их воздействие на земную кору имеет локальный характер. Таким образом, для территориального развития промышленности, использующей непосредственно минеральные ресурсы, характерны следующие главные тенденции:

1) рассеивание, когда происходит проникновение в ранее неосвоенные участки земной коры, например районы Сибири и Дальнего Востока;

2) концентрация, когда интенсифицируется эксплуатация полезных ископаемых в уже обжитых зонах, в частности Украины.

Такое развитие диалектически можно рассматривать как многостадийный циклический процесс, ведущий к максимальному использованию минерального сырья. В будущем большинство районов первоначального освоения минеральных ресурсов пройдет последовательные этапы коренного преобразования поверхностных и приповерхностных участков земной коры, наблюдаемые теперь в более развитых экономических районах.

Глава 2

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

Известно, что первоисточник биосферы — неживая материя, представленная на Земле соединениями минералов. Она была основой возникновения и развития

жизни. Первые орудия труда, сделанные из камня, выделили человека из мира животных. Медь, бронза, железо способствовали формированию цивилизации. Добыча полезных ископаемых потребовала создания системы производства. В наше время степень использования многочисленных видов минерального сырья продолжает определять прогресс и благосостояние отдельных государств и человечества в целом.

За несколько миллиардов лет своего существования наша планета создала огромнейшие запасы минеральных ресурсов. Но пока лишь тонкая каменная оболочка мощностью несколько десятков километров (в тысячу с лишним раз меньше диаметра планеты) является для нас потенциальной сферой добычи полезных ископаемых.

На заре своей сознательной деятельности человек использовал всего 19 химических элементов и их сочетаний, в XVIII в. — 28, в начале XX в. — 59. Теперь используется около 100 элементов и их сочетаний, включая и трансурановые искусственные, полученные в лабораториях. За последние 100 лет ежегодное потребление угля, железа, марганца и никеля увеличилось в 50—60 раз, вольфрама, алюминия, молибдена и калия — в 200—1000 раз [13].

Такой рост потребления ресурсов литосферы создает впечатление о неисчерпаемости ее запасов. Образно говоря, непосвященным может показаться, что мы имеем дело как бы с волшебной скатертью-самобранкой, которая может поставлять человечеству все новые и новые сокровища недр. В какой-то мере это справедливо. Полезные ископаемые, превращенные при потреблении в другие химические соединения, как элементы земной материи не будут исчезать (если не считать частичного рассеивания в космос энергетического сырья, преобразованного в тепловую энергию). Но в форме природных месторождений — скоплений в земной коре ценных компонентов определенной концентрации — они все чаще и чаще прекращают свое существование. Вот поэтому проблема обеспеченности минеральными ресурсами стала теперь актуальной. Ее можно рассматривать с двух сторон: природной, когда мы судим о потенциальных ресурсах земной коры, и потребительской, когда мы говорим о необхо-

димых человеку ценных компонентах земной коры. При таком подходе минеральное сырье подразделяют на определенные группы.

ГЛАВНЫЕ ГРУППЫ И ВЗАИМОСВЯЗЬ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

При разделении полезных ископаемых на главные группы можно руководствоваться двумя принципами рассмотрения групп минерального сырья: по его происхождению (генетический подход) и по использованию (потребительский подход). Так легче, нагляднее представить себе связь хозяйственной деятельности человека и процессов, происходящих в земной коре.

При генетическом подходе основополагающим является вопрос образования и воссоздания запасов полезных ископаемых. Здесь сразу следует подчеркнуть, что «в отличие от возобновимых (биологических. — Н. Э.) ресурсов, которые при правильной их охране становятся практически неистощимыми, полезные ископаемые — это срочный вклад. Их можно использовать только раз, после чего они исчезают» [84]. Такое высказывание имеет глубокий, хотя в известной мере условный, смысл. Богатства недр тоже воссоздаются и не пропадают бесследно. Однако для их образования в количествах, достаточных для массового промышленного использования, необходимо соблюдение по крайней мере двух основных условий:

- 1) исключительное сочетание благоприятной горно-геологической обстановки, которая в силу эволюционного развития Земли может не повториться;
- 2) как правило, весьма длительное время для формирования промышленной залежи.

Поэтому в зависимости от условий и времени образования минеральные ресурсы земной коры можно подразделить на три главные группы: практически невозобновимые; возобновимые в отдаленном будущем; возобновимые сравнительно быстро.

К первой группе прежде всего относятся месторождения, возникшие в результате кристаллизации рудных минералов непосредственно из магмы — расплавленной глубинной массы. Это и метаморфические залежи, создание которых связано с процессами преобразования структуры и состава горных пород

под влиянием ряда физико-химических факторов. К метаморфическим образованиям можно причислить некоторые нерудные полезные ископаемые: корунд, графит и т.д. В общем практически невозобновима главнейшая часть минерального сырья, из которого получают металлы. Оно создается, как правило, в результате эндогенных процессов. Такое сырье встречается и в виде переотложенных в осадочные залежи продуктов разрушения массивных пород.

В нашу задачу не входит подробное описание сложных и взаимосвязанных процессов, приводящих к формированию полезных ископаемых. Но для подтверждения сказанного кратко охарактеризуем, например, золоторудные месторождения. Они могут быть коренными (эндогенными) и осадочными (экзогенными). Рассмотрим подразделение эндогенных залежей по их происхождению.

1. Собственно магматические, т.е. возникшие при кристаллизации глубинных расплавов.

2. Пегматитовые, возможно, образовавшиеся из «остаточных» расплавов.

3. Скарновые, возникшие в результате контакта с изверженными породами.

4. Гидротермальные, создание которых связано с отложением минеральных веществ из горячих растворов, поднимающихся из глубинных магматических очагов.

Эти месторождения формировались в особых горно-геологических условиях, которые практически не наблюдаются в приповерхностных, доступных для разработки участках земной коры. Чтобы эти залежи можно было разрабатывать, потребовалась длительная по времени геологическая эволюция литосферы.

Экзогенные месторождения золота приурочены непосредственно к поверхности земной коры. Они возникли под воздействием химических, физических и биологических процессов. Широко известны золотоносные россыпи: речные, морские, конгломераты. Однако первоисточником драгоценного металла все же были магматические породы.

К минеральным ресурсам, возобновимым в отдаленном будущем, измеряемым сотнями тысяч и миллионами лет, можно отнести каустобиолиты: нефть,

уголь и другие горючие ископаемые. Образование топливных ресурсов в недрах в основном обусловлено развитием биологических форм жизни на поверхности планеты, накоплением ими солнечной энергии и последующим захоронением в земных толщах.

Нефть представляет собой сложную смесь углеводородов с примесью органических, кислородных, сернистых и азотистых соединений. В начале нашего столетия академик Н. Д. Зелинский показал, что некоторые соединения углерода, входящие в состав животных и растений, при невысокой температуре и соответствующих условиях могут образовывать вещества, подобные нефти. Позднее академик И. М. Губкин, опираясь на органическую теорию образования нефти, пришел к мнению, что этот процесс может быть непрерывным. Главный вопрос в том, насколько интенсивность нефтедобычи перекрывает скорость естественного воспроизводства такого сырья. Мы не касаемся проблемы возможности неорганического происхождения нефти, так как она во многом дискуссионна. Промышленных нефтегазоносных залежей среди магматических пород пока не найдено.

Уголь, образовавшийся в различные эпохи развития Земли (выделен даже каменноугольный период), возник из остатков растительной массы. Современные торфяники, в известном смысле, — начальный этап образования угольных месторождений. Однако для превращения их в залежи угля требуются соответствующие горно-геологические условия, в которых могли бы происходить эндогенные процессы метаморфизма. Иначе говоря, торф должен переместиться в недра за счет покрытия его мощными пластами отложений, формирование которых требует длительного времени.

Минеральные ресурсы, возобновимые сравнительно быстро, это, в основном, полезные ископаемые, образование которых связано с физико-химическими процессами, происходящими на земной поверхности. К ним относятся строительные материалы: валуны, гравий, песок, глины. Из материала коренных пород и переотложения осадочных возникают на поверхности литосферы и рудные россыпи. Здесь происходит природная сортировка и обогащение сырья, собираемого в определенных местах,

Особое положение среди них занимают природные соли. Они могут формироваться в виде осадков и исчезать в зависимости от быстро или медленно меняющихся физико-географических и гидрологических условий. Залежи солей можно воссоздавать из соленых вод и искусственным путем.

Таким образом, в природной среде граница между невозобновимыми и возобновимыми ресурсами в целом относительна. Между ними существует непрерывная связь в пространстве и времени. Но воссоздание большинства полезных ископаемых — столь длительный процесс, что ресурсы, представленные в форме месторождений, практически можно считать срочным вкладом природы.

При рассмотрении минерального сырья с позиций использования основой является его оценка как предмета потребления, обладающего в конечном виде требуемой формой, структурой и качествами. В данном случае мы также можем выделить три главные группы минеральных ресурсов: металлы, неметаллы, топливо.

Указанное деление во многом условно. Например, уголь и нефть по происхождению относятся к неметаллическому сырью, а уран, как предмет потребления, — к топливу. Однако подобное разделение ресурсов по группам позволяет выявить главнейшие их особенности в сфере использования.

Металлы преобразуются в готовые изделия. Это — основа различных конструкций, машин и механизмов, как бы жесткая форма, в которую необходимо вдохнуть энергию. Неметаллы занимают промежуточное положение. Из них создают определенные конструкции, используя строительное сырье или новые вещества с заданными химическими и энергетическими свойствами.

Особое место среди неметаллов занимает горнохимическое минеральное сырье, например калийные соли и фосфаты. Их важнейшая функция — обеспечение плодородия почвы с целью увеличения растительных ресурсов, главнейшего источника жизнеобеспечения человека.

В силу особенностей своей структуры и наличия органических веществ почва подчас рассматривается

как специфический элемент земной коры. На самом деле «почва является частью окружающей нас среды, возникающей в результате воздействия атмосферы и биоценозов (комплекса организмов. — Н.Э.) на литосферу в течение какого-то определенного времени» [44]. Воздух, растительность, организмы и вода представляют собой лишь дополнительные компоненты питательного субстрата — поверхности земной коры. Не случайно в 5 т зерна пшеницы заключено по крайней мере 130 кг соединений азота, 65 кг фосфора, около 80 кг калия и примерно 60 кг соединений кальция. Восполнить эти необходимые растению элементы только за счет органических веществ невозможно. Установлено, что растения и многие микроорганизмы производят непрерывную биологическую селективную добычу ценных минеральных соединений, проникая в глубь земных масс на многие метры (рис. 2).

Группа топливных ресурсов — основное средство для преобразования тепла в различные виды энергии, которая дает «жизнь» конструкциям и механизмам, способствует существованию живых форм материи.

Итак, мы должны осознавать безусловную взаимосвязь невозобновимых и возобновимых ресурсов также в сфере потребления, значительно усложненной технической и хозяйственной деятельностью людей. Поэтому проблему использования металлов, неметаллов и топлива правильнее было бы рассматривать всегда в комплексе явлений и процессов, затрагивающих не только литосферу — их источник, но и другие сферы Земли.

В данном случае наш подход ограничен определенным кругом вопросов, относящихся к минеральным компонентам. Среди них особого внимания заслуживают важнейшие группы ресурсов: топливно-энергетическая и для производства удобрений. Энергетика — фундамент развития промышленности и сельского хозяйства. Как бы ни менялась во времени структура энергетической базы, ее главнейшим источником на ближайшие столетия будут оставаться резервы недр. Это нефть и газ, завоевавшие сейчас ведущее положение в обеспечении энергией. По мере их истощения угольные и водные ресурсы, как наиболее обильные, вероятно, вновь начнут занимать достойные позиции.

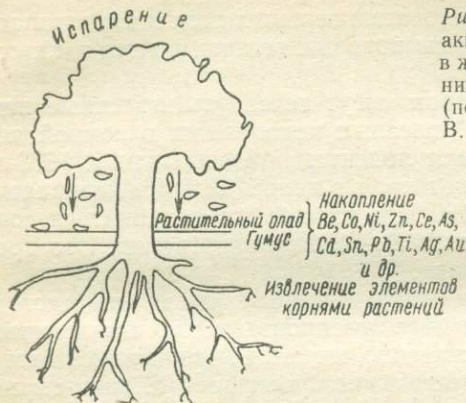


Рис. 2. Схема биогенной аккумуляции элементов в живом веществе и верхних горизонтах почвы (по В. Р. Вильямсу и В. М. Гольдшмидту).

Массовое использование атомной, а впоследствии термоядерной и в широких масштабах собственно тепловой энергии земных недр, например гидротермальной, — более отдаленная перспектива.

Основным показателем обеспеченности энергией на современном этапе является количество добываемого топлива на душу населения. В 1972 г. на одного человека в мире приходилось около двух тонн условного топлива*. Это усредненная величина. На самом деле в разных странах она была весьма различной, например в США 10 т, а в Индии 0,2 т. На нашей планете в начале 70-х годов добывали ежегодно почти 6 млрд. т условного топлива. Оно потреблялось примерно следующим образом:

Транспорт	25—30%
Тепловые электростанции	30—35%
Промышленность	30%
Бытовые нужды	5—10%

С развитием научно-технического и общественного прогресса энергообеспеченность должна быстро возрастать. В настоящее время она в основном обеспечива-

* Теплота сгорания 1 т условного топлива равна 7000 ккал/кг.

ется за счет использования горючих полезных ископаемых, мировые запасы которых велики, но все-таки ограничены.

За какой же срок могут исчезнуть известные нам ресурсы горючих полезных ископаемых в земной коре? Как показывают подсчеты, разведанные к 1970 г. запасы угля, нефти и газа в целом должны исчерпаться менее чем за 100 лет, если будут сохраняться современные темпы их добычи и использования. Это тревожное предсказание.

Вторая группа особо важного сырья во многом обеспечивает растущее воспроизводство биологических ресурсов. Достаточно отметить, что 1 т калийного питательного вещества дает прирост хлопка-сырца 2 т, корней сахарной свеклы 40 т, картофеля 60 т, озимой пшеницы 4 т [30]. Человек всегда будет нуждаться в подобных продуктах.

Со временем могут истощиться запасы металлов, но им легче найти заменители, чем растительной и животной пище, получаемой на основе питательных веществ, содержащихся в почве. Такие вещества состоят из комплекса элементов, которые можно быстро воспроизводить только за счет внесения органических и неорганических (фосфоритных, калийных и азотсодержащих) соединений. Среди них наибольшее беспокойство с точки зрения запасов вызывают фосфориты. Их ресурсы должны исчерпаться в ближайшие столетия. Резервы калийных солей могут обеспечить сельское хозяйство на тысячелетия. Они имеются в достаточном количестве в недрах и в морской воде. Азотсодержащие соединения можно получать в неограниченном объеме. Основным источником здесь будет воздух, содержащий огромную массу азота. Все это позволяет оптимистически рассматривать проблему обеспечения одной из ведущих потребительских групп минеральных ресурсов.

Таким образом, рассматривая полезные ископаемые с точек зрения их естественного накопления и современного потребления, можно установить определенную взаимозависимость. Генетический подход свидетельствует об ограниченных природных условиях создания ресурсов, потребительский — о растущих технологических возможностях их использования.

Только научно-технический прогресс позволит в будущем устранить назревающие диспропорции между реальными ресурсами и увеличивающимися потребностями в них.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ИХ ДОБЫЧА И ЗАПАСЫ

Теперь активно используется более 30 видов основных полезных ископаемых из 200 наиболее известных. За 70 лет нынешнего столетия в капиталистических и развивающихся странах добыто 141 млрд. т важнейших видов минерального сырья. Полагают, что до 2000 г. из недр будет извлечено 189 млрд. т полезных ископаемых. Следовательно, намечается удвоение и без того гигантских объемов потребления ценных ресурсов земной коры.

Каковы же тенденции развития добычи основных видов этих ресурсов?

Топливо-энергетическое сырье. Это прежде всего нефть. За семьдесят лет с начала нашего столетия в капиталистических и развивающихся странах объем ее добычи возрос с 10 до 1800 млн. т, т. е. в 180 раз. Темпы развития были следующие [17]:

Десятилетие	Среднегодовой прирост, млн. т
1901—1910	2,4
1911—1920	6,2
1921—1930	7,9
1931—1940	11,4
1941—1950	25,7
1951—1960	37,7
1961—1970	84,8

По прогнозам английской «Бритиш Петролеум Компани» к 2000 г. ежегодные потребности в этом важнейшем виде сырья возрастут по сравнению с 1970 г. более чем в 2 раза. Начнется широкая эксплуатация битуминозных сланцев как энергетического топлива; нефть будут получать также из угля.

Быстрыми темпами добыча нефти развивается и в нашей стране. Если за столетие (начиная с 1864 г.) у нас было получено около 3,8 млрд. т жидкого топли-

ва, то за последующие годы из недр извлечено почти столько же.

Освоение нефтяных месторождений Сибири и ряда других районов позволило еще более увеличить добычу в последнее время. В начале 1975 г. каждая четвертая тонна советской нефти добывалась в Западной Сибири. Сто лет понадобилось Баку, чтобы достичь уровня добычи 20 млн. т в год, а новому нефтегазовому району — всего шесть лет с начала его освоения. На очереди освоение Европейского Севера нашей страны и Прикаспийской впадины.

Что касается природного газа, то спрос на него неизменно превышает предложение. Поэтому его добыча увеличивается очень интенсивно. В 1900 г. извлекли из недр всего 5 млрд. м³ газа, а в 1968 г. — только в капиталистических и развивающихся странах до 700 млрд. м³, т. е. в 140 раз больше. Следует отметить, что до последнего времени из общего количества добытого газа почти 80% приходилось на долю США. Потребности в газе этой страны к 2000 г. должны возрасти до 928 млрд. м³, хотя предполагается, что максимальная его добыча в США поднимется к началу 80-х годов до 680 млрд. м³, а потом начнет снижаться из-за недостатка разведанных ресурсов.

В ближайшее десятилетие потребление газа в капиталистических и развивающихся странах возрастет до 1200 млрд. м³, т. е. удвоится. Еще более высокие темпы отмечены в СССР. С 1958 по 1967 г. объем добычи природного газа у нас возрос в 6 раз, а в 70-е годы достиг такого высокого уровня, что позволил снабжать этим видом сырья ряд других государств.

В отличие от нефтегазовых ресурсов потребление угля в текущем столетии возрастало сравнительно медленно. За рубежом в 1901 г. добыли 0,7 млрд. т, в 1968 г. 1,26 млрд. т (наивысший уровень добычи был достигнут в 1940 г. — 1,52 млрд. т). В этом отношении быстрые темпы развития СССР и социалистических стран резко отличаются от темпов капиталистического мира.

Наша страна занимает устойчивое первое место в мире по добыче угля, с 1945 по 1970 г. возросшей в 4 раза (до 624 млн. т в год). В последующие годы благодаря освоению новых месторождений и совер-

шенствованию разработки извлечение угля из недр также неуклонно возрастало.

До второй мировой войны уран добывали в ограниченных количествах главным образом для производства радия. Первая эксплуатация урановых рудников была начата в 1906 г. С тех пор за 40 лет мировое потребление урана составило около 4 тыс. т. Зато с 1946 по 1968 г. добыча урановых руд в пересчете на окись — закись урана достигла 500 тыс. т. Предполагают, что ежегодное производство урановых концентратов в капиталистических и развивающихся странах к 1980 г. вырастет до 80 тыс. т и затем за каждое десятилетие будет увеличиваться в полтора раза. Советский Союз относится к ведущим странам мира по потреблению урана, о чем, в частности, свидетельствуют многие действующие и строящиеся атомные электростанции.

Руды черных и легирующих металлов. За семьдесят лет с начала нашего столетия в капиталистических и развивающихся странах суммарная добыча черных и легирующих металлов составила 13 660 млн. т. В последующие тридцать лет будет добыто еще свыше 17 238 млн. т. Считают, что прирост в основном произойдет в производстве марганцевых руд, хромитов и особенно молибдена. Значительно увеличится использование вторичного сырья в виде железного и стального лома.

Железорудная промышленность капиталистических и развивающихся стран, вероятно, получит в 1980 г. 1250 млн. т сырой руды, а в 1990 и 2000 г. соответственно 1500 и 1750 млн. т. Ускоренными темпами развивается советское железорудное производство. Начиная с 1958 г. СССР занимает первое место в мире по добыче железной руды. Уже в 1970 г. ее добывалось в 2 раза больше, чем в США.

Резко возрастет и добыча марганцевых руд, главным потребителем которых является черная металлургия. В 1901 г. за рубежом получено всего 0,4 млн. т марганцевых руд, в 1966 г. — 9 млн. т. К 2000 г. добыча, вероятно, удвоится. Первое место в мире по добыче таких руд занимает Советский Союз.

Еще более высокими темпами растет мировое использование хромитов: в 1901 г. 0,04 млн. т, в 1967 г.

2,9 млн. т; к 1980 г. потребуется 3,6 млн. т, а к 2000 г. — до 5,5 млн. т.

Всего 9 тыс. т никеля было произведено в первом году XX в., а к 2000 г. его будут ежегодно получать в 100 раз больше. Производство кобальта соответственно возрастет с 0,2 до 35 тыс. т, т. е. в 175 раз, вольфрама с 0,4 до 35 тыс. т. Что касается молибдена, то его количество с 10 т в начале века должно возрасти к 2000 г. до 137,3 тыс. т: более чем в 13 700 раз! Предполагают, что по сравнению с 1913 г. производство ванадия к концу столетия возрастет почти в 32 000 раз, достигнув 16 тыс. т.

Цветные металлы. С 1901 до 1970 г. в мире было добыто 94,3 млн. т меди, свинца, цинка и олова. В последующие тридцать лет производство цветных металлов должно удвоиться. Наиболее медленно возрастает объем добычи меди из-за ограниченности разведанных ресурсов. Самыми высокими темпами увеличивается использование алюминия. В 1913 г. его потребление в капиталистических странах ограничивалось 66,5 тыс. т, а в 1969 г. достигло 7,5 млн. т; к 1980 г. эта цифра должна удвоиться и к началу XXI в. возрасти до 60 млн. т. Следует отметить, что и по темпам производства цветных металлов СССР занимает ведущее положение в мире. Например, добыча олова с 1958 по 1967 г. возросла в два раза.

Благородные металлы. К ним относятся золото, серебро и платиноиды. Их общее производство сравнительно невелико по объему: с начала этого столетия к 1970 г. за рубежом добыли всего 52,2 тыс. т золота. Основным производителем золота (свыше 70%) является Южно-Африканская республика, а основным потребителем—США. Притом добыча золота в США в несколько раз меньше потребления. Мировое использование серебра в последние годы в два раза превышает объем его производства. Расходуются в основном ранее накопленные запасы. Среднегодовая добыча серебра в течение многих лет ограничивается 7 тыс. т. В ближайшем будущем она почти не будет возрастать.

Высокими темпами увеличивалось производство металлов платиновой группы. С начала столетия оно

возросло более чем в 200 раз. Предполагают, что к 1990 г. общегодовая добыча достигнет 100 т.

Неметаллическое сырье. Сюда входят многие полезные ископаемые. Это алмазы, графит, сера, фосфориты, калийные соли, асбест и т. д. В общем, те минеральные соединения, «которые не являются сырьем для извлечения металлов и не используются в качестве горючих» [112]. Некоторые из этих видов сырья, например горнохимические, ежегодно добываются сотнями миллионов тонн, а строительные — миллиардами тонн. Другие виды, в частности алмазы, — тоннами. За всю историю человечества из недр добыто едва ли более 200 т этого драгоценного камня.

Прочие виды неметаллического сырья (асбест, графит, слюда и плавиковый шпат) добываются во все возрастающем количестве, хотя темпы добычи их весьма различны. За 70 лет с начала столетия производство асбеста в капиталистических и развивающихся странах возросло в 75 раз, достигнув 2,1 млн. т. К 2000 г. эта цифра должна более чем удвоиться. В то же время добыча слюды, особенно листовой, растет медленно, увеличиваясь во всем мире за год лишь на несколько тысяч тонн. Неравномерно развивается производство графита. Если в 1900 г. его получили 80 тыс. т, а в 1961 г. 538 тыс. т, то в 1967 г. всего 193 тыс. т. Однако полагают, что к 2000 г. потребуются уже 1,2 млн. т графита.

Весьма активно теперь используют плавиковый шпат. В первый год XX в. в мире извлекли из недр всего 55 тыс. т этого полезного ископаемого, а к 2000 г. предполагают получить 9,5 млн. т. Советский Союз по производству и потреблению этих видов минерального сырья развивается более ускоренными темпами, чем многие капиталистические страны. Особенно высоки у нас темпы добычи горнохимического сырья. По добыче калия СССР с 1968 г. уверенно занимает первое место в мире. Ведущее мировое положение наше государство завоевало и в производстве фосфатного сырья.

Что касается минеральных ресурсов, используемых в строительстве, то их огромное количество позволяет развивать добычу в соответствии с растущими потребностями.

Заканчивая краткое рассмотрение тенденций использования основных видов минерального сырья, приведем данные по объемам производства важнейших видов полезных ископаемых в нашей стране и других государствах мира (табл. 4), а также о месте, занимаемом нашей страной раньше и теперь (табл. 5) [110].

Эти сведения не требуют комментариев.

Итак, мы наблюдаем резкое увеличение объемов использования различных видов полезных ископаемых. Потребительские «аппетиты» человечества возрастают невиданными ранее темпами. Насколько же они могут быть удовлетворены разведанными в земной коре запасами минеральных ресурсов?

Геологоразведочные работы в послевоенные годы позволили открыть много месторождений различных полезных ископаемых. Наиболее значительные из них находятся в следующих районах:

Нефть и газ	СССР, Алжир, Ливия, страны Ближнего и Среднего Востока, Аляска, Голландия, Норвегия
Железные руды	СССР (КМА), Канада (Лабрадорский прогиб и провинция Юкон), Австралия (Пилбар)
Марганцевые руды	Габон
Бокситы	Австралия, Гвинея
Медные и медно-никелевые руды	СССР, США, Чили, Перу
Молибденовые руды	СССР, США, Канада
Бериллий	США, Канада, Мексика
Калийные соли	СССР (Старобинское месторождение), Канада (Саскачеван)
Фосфориты	США (штат Колорадо)

К этому можно добавить, что до сих пор многие районы мира, преимущественно в Юго-Восточной Азии, Латинской Америке, Африке и Океании, в геологическом отношении остаются неизученными. В 1938 г. разведенные в капиталистических странах месторождения нефти оценивались в 9,1 млрд. т, однако с тех пор к 1969 г. добыли 21 млрд. т нефти.

В целом учтенные общие запасы угля, железных и марганцевых руд, хромитов, никеля, кобальта, бокси-

Таблица 4

Полезные ископаемые, млн. т.	С С С Р						1974		
	1913	1940	1950	1960	1970	1975	Болга- рия	Венгрия	ГДР
Нефть	10,3	31,1	37,9	147	349	491	0,1	2,0	—
Газ, млрд. м ³	—	3,2	5,8	45,3	198	289	0,2	5,1	—
Уголь:									
добыча	29,2	166	261	510	624	701	—	—	—
товарный	—	—	—	—	—	—	24,3	25,8	244,1
Железная руда	9,2	29,9	39,7	106	195	233	1,2	0,3	0,1
Минеральные удобрения (в пересчете на 100% питательных веществ)	0,02	0,7	1,2	3,3	13,1	22	0,5	0,6	3,7

Полезные ископаемые, млн. т	1974									
	Польша	Румыния	Чехословакия	Югославия	США	Англия	Франция	ФРГ	Италия	Япония
Нефть	0,6	14,5	0,2	3,4	435	0,1	1,0	6,2	1,0	0,7
Газ, млрд. м ³	5,5	28,8	1,0	1,5	615	30,0	10,0	16,0	15,0	3,0
Уголь:										
добыча	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
товарный	202	26,3	110	33,6	585	100	25,0	220	1,5	19,3
Железная руда	0,6	1,5	0,9	—	75*	6,4*	61*	6,4*	0,5*	1,1*
Минеральные удобрения (в пересчете на 100 % питательных веществ)	2,3	1,4	0,8	0,4	17,5	1,3	5,2	5,0	1,7	3,4

* Данные за 1973 г.

Таблица 5

Полезное ископаемое	В мире		В Европе	
	1913	1973	1913	1973
Нефть (включая газовый конденсат)	2	2	1	1
Газ	—	2	—	1
Уголь (товарный)	6	1	5	1
Железная руда	5	1	4	1
Минеральные удобрения	—	1	—	1

тов, ртути, графита, калийных солей, природной серы, пирита и фосфатного сырья вполне могут обеспечить производство и за пределами нашего столетия.

Считают, что до 2000 г. будут исчерпаны открытые месторождения молибдена, меди, сурьмы и золота. В ближайшие десятилетия могут быть выработаны известные ресурсы нефти и газа, вольфрама, свинца, цинка, олова, асбеста и плавикового шпата.

Чтобы обеспечить потребность развивающейся промышленности мира этим сырьем до конца нынешнего столетия необходимо увеличить прирост запасов новых месторождений хотя бы в десятикратном размере. Это весьма трудная задача. Тем более что в развитых капиталистических странах навряд ли возможны крупные открытия, так как их территории сравнительно хорошо изучены в геологическом отношении. Многие промышленные государства уже оказались в преддверии минерального «голода», который можно удовлетворить за счет ресурсов других стран или с помощью внедрения лучшей технологии добычи и переработки. Наглядной иллюстрацией служит прогноз для США, отражающий положение со снабжением отдельными видами собственного минерального сырья в конце 60-х годов нашего столетия. Разведаны промышленные запасы, обеспечивающие удовлетворение спроса на период, значительно превышающий 25 лет, следующих минеральных ресурсов: магний, молибден, уголь, фосфориты, калийные соли, известь, поваренная соль, песок, гипс, бура, барит, полевой шпат, глина.

Запасы, не обеспечивающие достаточных поставок, — это медь, свинец, цинк, уран, ванадий, вольфрам, сурьма, нефть, природный газ и сера.

В ряде случаев ожидается прогресс в технике обогащения. Речь идет о железе, алюминии, титане, бериллии, тории, фторе, графите и нефти, получаемой из нефтяных сланцев. Ожидается увеличение производства жидкого топлива и газа из угля.

Уже в начале 70-х годов США вынуждены были импортировать 90—95% ежегодно потребляемых марганца, никеля и хрома, 85% бокситов, 70% олова, 30% нефти и железной руды [1]. Еще больше зависят от чужого сырья страны Западной Европы и Япония.

Открытые в последнее время месторождения расположены в основном в Латинской Америке, Африке, Азии и Австралии. В недрах этих районов мира заключены следующие учтенные ресурсы полезных ископаемых:

Полезные ископаемые	Количество от общих разведанных месторожде- ний, %
Алмазы	100
Марганцевые руды	99
Олово	98
Хромиты и сурьма	96
Бокситы	90
Нефть	87
Кобальт	84
Никель	78
Сера	77
Железные руды и медь	72
Фосфаты	70
Вольфрам	64
Газ	51

Эти цифры весьма показательны. Вероятно, в ближайшие десятилетия страны, обладающие минеральным сырьем, особенно таким, запасы которого в других местах исчерпываются, а потребности велики, могут оказаться в центре внимания всей мировой экономики и политики. Однако если рассматривать полезные ископаемые не с точки зрения уже известных промышленных месторождений, а с позиций научно-технического прогресса и возможности вовлечения в рациональную переработку других минеральных ресурсов, то можно прийти к более оптимистическому прогнозу. Кроме того, известны многочисленные

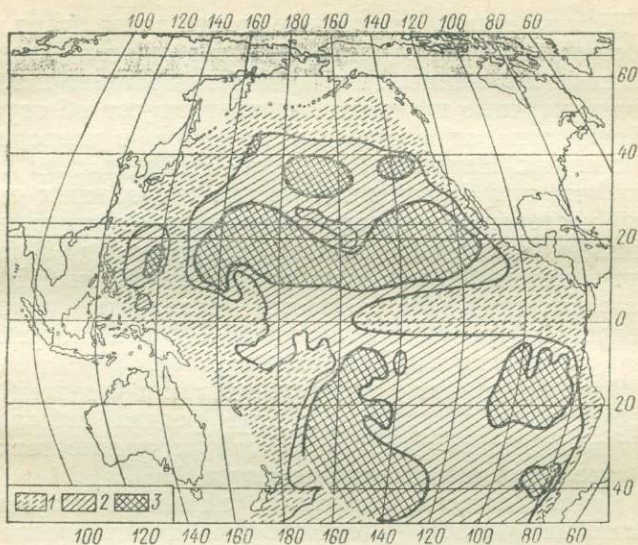


Рис. 3. Карта распределения железо-марганцевых конкреций на дне Тихого океана.

1 — единичные; 2 — области массового распространения; 3 — области высоких концентраций.

залежи битуминозных песчаников и сланцев. Их мировые ресурсы превышают запасы всех нефтяных месторождений.

Таким образом, главное топливо — энергетическое сырье — может обеспечить потребности человечества и в отдаленном будущем, тем более что разведанные в мире запасы угля огромны.

Практически пока неограниченны мировые ресурсы железных руд. Любопытно, что на XI Международном геологическом конгрессе, состоявшемся в 1910 г., все запасы этих руд для России оценивались в 830 млн. т. При современных масштабах добычи такого количества руды хватило бы едва ли на 10 лет [91].

Марганцевые залежи (с учетом морских месторождений) также могут весьма длительное время удовлетворять промышленные потребности. Предполагают, что на дне морей и океанов запасы марганцевых конкреций достигают 1500 млрд. т. (рис. 3).

Хотя на суше в ближайшие десятилетия будут выработаны известные месторождения многих ценных полезных ископаемых: меди, никеля, кобальта и т. д., однако научные прогнозы свидетельствуют об огромнейших запасах различных металлов в подводных конкрециях. Например, японские исследователи считают, что при современном уровне потребления морские месторождения могут обеспечить мировую промышленность: медью на 2 тыс. лет, никелем на 70 тыс., марганцем на 140 тыс. и кобальтом на 420 тыс. Предполагают, что к 1985 г. за счет переработки рудных конкреций будет удовлетворяться 50% всей потребности в кобальте и 18% в марганце [136].

Сложнее вопрос с удовлетворением в будущем потребностей в благородных и ряде редких металлов. Они пока используются в небольших количествах, и данные о них почти не публикуются.

Неметаллических полезных ископаемых в целом достаточно, чтобы удовлетворить промышленность мира и за пределами нашего столетия, хотя считают, что в ближайшие 25 лет в недрах исчерпаются известные месторождения асбеста и плавикового шпата.

Таковы современные сведения об имеющихся в земной коре полезных ископаемых и тенденциях их использования. Конечно, эти данные не абсолютны и спустя некоторое время будут пересмотрены. Но и они позволяют сделать вывод, что в целом человечество еще на долгий период будет обеспечено основными видами минеральных ресурсов. Возможность исчерпания в ближайшие десятилетия некоторых ценных рудных и нерудных компонентов не исключена. Эту диспропорцию в соотношении запасов сырья и потребностей в нем, вероятно, быстро ликвидируют с помощью новых материалов-заменителей.

ГЛАВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОХРАНЫ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Ценные компоненты земной коры представляют собой основу материального существования человечества. Поэтому охрана минеральных ресурсов — не консервация открытого месторождения, не оставление его в первозданном виде в недрах. Охрана полезных ископаемых должна быть активной и рациональной. Ее основные задачи следующие:

1) опережающая добычу геологическая разведка с целью создания потенциальных запасов необходимо-го сырья;

2) наиболее полное и комплексное извлечение из месторождения всех полезных компонентов;

3) экономное и безотходное использование их в производстве;

4) вторичное использование материалов после выхода из употребления изделий.

5) предотвращение вредного влияния работ, связанных с пользованием недрами;

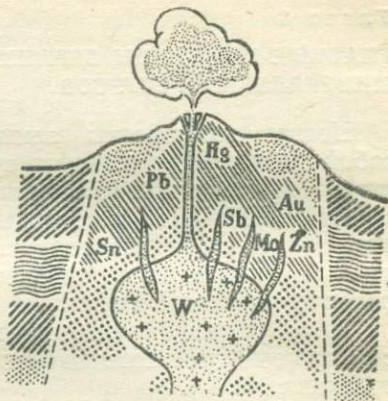
6) решение вопросов искусственной (физической, химической, биологической и т. д.) концентрации рассеянных в процессе использования минеральных веществ;

7) поиски природных и искусственных заменителей дефицитных минеральных соединений.

Значение опережающего добычу геологического изучения недр в целом общеизвестно. Теоретические разделы геологии — фундамент для развития прикладных направлений: методов поисковых и геологоразведочных работ, техники разведки, методов опробования руд, подсчета запасов полезных ископаемых и т. д. Постоянное обновление теоретических положений оказывает воздействие на практику.

Сравнительно недавно считалось, что Западное Забайкалье — это древнейшая часть Азии. Она сложена горными породами, возникшими более полутора миллиардов лет назад. В них согласно геологической теории не мог возникнуть целый ряд полезных ископаемых. Позже среди древних пород обнаружили образования, появившиеся здесь каких-нибудь 100 млн.

Рис. 4. В древние горные массивы вторглась магма, появились молодые горные образования, обогащенные многими полезными ископаемыми [133].



лет назад. Эти открытия позволили заново пересмотреть, казалось бы, фундаментальные основы геологии. По разломам земной коры сюда вторглась глубинная магма, содержащая рудные элементы. Возникли молодые месторождения полезных ископаемых. Открытие промышленных залежей вольфрама, молибдена и флюорита практически подтвердило новые взгляды на геологическую историю развития Западного Забайкалья.

Почти половина территории СССР представлена подобными древними породами, где активные процессы формирования гор закончились. Теперь теоретическая геология позволила отнести и эти участки земной коры, считавшиеся ранее бесперспективными для поисков многих руд, к потенциально перспективным. Вопреки установившимся классическим представлениям геологи обнаружили рудопоявления в Енисейском крыже, на древнем Балтийском щите. Предполагается, что открытия ценных руд будут сделаны в Карелии, на Памире и на исхоженном вдоль и поперек Урале. Значит, необходимо «искать там, где все найдено» [133]. Такова результативность геологического подхода (рис. 4).

Не менее обнадеживающим может быть и другой подход, в котором сочетаются элементы конкретной экономики, горного дела и рудничной геологии. Ныне

затраты на проведение геологических исследований подчас превышают четвертую часть вложений на развитие минерально-сырьевой базы. Огромные средства вкладывают также в строительство и эксплуатацию горнорудных предприятий. Их существование целиком зависит от запасов полезных ископаемых, которые были определены разведкой.

В последнее время интенсивная эксплуатация рудников приводит к тому, что срок работы многих из них ограничивается несколькими десятками лет. Затем горнорудное предприятие закрывают или снабжают его привозным сырьем. В то же время в месторождении по тем или иным причинам остаются невыработанные полезные ископаемые. Они могли бы продлить период работы рудника, нередко даже вдвое. Значит, для оптимальной деятельности предприятий необходим постоянный критический анализ ранее собранных геологических материалов. Он позволяет научно прогнозировать будущее использование минеральных ресурсов на уже действующем промышленном объекте. Вот факты, подтверждающие это. Геологи Джезказгана, Тырныауза и некоторых других районов сумели открыть ряд новых перспективных участков в пределах известных рудных полей. Геологи Норильска присоединили к прежним месторождениям рудоносные площади Талнаха.

Рудноалтайская полиметаллическая провинция еще многие десятилетия будет обеспечивать народное хозяйство цинком, свинцом, медью, золотом, серебром и другими металлами. Это обосновано общими геологическими прогнозами. Но и здесь имеются рудники, обеспеченные запасами на 10—20 лет. Следовательно, требуются детальные поиски еще скрытых месторождений в пределах действующих горнорудных предприятий. Такой подход, безусловно, даст положительные результаты. Тем более что при эксплуатации рудников и шахт имеются богатые возможности для осуществления разведки непосредственно под землей. Выдвинутое основоположником русской науки М. В. Ломоносовым правило «ищи руду возле руды» в наше время становится особо актуальным.

Итак, открытия теоретической и прикладной геологии создают общие предпосылки активной и рацио-

нальной охраны минеральных ресурсов. Однако это лишь пассивный природный потенциал.

Общим активным критерием для оценки использования открытых геологами богатств земной коры может быть к. п. д. минеральных ресурсов в народном хозяйстве. Такой к. п. д. представляет собой отношение действительной пользы добытого из недр минерала или группы минералов к природному потенциалу данного минерального сырья. Величина к. п. д. обычно меньше единицы и может быть выражена в ее долях или процентах от целого. Ее оптимальное значение должно быть близко к единице или 100%. Однако из 26 т различных минералов, добываемых ежегодно в среднем на одного человека, только 2% составляют полезный продукт, остальное — отходы, возвращаемые в естественный круговорот [86].

Как отмечал академик Н. В. Мельников, «из каждой 10 т нефти, находящихся в скважине, пользу людям приносит лишь одна» [63]. Значит, в целом к. п. д. использования важнейшего топливно-энергетического и химического сырья в народном хозяйстве составляет всего 10%. Его увеличение зависит от решения многих вопросов, проявляющихся конкретно в процессе осуществления ресурсного цикла при добыче, переработке и потреблении полезного ископаемого. Все это подводит к мнению, что активная и рациональная охрана минеральных ресурсов должна быть заключена прежде всего в решении технологических задач.

Природа создала и создает необходимые человеку полезные ископаемые. Он может обнаружить их и оценить с точки зрения потенциальной полезности. Затем наступает момент вмешательства в природный цикл создания и обмена минеральных веществ, когда их дальнейшая судьба определяется совершенствованием добычи и преобразования компонентов земной коры и целиком зависит от решения двух технологических комплексных проблем: извлечения наиболее ценных компонентов из горных пород (первичное использование ресурсов) и полной утилизации потребляемого сырья (вторичное использование ресурсов). Их решение требует соответствующего специализированного подхода. В данном случае они могут быть рассмотрены лишь в общем виде.

В ресурсном цикле использования полезных ископаемых наиболее важным звеном является начальный технологический этап. В настоящее время самые большие потери минерального сырья обусловлены неумением наиболее рационально и полно извлекать его из недр и наиболее комплексно и полно преобразовать добытое сырье в полуфабрикат.

Большинство горнопромышленных предприятий стремится быстро «снять сливки» с месторождений. Бедное по содержанию полезных компонентов и трудноизвлекаемое сырье остается на месте или переносится на поверхность Земли в отвалы. Более половины запасов нефти в процессе добычи оставляют в пластах и причисляют такие месторождения к истощенным. Причины этого кроются не только в несовершенстве технологии, но часто и в самом способе производства. Например, в США освоение нефтяных залежей происходило подчас в ожесточенной схватке между собственниками отдельных участков. Во время нефтяного бума в первой трети нашего столетия нефтепромышленники стремились подавить своей скважиной любую другую. Нефтяное поле превращалось в густой лес вышек, особенно в районе границ участков. Это была хищническая и неэффективная система. Уже к 1960 г. ряд штатов был вынужден издать законы о принудительном объединении частных предприятий для уменьшения конкуренции, чтобы использование нефтяных ресурсов стало более рациональным.

Предупредительные меры по охране нефтяных месторождений изменили понятие «производительность скважины». Не максимальная, только сегодняшняя, добыча, а суммарное извлечение полезного ископаемого должно стать основным критерием [157].

При эксплуатации нефтяных скважин получают огромное количество попутного природного газа. До последних лет свыше половины его выпускали в воздух или сжигали в факелах по соображениям техники безопасности. В то же время усиленно развиваются газопромыслы, добывающие газ из недр. Его потребление стремительно возрастает. А в попутных газовых факелах иногда годами сжигаются миллиарды кубических метров ценнейшего полезного ископаемого.

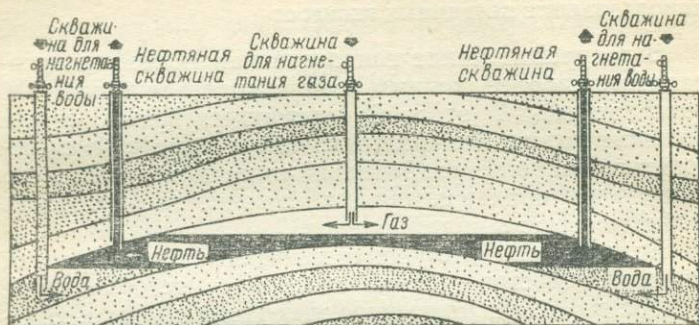


Рис. 5. Газ и вода нагнетаются в нефтеносный пласт и оттесняют нефть к скважине [84].

Подсчитано, что один такой факел может принести экономические убытки до 10 млн. руб. в год [3].

Конечно, случаи невозможности оптимального использования попутного газа не исключены, однако нельзя забывать о самой природе, которая подсказывает рациональный выход. Газ, повторно закачанный в пласты, может помочь дополнительно добыть нефть из подземного резервуара (рис. 5). Газ можно закачать в отработанные залежи и там хранить до возникновения необходимости утилизации. Подобные газохранилища, созданные человеком, уже есть там, где необходимо хранить гарантированный запас топлива и где горно-геологические условия недр позволяют это осуществить. Например, подземные газохранилища созданы в Подмоскowie в районе Калуги и Щелкова. Они представлены глубинными пористыми слоями песчаника, образовавшимися здесь миллионы лет назад. Снизу эти «емкости» ограничены водоносными пластами, а сверху глинистыми отложениями мощностью 15—20 м, что предотвращает утечку газа из естественного резервуара. Примерно такую же мощность имеют и песчаники, залегающие на глубинах 750—950 м. В их многочисленных порах хранится топливо. В Москве его потребление зимой возрастает в 2 раза; перерасход покрывается из запасов искусственных газохранилищ. Такие хранилища созданы и вблизи других крупных городов [25].

Значительные потери на начальном этапе ресурсного цикла происходят также при использовании твердого минерального сырья. Миллиарды тонн угля и руды погребены в заброшенных шахтах и рудниках. Их запасы остались невыбранными в боковых стенках и целиках (опорах), поддерживающих кровлю. При шахтной разработке угля минимальные его потери составляют до 1/4 промышленных запасов. А на некоторых шахтах в недрах оставляют около половины пригодных для добычи залежей. Эту проблему можно положительно решить, используя лучшие системы разработок, закладывая отработанные пространства пустой породой.

Многие города и шахтерские поселки Кузбасса построены на осваиваемых угленосных участках. Под такими объектами приходится оставлять разведанные ресурсы топлива. Сохраняются здесь и значительные невыработанные целики. На верхних горизонтах добычи объем угля в целиках сравнительно невелик, но с углублением в недра необходимость предупреждения нарушений горно-геологических условий требует оставления больших масс сырья. В частности, если на одной из шахт Прокопьевска на первом горизонте на это уходило около 7 млн. т, то на четвертом — в 6 раз больше [4]. Подобные примеры можно было бы привести и по другим угольным бассейнам. Достаточно отметить, что ежегодные потери в общесоюзном масштабе составляют многие десятки, а в мировом, вероятно, сотни миллионов тонн ценного топлива.

В настоящее время бо́льшая часть железных руд добывается в Криворожье. И здесь ежегодно оставляется в недрах значительное количество минеральных ресурсов. Причем основные потери связаны с несовершенными системами разработок. Все большие темпы набирает Курская магнитная аномалия. В 1970 г. она давала промышленности около 1/10 всей добываемой руды. Открытый способ добычи, высокое содержание железа в руде позволили в последнее десятилетие добиться многого. Но такие месторождения быстро исчерпываются. В последующие годы необходимо будет отрабатывать железистые кварциты с более низким содержанием металла, требующие обога-

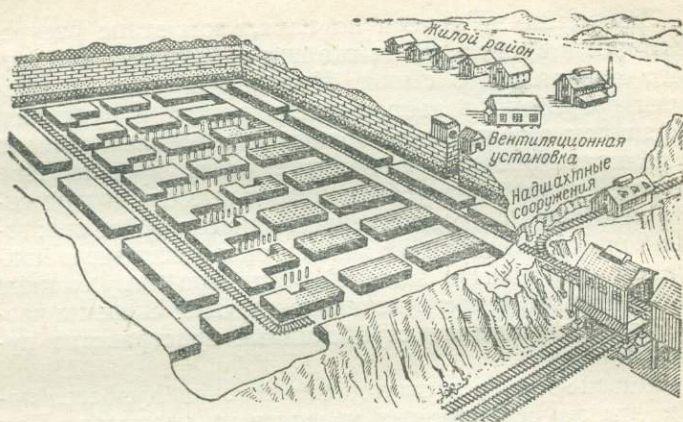


Рис. 6. Схема типичного шахтного поля с выработанными пространствами и целиками. В целиках, поддерживающих верхние пласты, остается много полезных ископаемых [84].

щения на горно-обогатительных комбинатах. Руды КМА, содержащие до 64% железа, залегают на глубинах до 700 м. Их придется извлекать с помощью шахт, что приведет к значительным потерям полезного ископаемого в недрах.

Если говорить о рудах других металлов, прежде всего цветных, то добыча их в рудниках также связана с большими потерями за счет оставления все тех же опорных целиков и стремления именно сейчас отработать наиболее удобное для извлечения и богатое по кондициям сырье (рис. 6).

Основной источник всего этого — недостаточное предварительное обоснование вопросов, которые можно было бы объединить в одну проблему: оптимальное прогнозирование развития горнопромышленного района. Решая эту проблему, необходимо обращать внимание на соблюдение ряда условий.

1. Месторождение должно изучаться полностью, что означает рассмотрение возможности использования минеральных компонентов, сопутствующих главному полезному ископаемому.

2. С целью полнейшего извлечения сырья нужно выбрать наиболее эффективную систему горных вы-

работок, обеспечивающую одновременно минимальные нарушения существовавших ранее горно-геологических условий.

3. После добычи сырья следует наиболее полно и комплексно извлечь из него полезные компоненты.

Развитие открытых (карьерных) способов разработки месторождений снижает потери минеральных ресурсов на 3—10%. Поэтому в ближайшем будущем в нашей стране свыше половины всего угля, почти 9/10 железной руды, 4/5 руд цветных металлов и около 3/5 горнохимического сырья будут добывать именно такими способами [117].

Нередко основную ценность полезного ископаемого составляют попутные элементы. Так, стоимость золота, серебра, кобальта, теллура, германия, которые содержатся в медной руде некоторых месторождений, выше, чем стоимость самой меди. Магнетитовые руды Соколовско-Сарбайского месторождения рассматриваются в качестве железорудного сырья, а в них имеются медь, кобальт и другие металлы. Причем меди в руде почти столько же, сколько на крупнейшем Коунрадском месторождении. Комплексное извлечение металлов из руд Соколовско-Сарбайского месторождения почти вдвое увеличивает стоимость его продукции.

Медноколчеданные, медные и медно-цинковые руды содержат наряду с медью до 5—7% цинка, до 46% серы и 35—37% железа. В них есть свинец, сурьма, кадмий, селен, кобальт, висмут, золото, серебро и другие металлы. Однако коэффициент комплексного использования этих руд к началу семидесятых годов составлял всего 40—50% [65].

Критерии целесообразности промышленного использования сырья изменяются. Изучение природного потенциала свидетельствует о неуклонном истощении минеральных ресурсов, а развитие технологических возможностей позволяет более активно и рационально охранять полезные ископаемые. Вот как менялась во времени промышленная концентрация свинцово-цинковых и медных залежей [62], %:

Свинцово-цинковая руда

До XX в.	8—10
В начале XX в.	6—7

До 1940 г.	5—8
В наше время	1,5—2,7

Медная руда

До XX в.	5—6
В наше время	0,8—1,5

В рудниках Бингем-Каньона в США в начале XX в. добывали медную руду с 5%-ным содержанием металла. В наше время здесь эксплуатируют залежи, концентрация меди в которых ниже 1%. В некоторых странах вокруг цинковых заводов громоздятся отвалы, включающие от 2 до 12% цинка и от 0,5 до 3% свинца. В то же время в США уже приступили к разработке руд, содержащих лишь 1,8% цинка [56].

Таким образом, возникает необходимость организации повторной добычи. Ее осуществляют непосредственно в недрах, разрабатывая ранее оставленные полезные ископаемые, или на поверхности, перерабатывая отвалы.

В нашей стране имеется немало примеров правильного решения этой важной проблемы. Так, широкое внедрение дражных способов разработки россыпей позволяет перерабатывать породу, из которой извлекли золото при подземных разработках. Уже не первое десятилетие в Восточной Сибири с помощью электрических драг вторично перерабатывают золотоносные отвалы. Они дают значительную часть драгоценного металла. Следует отметить, что и после работы драг остаются значительные отходы. На Урале и в Забайкалье известны случаи, когда из некоторых переработанных отвалов дополнительно получали до 40% золота от первоначально разведанных запасов.

Большие возможности для организации комплексной и повторной добычи имеются во многих горнорудных районах страны. На Кольском полуострове разрабатывают апатито-нефелиновые руды. Здесь добывают апатит для минеральных удобрений и частично нефелин для производства алюминиевого сырья. В отбросы уходили миллионы тонн нефелина, сотни тысяч тонн титаномагнетита, сфена и эгирина, содержащего редкие металлы. В последние годы в Кольском филиале АН СССР проведены специальные исследования по комплексному использованию апатито-нефели-

новой руды, в которой представлена чуть ли не половина элементов менделеевской таблицы. Уже получены результаты, позволяющие приблизиться к почти безотходной переработке этого ценного сырья. Если при полном извлечении апатита и частичном нефелина коэффициент использования руд не превышает 65%, то при переработке всего нефелина он повышается до 82%, а при получении сфенового, титаномагнетитового и эгиринового концентратов до 96% [38].

На Норильском и Балхашском горно-металлургических, Усть-Каменогорском свинцово-цинковом комбинатах и на многих других предприятиях осуществляется успешное использование почти всех компонентов полезных ископаемых, добываемых из недр [11].

Совершенствованию технологии извлечения ценных металлов из руд теперь уделяется большое внимание. Впрочем, если минеральные ресурсы не дефицитны, их еще по-прежнему рассматривают как неисчерпаемый дар природы, что приводит к большим экономическим потерям. На карьерах строительного камня бесполезно пропадает 30—70% добытого сырья. На многих промышленных предприятиях накапливаются в виде отходов попутные строительные материалы. Только криворожские горно-обогащательные комбинаты ежегодно сбрасывают в отвалы миллионы кубических метров безрудных роговиков и кристаллических сланцев. Эти породы — прекрасный материал для строительного и дорожного щебня. Они не хуже гранитного, а по себестоимости в 1,5 раза ниже его. Лишь незначительная часть таких отходов перерабатывалась в щебень.

Из кристаллических сланцев можно производить керамзит — легкий заполнитель в бетон. В Ленинградской области недавно начал действовать мощный комбинат «Фосфорит», производящий минеральные удобрения. Невдалеке от этого предприятия быстро создается искусственное месторождение кварцевого песка, являющегося ценным промышленным сырьем.

Все эти факты — убедительное доказательство того, что в настоящее время необходима организация комплексной технолого-экономической разведки. Активная и рациональная охрана недр предполагает использование всех возможностей работающих пред-

приятый. Поэтому целесообразно ограничивать строительство новых и расширять действующие специализированные объекты по добыче и производству строительных материалов в горнорудных районах. Именно таким путем создавались бы предпосылки для внедрения оптимальных ресурсных циклов при использовании богатств земной коры [103].

Технологическо-экономическая разведка позволяет суммировать и объективно анализировать конкретные ситуации для принятия лучших решений. Например, в Иркутской области расположен Мамско-Чуйский слюдоносный район. На слюду-мусковит, добываемую здесь, ранее были установлены оптовые цены, которые не интересовали предприятия в наиболее полном извлечении этого сырья. Выборочная отработка и консервация значительного количества запасов слюды приводила к тому, что почти 83% ее терялось в процессе добычи и переработки [75]. Можно предвидеть, что потребность в таком полезном ископаемом через определенное время значительно уменьшится благодаря созданию дешевых заменителей слюды. Поэтому «ничто не сможет вызвать большего недоумения у будущих поборников охраны ресурсов, чем обнаружение ими через 100—200 лет устаревших видов сырья, лежащих без пользы в недрах Земли, хотя в свое время их можно было бы с выгодой эксплуатировать» [84].

Улучшение использования минерального сырья — одно из важнейших условий быстрого развития народного хозяйства. Здесь особо важную роль приобретают вопросы экономики. Ведь только 1% добываемых в стране минеральных ресурсов позволяет вовлечь в производство более 1 млн. т стали, около 5 млн. т нефти, до 3 млрд. м³ газа [117].

Подсчеты показывают, что капитальные вложения в создание предприятий по комплексной переработке ряда полезных ископаемых окупаются в течение нескольких лет. Следовательно, не может быть сомнений, что такой подход к охране минеральных ресурсов наиболее рационален.

Хотя гидросфера не является объектом нашего рассмотрения, но 60 млн. м³ воды (4,12% от общей массы) непосредственно входят в состав земной коры

[60]. Это подземные воды, которые представляют собой специфический вид полезного ископаемого. Они активно участвуют в процессах формирования горных пород благодаря своей растворяющей способности, подвижности, проникновению в трещины и поры различных минеральных образований. Подземные воды нередко залегают в пластовых депрессиях как самостоятельные месторождения. Интенсивное потребление такого вида сырья (особенно в промышленных и густонаселенных зонах) неизбежно приводит к истощению ресурсов, к необходимости поддержания их запасов. Притом усиленная откачка подземных вод оказывает нередко отрицательное воздействие на состояние поверхностной части литосферы.

Эти воды могут быть пресными, минерализованными и представленными в виде рассолов. Пресные воды во все возрастающем количестве потребляют в быту и промышленности, минерализованные часто используются в лечебных целях, а рассолы служат сырьем для извлечения химических элементов. Вопросы добычи и использования этого вида минерального сырья широко освещены в специальной литературе. Поэтому кратко рассмотрим менее известные возможности применения подземных вод, огромное количество которых получают попутно при разработке полезных ископаемых.

Варианты оптимального решения и в данном случае заключены в комплексном подходе. Например, в Закарпатье расположен Береговский рудный район, где сооружают горно-обогатительный комбинат на базе барито-полиметаллического месторождения. Подсчитано, что к 1980 г. общий объем рудничных вод, откачиваемых на поверхность, может достигнуть 100—150 тыс. м³/сутки. Половина этих вод пригодна для питья. Теплые глубинные рудничные воды найдут применение в плавательных бассейнах, теплицах и т. д. Воды, содержащие до 15 мг/л фтора и до 2 мг/л серебра, могут добавляться в бытовой водопровод, что улучшит качество воды. Эксплуатация месторождения приведет к осушению прилегающих к шахтным полям заболоченных земельных угодий, а отходы обогатительных фабрик могут быть ликвидированы за счет глубоких трещинных коллекторов. Следовательно-

но, окружающая среда будет не только сохранена, но и значительно улучшена.

Конечно, местные гидрогеологические условия не всегда позволяют комплексно решать вопросы использования запасов водоносных горизонтов. Чаще всего наличие гидравлической связи между поверхностными и подземными водами заставляет мириться с определенными отрицательными последствиями. Иначе говоря, требуется разработка прогнозных вариантов с учетом многих вопросов, казалось бы, не входящих в непосредственные задачи гидрогеологической службы.

С каждым годом закладываются все более и более глубокие шахты. С их углублением растет емкость дренируемой части земной коры. В шахтах Донбасса, работающих на глубинах 700—850 м, водоприток в среднем составляет 100—300 м³/ч, в отдельных случаях больше. Увеличение глубины шахт на 10% почти в таком же количестве усиливает водоприток. В будущем неизбежно значительное увеличение объема откачиваемых вод, в основном минерализованных. В отличие от большинства других полезных ископаемых, как правило, невозобновимых, подземные воды, в частности шахтные, можно многократно использовать в народном хозяйстве.

Еще в 1932 г. академик А. Е. Ферсман говорил: «Я призываю к ... новым формам нашего горного хозяйства, в которых геолог должен быть геохимиком, геохимик — технологом, технолог — экономистом, а хозяйственник, опираясь на всех их вместе, тем общественником, который ставит новое, социалистическое хозяйство на основе комбинирования» [64]. В этом высказывании выражено основное, чем необходимо руководствоваться при активном и рациональном подходе к охране ресурсов недр.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ

Процесс преобразования минерального сырья в конечный продукт и дальнейшее его потребление приводит к созданию так называемых вторичных отходов. За истекшее столетие на земную поверхность попало свыше 20 млрд. т шлака и рассеялось почти 3 млрд. т

зола в виде аэрозоля. Около 1,5 млн. т мышьяка, более 1 млн. т никеля, 900 тыс. т кобальта, по 600 тыс. т цинка и сурьмы, сотни и десятки тысяч тонн других ценных элементов потеряно в виде выбросов за тот же период [40]. В течение года на квадратный километр поверхности литосферы оседает около 50 т естественной пыли, которая содержит в себе рассеянные продукты промышленного производства. Из-за неполного использования горючего в воздух выбрасываются и ценные металлы. Только в одной Швейцарии на шоссе и улицах автомобили оставляли каждый год до 300 т распыленного свинца, добавляемого в бензин для улучшения работы мотора и экономии топлива.

Если суммировать сток производственных вод, насыщенных полезными компонентами, то он уже превышает объем Амазонки — наиболее полноводной реки мира. Основная масса подобных отходов — это преобразованное в новые формы и качество минеральное сырье. Поэтому многие из таких отходов можно считать вторичными ресурсами полезных ископаемых. Они в основном представлены твердыми, жидкими и газообразными отбросами, которые соответственно могут быть прямыми, т. е. определенного состава, и комбинированными — смешанного состава.

Главными источниками этих отходов являются предприятия металлургической, машиностроительной, энергетической и химической отраслей. Общеизвестно, что изделия металлургии и машиностроения — это, как правило, продукты, полученные из руды. Под металлоемкостью в экономике подразумевают все затраты металла, включая его отбросы. Следовательно, коэффициент использования металла есть отношение массы готовых изделий, узлов, деталей и заготовок к массе исходной металлопродукции, израсходованной на их производство. Однако в машиностроительных цехах потери металла подчас достигают 50—60%.

В 1970 г. наша страна занимала первое место в мире по выпуску токарных станков. Способствовали ли темпы роста этого оборудования повышению коэффициента полезного использования металла? При замене морально устаревшего станочного парка — да. При перенасыщении таким оборудованием предприятий — нет. В данном случае резко увеличивается вы-

ход металлической стружки, измеряемой сотнями тысяч тонн. Там, где внедряется механическая обработка точного литья, профилей проката специальной конфигурации или точная листовая штамповка, потери металла снижаются до 10—5%. Обработка давлением при крупносерийном производстве не только уменьшает расход металла, но и снижает себестоимость простых деталей в 2—3 раза, сложных — в 5 и более раз.

Отсюда логичен вывод: необходимо расширять производство, которое позволяет применять не механические, а физико-химические методы обработки, например температурным воздействием и давлением. Поэтому изготовление рельсов относят к наиболее безотходному способу. Как видим, в технологической цепи превращения руды в изделие намечается весьма важное звено, позволяющее резко увеличить к. п. д. утилизации богатств земной коры в народном хозяйстве.

Другой путь — снижение удельной конструктивной металлоемкости. Например, с 1875 по 1950 г. удельная металлоемкость по горизонтально-фрезерным станкам уменьшилась на 70%. За 1930—1960 гг. этот же показатель для трактора, выпускаемого на одном из наших ведущих заводов, снизился в 2 раза [89].

В данном случае металлоемкость уменьшается также за счет более широкого применения заменителей металлов. Резервы для экономии различных видов полезных ископаемых здесь немалые. Ранее выпускавшаяся «Волга» ГАЗ-21 имела 10 кг пластмассовых деталей, современная «Волга» ГАЗ-24 — 25 кг, а идущий ей на смену легковой автомобиль — 40 кг. В нем применены детали под «хром», более долговечные, чем металлические [47]. Большие возможности заключены и в непосредственном внедрении прогрессивной технологии. На нефтепромыслах Башкирии доказана целесообразность применения 146-миллиметровых труб с толщиной стенок 7 мм. Несмотря на это промышленность поставляла сюда преимущественно трубы со стенками почти вдвое толще [90].

Только нефтяники Башкирии оставляли в недрах более 2 тыс. т высококачественного металла в год. А нужно учесть также перевозку лишнего груза на

железнодорожном транспорте, доставку его на буровые.

Вторая мировая война заставила многие государства пустить в переплавку все ненужные изделия из металла. В послевоенные годы проблема утилизации металлолома стала менее актуальной. Однако неуклонное истощение рудных запасов требует максимального использования экономного и простого метода получения металла — переработки (переплавки) вышедших из употребления механизмов и их частей. Достаточно указать, что 1 т чугуна или стального лома может сберечь 3,5 т минерального сырья (2 т железной руды, 1 т кокса, 0,5 т известняка). Сталелитейная промышленность США сохраняет свою высокую производительность за счет того, что около 50% шихты, загружаемой в печи, представлено скрапом (металлический лом). Еще более двух десятилетий назад свыше половины вновь выплавляемой там меди и 4/5 свинца также обеспечивались скрапом [84].

Большинство применяемых теперь металлов, превращающихся со временем в отходы, представлено различными сплавами. Это затрудняет их быстрое использование в качестве вторичного сырья из-за необходимости предварительного исследования состава. При общегосударственной системе, обязывающей ставить на изделие штамп с формулой сплава, т. е. указывать сочетание в нем рудных компонентов, проблеме можно было бы решить рационально (рис. 7). Следовательно, при использовании вторичных ресурсов необходим в целом тот же подход: наиболее полное и комплексное извлечение полезных компонентов.

Значительное количество твердых отходов дают тепловые электростанции. В масштабах страны ТЭЦ, работающие на угле и торфе, «производят» около 70 млн. т пылевидной золы и кусковых шлаков в год [71]. Ежегодные затраты на содержание и эксплуатацию золоотвалов исчисляются многими десятками миллионов рублей. Отвалы вблизи крупной тепловой электростанции занимают 400—800 га ценных земель. В то же время эти отходы — прекрасное сырье для производства дефицитных строительных материалов. На создание предприятий по полезной переработке

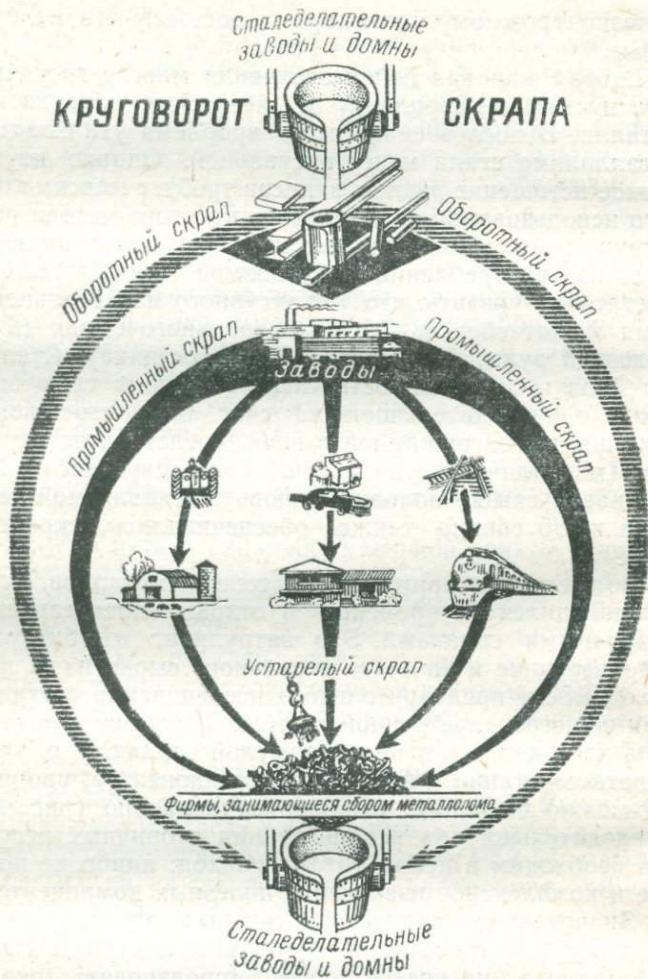


Рис. 7. Круговорот скрапа при производстве чугуна и стали — пример оптимального использования вторичных ресурсов минерального сырья [84].

золы и шлаков требуется затратить меньше средств, чем на мероприятия по сохранению окружающей среды и получение строительных материалов из природного сырья.

Шлаки и золы позволяют вырабатывать цемент, легкие и тяжелые заполнители, минеральные добавки. Из шлаковых расплавов приготавливаются кислотоустойчивые литые изделия и минераловатные теплоизоляционные материалы. В настоящее время практика многих предприятий подтвердила целесообразность такого использования твердых отходов. В этом отношении значительны достижения строительной индустрии промышленных районов Сибири, Донбасса. Как правило, себестоимость стеновых панелей снижается на 10—20%, а их вес (по сравнению с кирпичными) уменьшается в 4—5 раз.

Особенно показательны успехи Эстонской ССР. Здесь уже давно используют сланцевую золу для производства больших количеств газобетона. Шлаки и зольный гравий служат отличными легкими заполнителями. На Сланцевском заводе силикатного кирпича в Ленинградской области вместо извести применяют золу. Она повышает прочность и морозостойкость кирпича. Ввод золы в бетон позволяет снизить расходы на цемент почти на 1/3. В ближайшие десятилетия мы могли бы утилизировать почти все твердые топливные отходы и успешно решить проблему наиболее полного и комплексного использования минерального твердого топлива в энергетическом цикле. Опыт наиболее развитых стран показывает целесообразность такого пути. В ФРГ, например, в начале 70-х годов перерабатывалось с пользой почти 70% таких отходов, во Франции 55%, в Англии 42%, в США 14%.

Во всем мире растет спрос на минеральное волокно, в частности шлаковату. Это прекрасный изоляционный материал. Но перевозить его издалека сложно. Между тем почти в любом районе имеются тепловые электростанции, работающие на угле. Расплавленные шлаки — идеальное сырье для производства минерального волокна. Если их использовать в горячем состоянии, то можно сэкономить большое количество энергии [55].

Около 20 млн. т различных шлаков ежегодно выбрасывают в отвалы металлургические заводы страны. Эти шлаки богаты окислами кальция, магния и микроэлементами. Применяя молотый шлак в качестве добавок к удобрениям, можно значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Такие смеси, в частности, используют уральские земледельцы [105]. В результате работы заводов цветной металлургии накоплено несколько сотен миллионов тонн шлаков. На некоторых предприятиях Восточного Казахстана они подчас содержат в 2—3 раза больше металлов, чем руды, которые добываются на бедных по кондициям сырья месторождениях. Из 1 млн. т подобных отбросов можно получить свыше 500 тыс. т железа, до 60 тыс. т цинка, до 7 тыс. т меди.

Среди отвалов химической промышленности «захоронены» десятки миллионов тонн пиритных огарков. Если в год перерабатывать 7 млн. т этих отходов, можно получить 30 тыс. т электролитной меди, 23,5 тыс. т цинка, 540 т кобальта. Комплексная переработка некоторых отбросов химических предприятий позволяет получать материал, заменяющий искусственный камень-бетон, для производства которого требуется создание мощных цементных заводов. Отвалы, получаемые при выработке кальцинированной соды, перерабатываются в вяжущий материал, который в три раза дешевле портландцемента. На основе отходов одного Стерлитамакского содово-цементного комбината ежегодно можно получать 4,5 млн. м³ бетона. Техничко-экономическое обоснование такого предприятия уже осуществлено [8].

Огромнейшую массу вторичного сырья, неуклонно возрастающую с каждым годом, представляют собой комбинированные твердые отходы, часто именуемые в быту мусором. Большинство этих отбросов создает нежелательные микроландшафты вблизи крупных городов и промышленных предприятий, хотя уже с давних пор делались попытки целесообразного их использования. В древнем Риме, например, твердыми комбинированными отбросами укрепляли берега Тибра. Мусор при этом утрамбовывали. Со временем на берегу Тибра появился холм Коллина-ди-Теста, что означает «Холм глиняных горшков». Он порос де-

ревьями и кустарником, стал местом отдыха. В последние годы холмом заинтересовались археологи и он превратился в место азартных археологических поисков. В ход пустили даже экскаватор... В результате правительству пришлось объявить данный участок государственной собственностью, чтобы предотвратить разрушение берега.

Комбинированные твердые отходы накапливаются в любой стране, особенно промышленно развитой. В США общее количество такого вторичного сырья увеличивается каждый год примерно на 3,5 млрд. т. В последние годы здесь ежегодно выбрасывалось свыше 50 млрд. консервных банок, 30 млрд. стеклянных бутылок, 60 млрд. разнообразных металлических и пластмассовых емкостей. Большинство подобных отходов — это также выброшенное минеральное сырье.

Создание свалок — не лучший выход. Поэтому в последние годы наметились новые пути рационального использования и ликвидации твердых бытовых отходов. В СССР и Италии с помощью термообработки получают из мусора удобрения; в США и Великобритании, сжигая отбросы, вырабатывают электроэнергию [134].

По данным американских исследователей, мусор городских свалок по теплотворной способности (2,9 ккал/кг) близок к бурому углю. Если использовать сжигаемую часть ежегодных отходов США в топках тепловых электростанций, то это даст экономии 54,7 млн. т угля с низким содержанием серы или 29 млн. т нефти [144].

В научно-исследовательском центре Управления горнорудной промышленности США создана установка для переработки городского мусора и бумажных отходов в сырую нефть. Смоченный мусор и макулатура в течение 20 мин обрабатывались окисью углерода (кстати, тоже вредным отбросом) и горячим паром в герметичной камере при 370° С. 90% органических веществ, имеющихся в исходном материале, превращалось в воду и близкий к нефти продукт. Из каждой тонны такого мусора извлекалось до 160 л нефти, содержащей очень мало серы. Вот пример оптимальной утилизации вторичного сырья, непосредствен-

но способствующей активной и рациональной охране минеральных ресурсов. Уже подсчитано, что содержащаяся в мусоре, накапливаемом ежегодно в США, тепловая энергия эквивалентна 18% производимой ныне в этой стране электроэнергии, которую сейчас в основном получают из ископаемого топлива. Это весьма значительный резерв для активной и рациональной охраны ресурсов литосферы [123].

Достоин внимания рациональный подход японцев. Они прессуют мусор в твердые блоки, смешивая его с асфальтом и цементом, и получают отличный строительный материал — заменитель природного сырья.

Рассмотрим кратко некоторые вопросы использования жидких отходов промышленности. Не касаясь способов их очистки, подробно освещенных в специальной литературе, обратим внимание на те методы, которые хотя и не позволяют извлекать из сбросных вод ценные элементы, но помогают решать, например, следующие задачи.

1. Использовать природные свойства литосферы, способствующие самоочищению стоков и вовлечению их компонентов в естественный кругооборот веществ.

2. Наиболее безболезненно для окружающей среды избавляться от жидких отходов.

Особенной токсичностью обладают промышленные воды химического производства. Они подразделяются на слабоминерализованные и концентрированные. Хотя последние и составляют в среднем 1/3 всех загрязненных вод, однако вопрос их обезвреживания является наиболее важным. До настоящего времени еще не разработаны оптимальные способы поверхностной очистки таких стоков. Предложенные варианты сооружения очистных устройств обходятся в десятки миллионов рублей, не говоря уже о стоимости эксплуатации. В связи с этим можно считать, что одним из лучших методов является захоронение промышленных стоков, особенно концентрированных, в глубокие горизонты земной коры.

Скважинная закачка в поглощающие жидкость пласты применяется давно. Сначала она ограничивалась сбросом стоков нефтепромыслов. Ценный опыт в этом направлении накоплен в СССР, США, ГДР, ФРГ, Франции и Нидерландах. Технико-экономичес-

кая рациональность закачки в глубокие подземные пласты промышленных стоков безусловна. Во-первых, геолого-гидрогеологические данные позволяют выявить уже готовые подземные емкости. Во-вторых, для закачки можно использовать отработанные скважины и соответствующую нефтепромысловую технику. В-третьих, сбросные воды могут служить для заводнения пластов с целью увеличения добычи и максимального использования имеющихся запасов. Промышленные стоки, заполняя полости, образовавшиеся вследствие удаления из-под земли полезного ископаемого, компенсируют нарушения горного давления и предохраняют земную поверхность от просадок и обрушений.

В настоящее время эксплуатируются многие тысячи поглощающих сбросы скважин. Стоимость этих установок обычно составляет 1/10 стоимости поверхностной очистки. Однако необходимо подчеркнуть требования продуманного подхода в применении такого способа. В Германии калийные предприятия закачивали концентрированные рассолы через скважины в районе р. Верра с 1925 г. Постепенно произошли частичное засоление подземных вод и повышение их уровня, правда, не столь значительные по сравнению с общим положительным эффектом. Более неожиданные результаты отмечены в США в зоне Роки-Маунтин. Здесь в 1960 г. пробурили четырехкилометровую скважину для сброса ядовитых отходов арсенала химической службы. Через месяц после начала закачки и впервые за 80 лет в районе Денвера произошло землетрясение. За последующие 5 лет, в течение которых было закачено 625 млн. л стоков, зарегистрировали около 1500 землетрясений. Дальнейшее использование скважины было запрещено [67]. Поэтому следует учитывать, что обоснование возможности подземного захоронения жидких отходов промышленности всегда должно определяться благоприятными геолого-гидрогеологическими факторами: строением пласта-коллектора, его поглощающей способностью, изолированностью от других водоносных горизонтов.

Отметим, что на территории СССР имеется большое количество изолированных геологических структур, позволяющих в широких масштабах осуществ-

лять подземное захоронение жидких отходов промышленности.

Что касается получения из жидких и газообразных выбросов минеральных компонентов, то решение этих вопросов связано с созданием специальной технологии. Например, при очистке промышленных сточных вод одного из заводов г. Горького получают осадок, содержащий в виде гидрата окиси разные металлы: медь, никель, хром, цинк и т. д. Метод электролиза позволяет извлекать из тонны влажного осадка до 50 кг чистой меди [57]. На предприятиях Эстонии, добывающих и перерабатывающих сланец, газообразные выбросы, ранее загрязнявшие атмосферу, теперь с помощью специальных установок возвращают в технологическую переработку, обеспечивая наиболее полное использование сырья [21].

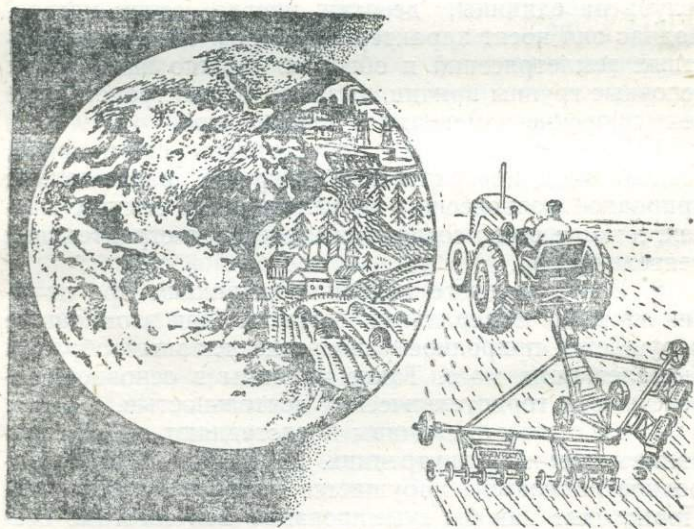
Таким образом, можно считать, что активная и рациональная охрана минеральных ресурсов на современном этапе научно-технического прогресса уже не должна заключаться только в комплексном извлечении этих ресурсов непосредственно при добыче и первичной переработке. Совершенствование технологического процесса в ресурсном цикле использования полезных ископаемых на всех ступенях превращения минерального сырья в конечный продукт приведет в итоге к лучшему регулированию сложной системы обмена веществ в природе, происходящего теперь не только в естественных условиях, но и в результате все усиливающегося влияния деятельности человека.

Часть II

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА КАК ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР

«Хозяйственная и промышленная деятельность человека по своему масштабу и значению сделалась сравнимой с процессами самой природы».

А. Е. Ферсман



ИЗМЕНЕНИЯ В СТРОЕНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Тектонические явления — это нарушения природного равновесия в строении земной коры. Причины таких нарушений весьма разнообразны и взаимосвязаны. Они обусловлены главным образом действием геофизических и геологических сил как эндогенного (внутреннего), так и экзогенного (внешнего) происхождения. В последние столетия воздействие человека на поверхностную часть литосферы стало настолько ощутимым, что мы теперь имеем право говорить о появлении тектонических нарушений, которые можно назвать антропогенными, т. е. созданными человеком. Количество антропогенных нарушений быстро увеличивается. Иногда они развиваются медленно, в течение десятилетий, реже столетий. Такие процессы распространяются, как правило, на сравнительно большие площади, захватывая десятки и сотни квадратных километров и проникая в глубь земной коры на сотни метров. Быстрые нарушения длятся дни и месяцы, чаще всего ограничены по площади, проникают вглубь на единицы, десятки, иногда сотни метров. Подчас они носят характер катастроф типа поверхностных землетрясений и обвалов. Можно выделить и основные группы причин, вызывающих антропогенные тектонические изменения в земной коре.

1. Внешние причины обусловлены, как правило, воздействием поверхностных нагрузок, нарушающих природное равновесие в нижележащих земных массах, и чаще всего создаются инженерно-строительной деятельностью.

2. Внутренние причины возникают при изъятии из недр минеральных веществ. При этом также нарушается природное равновесие, главным образом вышележащих масс. Такие причины в основном порождаются горнотехнической деятельностью.

3. Сложные причины представляют собой сочетание внешних и внутренних. В данном случае природное равновесие нарушается наиболее интенсивно. Происходит как бы суммирование искусственно соз-

данных процессов, обусловленных преимущественно механическим воздействием, нарушающим первоначальную структуру сложения горных пород. Иначе говоря, речь идет об изменениях, которые не могли бы возникнуть без вмешательства человека. При более подробном рассмотрении можно выявить элементы не только механического воздействия, но и химического, активно влияющего на ход этих процессов.

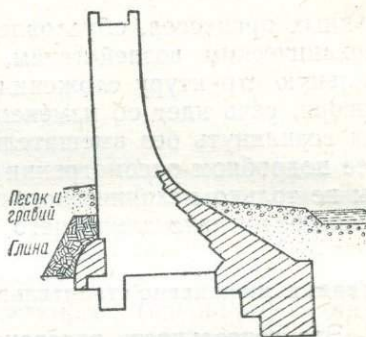
ВЛИЯНИЕ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Эта деятельность человека приводит к созданию преимущественно внешних факторов, постоянных и переменных. Они представлены в виде дополнительных нагрузок на земные массы и, как правило, вызывают ограниченные по зоне воздействия нарушения.

Когда возводят здания, плотины и другие сооружения, создают условия для возникновения антропогенных тектонических процессов. Например, в Лондоне в 1902 г. поставили для поддержания откоса массивную стену. Спустя 19 лет впервые отметили признаки перемещения стоявших на откосе домов. Возникшие нарушения постепенно усиливались, что еще через 10 лет заставило снести все эти здания. Казалось, что перемещение земного массива прекратилось, но в 1943 г. сама стена сдвинулась вперед на 90 см [130]. Так в результате постепенного изменения ранее существовавшей обстановки было ликвидировано природное равновесие. Основной причиной этого стало накопление в глинистых массах влаги из-за изменений условий естественной фильтрации.

Особенно наглядно подобные процессы проявляются в быстрых нарушениях строения земных масс при гидротехническом строительстве [35]. Во Франции в 1878—1881 гг. в Вогезском департаменте близ города Эпиналя возвели плотину Бузей с целью создания водохранилища вместимостью свыше 7 млн. м³. Вскоре в плотине появились трещины, началась течь. А 27 апреля 1895 г., когда вода находилась на максимальном уровне, произошла катастрофа. Часть плотины длиной 181 м внезапно опрокинулась. Авария стоила жизни многим людям и принесла большие убытки. Под сооружением залегал водопроницаемый трещи-

Рис. 8. Поперечный разрез плотины Бузэй. Штриховка показывает дополнительную кладку для повышения устойчивости плотины [130].



новатый песчаник. Он не выдержал искусственно созданной внешней нагрузки. Если бы плотина возводилась с учетом возможных тектонических нарушений и соответствующим их предупреждением, этого бы не произошло (рис. 8).

В США 7 апреля 1890 г. большой паводок на р. Колорадо смыл каменную плотину Аустин. «Аварийная часть плотины целиком соскользнула со своего основания» — так было отмечено в описании катастрофы. Скольжение произошло из-за наличия в подстилающем известняке сбросов, что привело к осадке плотины. Фильтрация воды ускорила процесс размывания и ослабления естественного фундамента. Таким образом, искусственно созданные внешние факторы стали причиной воздействия на земные массы дополнительных физических и химических сил. Природное равновесие нарушилось.

В Калифорнии построили бетонную гравитационную плотину Сан-Френсис. Спустя год после наполнения водохранилища в полночь 13 марта 1928 г. плотина была снесена. В основании плотины залегали неоднородные породы: в центральной части и на левом берегу — сланцы, на правом берегу — красный конгломерат, в который входил и гипс. Цементирующим веществом была глина. Хотя сланцы при замачивании не теряли механических свойств, характер их напластований способствовал скольжению вниз по течению реки. Гипс постепенно растворялся водой, создавая

пустоты, а глина размягчалась, что привело к усилению фильтрации и подмыву основания.

Для гидростанции на Северном острове Новой Зеландии в скальных породах проложили подводный канал. 7 июня 1930 г. скалы неожиданно треснули. Вдоль долины в скальной стенке протянулся разлом длиной 700 м и шириной 5 см [54].

Итак, во всех указанных случаях наблюдалось изменение напряженного состояния массивов земной коры. Превышение критического предела напряжения приводило к катастрофическим нарушениям типа поверхностных землетрясений. Но это — явления исключительные. Как правило, внешние постоянные нагрузки приводят к постепенным деформациям поверхностных участков литосферы.

Городское, тем более высотное, строительство создает под зданиями зоны сжатия и сдвига. Глубина зон достигает 2—50 м. Под каждым зданием формируется осадочная воронка. Величина осадок колеблется от 0 до 6 м, чаще всего 0,1—0,3 м. Катастрофические последствия возникают лишь в тех случаях, когда статическая нагрузка превышает сопротивляемость сжатию.

Исследования подтверждают, что не только отдельные сооружения, но и города в целом воздействуют своей массой на поведение верхних участков земной коры. Эти участки периодически опускаются и поднимаются, чаще всего за счет морозного пучения. Города находятся в своеобразных «чашах» опускания. За их пределами имеется кольцевая зона поднятий. Она свидетельствует о существовании компенсационных тектонических движений [31]. Зона опускания формируется в результате как сжатия и уплотнения пород, так и общего тектонического опускания под влиянием массы города. Зона поднятий возникает вследствие упругих свойств земной коры и изостатического выравнивания поверхности как компенсация тектонического опускания. Можно полагать, что объем зоны поднятия должен быть близок той части объема зоны опускания, которая возникает только под влиянием веса города.

Таким образом, постоянные поверхностные нагрузки, создаваемые, инженерно-строительной деятельно-

стью, способствуют быстрому изменению строения земных масс верхней части литосферы. При сохранении естественных условий такие нарушения были бы невозможны.

Следует отметить, что эти нагрузки можно рассматривать как постоянные лишь для сооружений, не являющихся промышленными. В большинстве случаев для промышленных объектов характерно присутствие и переменных нагрузок, которые подчас не учитываются. Например, вибрация. Эта разновидность различных по силе и частоте нагрузок создается работой тяжелых механизмов, движущимся транспортом, взрывами и т. д. Вибрации — искусственные землетрясения некатастрофического характера. Они могут быть причиной нарушения строения отдельных участков литосферы. Так, вокруг огромного водоема, образованного плотиной Гувер на р. Колорадо в США (оз. Мид), сейсмографы уже зарегистрировали несколько сотен слабых землетрясений. Они возникли из-за образования трещин в окружающих породах. Постоянная статическая нагрузка объема воды водохранилища на земную кору и динамические движения ее масс разрушают не только прибрежные поверхностные отложения, но и оказывают влияние на более глубоко залегающие породы, меняя их структуру [54].

Динамические нагрузки приводят к опусканию в городах и на промышленных площадках не только малых участков поверхности, но и более крупных зон. Установлено, что вибрации городского транспорта могут проникать на глубину до 70 м. Поэтому в некоторых городах Голландии дома, примыкающие к старым автострадам, наклонены в сторону шоссе [95]. В Ленинграде было организовано наблюдение за рядом зданий, построенных более ста лет назад. Процесс их оседания в грунт под влиянием статической нагрузки давно закончился. Однако в последние годы вновь отмечена осадка этих сооружений. За период с 1911 по 1927 г. среднее значение опусканий составляло 0,3 мм в год, с 1927 по 1953 г. — 2,2 мм в год, а в дальнейшем еще более увеличилось. Главная причина этого, по мнению специалистов, заключается в усилении движения транспорта по улицам города [43].

Статистическая обработка результатов повторного нивелирования в 1901 и 1936 гг. стенных реперов в Москве в условиях песчаных пород показала, что дома в зоне улиц с интенсивным движением транспорта осели на 15—43 мм, а в тихих переулках и тупиках на 6—29 мм [108]. Количество автомобилей за последние десятилетия возросло во много раз. Следовательно, указанные процессы могут развиваться еще быстрее.

По данным К. Терцаги и Р. Пека [115], максимальная осадка возникает при частотах колебаний от 500 до 2500 в минуту. Это весьма опасный интервал. Установлено также, что пески, предварительно уплотненные вибрацией, сжимаются в 8—10 раз больше, чем те же породы, не испытывавшие вибрации. Динамические нагрузки, создаваемые множеством вибрационных установок, получающих все большее распространение в технике, безусловно, оказывают воздействие на изменение строения приповерхностных участков Земли.

Все шире при строительстве используют взрывы. Их мощность нарастает. Один из крупнейших неатомных взрывов произошел 5 апреля 1958 г. между о. Ванкувер и Западной Канадой. Здесь в тоннеле, прорытом в большой подводной скале, заложили 1250 т взрывчатки. Подземные толчки от взрыва были зарегистрированы на расстоянии свыше 1000 км [54]. Это сотрясение земных масс привело к нарушению первоначального строения пород в зоне, размеры которой очень велики. Еще более эффективна по своему воздействию термоядерная взрывная энергия. Мощные подземные атомные взрывы вызывают сейсмические колебания, отмечаемые даже в отдаленных уголках земного шара.

В этой связи следует подчеркнуть, что если для строителей имеет главное значение направленный выброс земной массы с целью создания выемки определенных размеров, то для инженерно-геологического обоснования целесообразности таких мероприятий требуется соответствующее изучение состава и свойств пород, подлежащих быстрому перемещению. Приведем следующий пример. В Голодной степи был произведен взрыв на трассе одного из магистральных каналов, но вместо ожидаемого канала создали длинную полосу болота, нарушив первоначальную структуру

лёссовых пород. Энергичная встряска их взрывом привела к мгновенному переходу грунта в жидкий коллоидный раствор — золь, который и затопил образовавшуюся выемку. Впоследствии изучение таких отложений показало, что разжижение и оплывание лёсса при взрыве происходит только при влажности свыше 25%. Соответственно был найден рациональный путь: взрывы нужно производить в твердых, но влажных грунтах. Тогда происходит уплотнение. Ложе канала становится более прочным и долговечным. Это, в частности, можно делать с помощью двух взрывов: первый создает жидкую массу грунта с небольшим слоем воды на поверхности, как бы отжимает лишнюю влагу, после испарения или искусственного удаления которой можно производить второй взрыв [53].

Таким образом, нарушения в приповерхностной части литосферы в результате инженерно-строительной деятельности по своим причинам и последствиям могут быть многообразными. Они должны стать объектом специального углубленного изучения.

ВЛИЯНИЕ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Эта деятельность, затрагивающая непосредственно недра, как правило, связана с более сложными процессами. В природных условиях известным их аналогом являются нарушения, вызванные карстовыми явлениями, суффозиями и т. д., при которых возникают провалы и опускания земной поверхности из-за образования подземных пустот. Деятельность человека, связанная с созданием таких пустот, прежде всего проявляется в отборе из недр полезных ископаемых.

Здесь мы имеем дело либо с искусственно созданными пустотами при подземной выемке твердых полезных ископаемых, либо с последствиями удаления жидких или газообразных наполнителей из пустот, ранее существовавших в земной коре.

Если первые пустоты — чаще всего крупные, общий объем которых соответствует объему выданной на гора горной массы, то вторые скорее можно было бы назвать множественными порами. В отличие от искусственно созданных шахтных выработок они гидравлически взаимосвязаны в пластах определенного

строения и литологического состава, поэтому в любое время могут быть вновь заполнены, вплоть до восстановления своего первоначального состояния. Однако современные темпы добычи нефти и газа, откачки подземных вод по своей интенсивности весьма велики. В результате начинают преобладать быстрые опускания значительных участков верхней части литосферы за счет уплотнения систем трещин и пор в земных массах. Эти процессы нагляднее всего проявляются там, где есть природный нивелир, в частности уровень морских вод в районе побережий, и там, где производится интенсивный отбор полезных ископаемых из недр.

В США в штате Техас еще в 1920 г. были отмечены необычные тектонические явления. Здесь в зоне эстуария Галвестон велась усиленная разработка нефтяного месторождения. Вскоре на площади в несколько квадратных километров произошла осадка поверхности более чем на 1 м, а в грунте появились трещины. Часть небольшого полуострова опустилась в залив. В этом же промышленном районе производится и усиленная откачка подземных вод. Нивелировки тут осуществили впервые в 1905—1906 гг. Но только в 1943 г. отметили явное опускание поверхности. Повторные нивелировки в 1953, 1954 и 1957 гг. показали, что район Хьюстон-Бейтаун опустился на 0,8 м. Вблизи г. Техаса эта цифра оказалась в 1,5 раза больше.

Было установлено, что с 1943 по 1954 г. оседание составило $9,62 \cdot 10^8 \text{ м}^3$, а извлечение воды $43,09 \cdot 10^8 \text{ м}^3$. Это составляет 22% объема откачанной воды. Именно такое количество ее содержалось в местных глинистых породах [156].

Отмечены и катастрофические нарушения. Они наблюдались в гавани Лонг-Бич близ Сан-Франциско (Калифорния) на третьей по величине нефтяной структуре США — Уилмингтон. К 1957 г. поверхность района опустилась почти на 8 м. Возникло своеобразное эллиптическое прогибание площади с осями длиной 10 и 65 км. Разрушились здания, мосты, дороги и промышленные сооружения. Ущерб превысил 100 млн. дол. [148].

Скорость оседания соответствовала темпам добычи нефти, давление в эксплуатируемых скважинах сни-

зилось со 150 до 15—22 кгс/см². Подземные воды тут получали с глубины 550 м и меньше, поэтому считалось, что в данном случае откачка вод не оказывала столь существенного влияния на оседание поверхности. Хотя прибрежный район Калифорнии является зоной современных движений земной коры, однако в последнее время не было зафиксировано усиления неотектонических движений, обусловленных природными факторами. Причина, безусловно, заключена в хозяйственной деятельности человека.

Лонг-Бич — пример небольшого района, испытавшего катастрофические последствия из-за усиленной эксплуатации нефтегазоносного месторождения, насчитывавшего около 2,5 тыс. скважин. Однако и обширные районы могут подвергаться подобной опасности. В Калифорнии находится долина Сан-Хаокин. Ее общая площадь около 8000 км². Более полувека здесь с целью ирригации ведется откачка подземных вод. Из недр добывали около 1/5 получаемой через скважины воды в США. Уже давно геологическая служба отмечала, что в зонах Лос-Банос и Кэttlмен опускание происходило во время откачки вод и приостанавливалось после отключения насосов. Поверхность Земли в этих районах опускалась ежегодно на 0,3 м. В целом опускание поверхности достигало 18,3 м. Уровень подземных водоносных горизонтов на юге долины снизился более чем на 150 м, на северо-востоке почти на 50 м. С 1945 г. он ежегодно соответственно падал на 6—9 и 1,2—2,1 м [26]. Долина имеет множество оросительных каналов и гидротехнических сооружений. Из-за деформации они разрушаются. На их восстановление затрачивались сотни тысяч долларов. В чем же заключались предупредительные мероприятия?

Из-за предполагаемых осадок грунта, которые препятствовали бы протеканию воды по каналам под действием собственных гравитационных сил, строителям приходилось искусственно приподнимать поверхность, создавая достаточный уклон для стока. В северной части долины возникли участки, находящиеся почти на 3,5 м ниже уровня моря. Чтобы предотвратить последствия, пытались возводить дамбы, временно подпитывать уровень подземных вод. Разумеется,

при интенсификации подземного водоотбора эти способы нельзя считать оптимальными.

Более радикальные мероприятия удалось осуществить на Лонг-Бич. Из нефтяной структуры Уилмингтон здесь ежедневно откачивали десятки тысяч тонн жидкого топлива и значительный объем соленых вод. Строительство защитных дамб не могло устранить угрозы затопления постоянно опускающегося участка. В поисках выхода нефтяные компании решили нагнетать в пласты большое количество морской воды. Это принесло двойную выгоду, позволив одновременно производить вторичную добычу нефти. Мощные установки закачивали отфильтрованную морскую воду под весьма высоким давлением через сотни инъекционных скважин в песчаные нефтяные отложения. В недра подавалось ежедневно свыше 100 тыс. т воды. В результате значительно уменьшилось оседание поверхности, резко увеличилась добыча нефти.

Это примеры, в которых не учитывалась возможность суммарного воздействия на поверхностную часть Земли нарушений, вызванных человеком и одновременно стихийными геологическими силами. Между тем именно в сейсмоопасных районах мира они могут быть наиболее показательны. Месторождение газа на западном побережье о. Хонсю в районе г. Ниигата после второй мировой войны весьма интенсивно эксплуатировалось. Газ был смешан с напорными подземными водами, которые также извлекали из глубин. Заводнения месторождения не делалось. Поэтому возникли опускания земной поверхности. В 1964 г., когда здесь произошло землетрясение, понижения оказались затопленными. Землетрясение встряхнуло и быстро уплотнило местные песчаные породы. Они мгновенно осели более чем на 35 см. Многие подземные инженерные коммуникации оказались не в грунте, а над ним. Впоследствии в результате закачки воды в недра ежегодное оседание сумели уменьшить почти в 2 раза. Это еще раз подтвердило, что одним из лучших средств регулирования нарушений в строении приповерхностной части литосферы является восстановление природных условий за счет искусственного заполнения созданных пустот аналогичным веществом, в данном случае водой.

Приведенные примеры свидетельствуют, что при усиленном отборе жидких и газообразных полезных ископаемых одной из главных проблем является поддержание первоначального давления в пластах. Оно способствует максимальному извлечению необходимых минеральных веществ и сохранению стабильного состояния определенных участков земной коры.

В результате искусственного освобождения пустот при эксплуатации подземных вод, жидких и газообразных полезных ископаемых, залегающих, как правило, в осадочных породах, процессы изменения внутрипластового давления влекут за собой цепную реакцию других нарушений: изменяется термический, газовый и геохимический режим в верхней части литосферы. Углубленное изучение этих явлений только начинает развиваться, но в целом уже ясно, что резко меняются также гидрогеологические условия: питание, сток, разгрузка, уровни, напоры, скорости движения, химический состав и температура подземных вод. Исчезают родники, мелеют реки и озера, развивается карст и происходят многие другие процессы, вызывающие быстрое преобразование и деформацию верхнего слоя земной коры и рельефообразующих элементов.

Установлено, что понижение пьезометрического уровня подземных вод на каждые 10 м водоносной толщи увеличивает нагрузку вышележащих пород в среднем на 1 кгс/см².

Теория процесса сжатия пород при дренировании [77, 114, 131], вероятно, могла бы стать основой дальнейших комплексных исследований, связанных с выявлением процессов искусственных нарушений строения земных масс при отборе жидких и газообразных полезных ископаемых из недр. Наиболее прочны скальные породы. Они практически не сжимаются. Мало сжимаемы раздельно-зернистые галечниковые, гравелистые и песчаные отложения, если они не находятся в рыхлом состоянии. Глинистые образования, илы, сапропели, торфы дают большие осадки. Их степень уплотнения зависит от многих факторов: возраста, происхождения, влажности и т. д. Там, где залегают подобные породы, и отмечены наиболее заметные оседания поверхности — тектонические нарушения, связанные с хозяйственной деятельностью человека.

Человек воздействует на приповерхностную часть литосферы чаще всего двусторонне. Там, где он занимается инженерно-строительной деятельностью, нередко интенсивно эксплуатируются и недра. Особенно это характерно для горнорудных районов. Подработка застроенных территорий заставляет подчас переносить поселки, а иногда и города на новые места или ставить вопрос о прекращении добычи полезного ископаемого. Например, Париж строился со времен римлян вплоть до XVIII в. за счет известняка и гипса, добываемых из штолен под улицами растущего города. Теперь около 10% Парижа стоит над выработками и находится под постоянным наблюдением шефа главной инспекции карьеров района Сены [54].

Приповерхностные участки на территории таких крупных поселений могут деформироваться вследствие ряда причин. Это добыча строительных полезных ископаемых и возведение подземных сооружений, понижение уровня грунтовых вод при водоснабжении, сжатие и разрыхление земных масс под влиянием осушения и увлажнения или разложения органических веществ, количество которых все время возрастает в так называемых культурных отложениях.

Большинство подобных причин приводит к опусканию застроенных территорий. Положение усугубляется тем, что деформации происходят не одновременно. По степени воздействия можно выделить основные причины нарушений.

1. Понижение уровня безнапорных и напорных водоносных горизонтов в районах городов. Радиус распространения осадки здесь достигает тысяч метров. Возникшие локальные опускания имеют тенденцию к слиянию и переходу в региональные, так как водопотребление постоянно увеличивается.

2. Строительство подземных сооружений, в частности метрополитена. В данном случае опускается узкая полоса территории шириной несколько сотен метров.

3. Действие статических и динамических нагрузок. Под действием веса сооружения образуются осадоч-

ные воронки, которые распространяются за пределы зданий на десятки метров. Динамические нагрузки от транспорта распространяются вдоль дорог. На небольших участках сказывается действие вибрационных и других ударных механизмов.

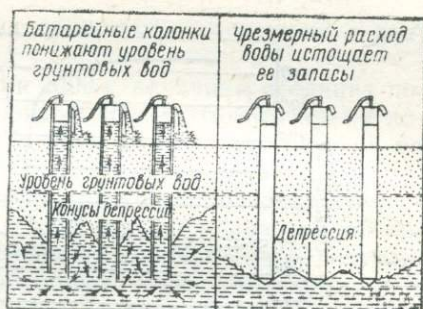
4. Изменение режима влажности пород и разложение органических веществ в зоне аэрации.

Таким образом, речь идет о комплексном сочетании горнотехнических (внутренних) и инженерно-строительных (внешних) причин. Среди них наиболее сильное воздействие оказывает интенсивное использование подземных вод. Уже теперь под многими городами мира существуют глубокие депрессионные воронки диаметром в десятки километров и глубиной в десятки, а иногда и сотни метров [95].

В Москве депрессия в каменноугольном водоносном горизонте к началу 70-х годов достигала 40—50 м, в Ленинграде в гдовском горизонте 50 м, в Киеве в сеноманском 63 м, в Лондоне в меловом водоносном горизонте более 100 м. Эти цифры, как правило, увеличиваются. Вот несколько примеров, которые показывают взаимосвязь и многообразие возникающих при этом процессов.

Москва существует более восьми веков. За этот период из недр под городом извлекли огромное количество воды. Еще сто лет назад основным источником водоснабжения были подземные воды четвертичных отложений. В результате их интенсивного потребления произошло обжатие осушенных пород с определенными нарушениями в земных массах. К сожалению, в прошлые столетия нивелировок с целью выявления величины осадок не производилось. С 1870 г. стали бурить скважины для водозабора из каменноугольных образований, т. е. хозяйственная деятельность человека проникла в более глубокие пласты. Сопоставление карт пьезометрических уровней и гидроизогипс водоносных горизонтов и карт опусканий территории Москвы с начала XX в. зафиксировало тесную взаимосвязь изменения состояния пород и деятельности человека [39] (рис. 9, 10). В отдельных местах города, особенно там, где имеются массивные сооружения, величина опускания поверхности достигла нескольких десятков сантиметров, но в целом

Рис. 9. Усиленная откачка подземных вод создает расширяющиеся депрессии (понижения) уровня этих вод [84].



опасных отклонений от первоначальных природных условий не имеется.

Гидрогеологические исследования в Лондоне показали, что длительное искусственное понижение подземных вод и создание депрессионных воронок в зонах откачки привели к возникновению новых процессов. Изменились гидродинамический, химический и температурный режимы водоносных горизонтов, переместились области питания, стока и разгрузки вод. Это в свою очередь привело к тому, что реки на отдельных участках из естественной дренажной системы превратились в источники питания подземных вод. В окрестностях Большого Лондона отмечено исчезновение некоторых родников и мелких ручьев. Ухудшилось и качество пресной воды, из эстуария начали поступать солоноватые морские воды. Так изменялась гидрогеологическая обстановка. Наряду с этим преобразовывались осадочные породы. Происходил процесс их осушения и уплотнения. Об этом свидетельствуют повторные нивелировки. С 1865 по 1931 г. территория центральной части города опустилась на 6—18 см. Опускание продолжалось и в последующие годы [26].

На основе теории уплотнения глин при их дренировании, разработанной К. Терцаги, были осуществлены теоретические расчеты величины осадок на разные периоды времени, а затем сопоставлены их величины с действительными [155]. В результате выяснилось, что расчеты, основанные только на учете сжатия

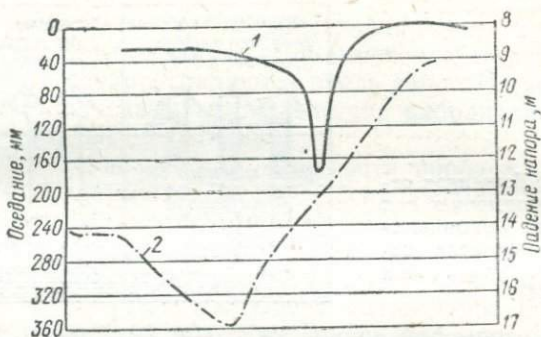


Рис. 10. Профили оседания поверхности земли и падения напора в среднекаменноугольном водоносном горизонте в районе Цветного бульвара в Москве [43].

1 — оседание поверхности с 1901 по 1936 г.; 2 — падение напора с 1901 по 1940 г.

глин при дренировании, оказываются преуменьшенными. Необходимо принимать во внимание действие дополнительных статических и динамических нагрузок, которые имеют тенденцию к возрастанию. Это вызвано строительством тяжелых высотных сооружений, увеличением потока транспорта и многими другими факторами.

В частности, в месте расположения Английского банка действительная осадка оказалась намного выше расчетной. Здесь слой глины, залегающей в фундаменте, невелик. Поэтому основная осадка происходила за счет уплотнения под влиянием внешних нагрузок. В то же время в районах Лондона, где мощность глин достигает значительной величины, просадка в результате влияния внутренних причин (отбор подземных вод) в целом превышает опускание поверхности, вызванное тяжестью зданий и движением транспорта. Это объясняется тем, что осадки при дренировании пропорциональны квадрату мощности слоя, а оседание поверхности от влияния внешних нагрузок пропорционально первой степени мощности. Подобные исследования имеют большое значение для про-

гнозирования будущих процессов, связанных с деятельностью человека.

Предполагают, что к 2000 г. величины оседания поверхности города достигнут 45 см. Притом время конечной максимальной осадки может растянуться на несколько тысяч лет. За этот длительный период могут проявить себя и природные тектонические изменения. Чтобы отделить стихийные движения земной коры от нарушений, вызванных хозяйственной деятельностью человека, необходимо иметь нивелировочные реперы вне зоны этого воздействия. В данном случае такая зона расположена на глубине, лежащей ниже горизонта подземного водозабора. Поэтому рекомендуется установить бетонные реперы в меловых отложениях, подстилающих водоносные пласты. Таким образом, инженерно-геологический и гидрогеологический подход к данному вопросу позволяет объединить в один комплексный узел многие проблемы, предусмотреть соответствующие мероприятия, что дает огромный экономический эффект.

Следует отметить, что в отличие от Москвы и Лондона в ряде крупнейших городов мира тектонические движения земной поверхности, вызванные усиленным водоотбором, уже теперь приводят к катастрофическим последствиям, требующим принятия неотложных мер. Венеция возникла в лагуне, состоящей из 117 мелких островов. 15 тысяч домов города поставлены на миллионы свай длиной от 3 до 10 м. Сваи вбиты в илистое или песчаное дно. Венеция соединена с суши почти четырехкилометровой дамбой. Казалось бы, со временем благодаря наносам с суши и уменьшению процессов размыва здесь будут накапливаться минеральные отложения. Иначе говоря, Венеция должна превращаться в сухопутное поселение. Однако каждое столетие она опускается примерно на 20 см в море. Когда-то вход в гавань охраняла крепость Св. Андрея. В 1950 г. знаменитое творение зодчего Санмикели обрушилось. Относительно будущего этого уникального города пока преобладают пессимистические прогнозы. Чтобы приостановить опускание земной поверхности, необходимо снова поднять уровень подземных вод или заполнить образовавшиеся пустоты цементирующим раствором, т. е. создать ант-

ропогенные породы. Здесь вода, изъятая человеком из недр, создала возможность для наступления моря на сушу [132].

В своеобразных условиях оказался и один из древних городов американского континента — Мехико [146]. Он был основан в 1325 г. в котловине среди гор на высоте 2280 м над уровнем моря. Печальная судьба Венеции ему не должна угрожать. Однако мексиканская столица построена на исключительно неоднородных геологических отложениях. Наблюдается частое переслаивание песков, галечников, глин, илов, известняков, пород аллювиального, озерного и вулканического происхождения. Озерные глины чередуются с водоносными песками. Глины пластичны и гидрофильны. Отбор воды для города ведется с глубин до 90 м, реже 100—300 м. Глины осушаются, уплотняются. Как следствие, возникают непрекращающиеся деформации.

Длительное использование подземных вод привело к опусканию городской поверхности на отдельных участках до 7 м. Средняя осадка за 76 лет (с 1880 по 1956 г.) достигла 5,6 м. В прошлом столетии она доходила до 2 см в год, в первой четверти нашего века до 4 см, с 1937 по 1948 г. до 17 см и с 1948 по 1956 г. до 24 см. Как только прекращался водоотбор, затухали и опускания поверхности.

Эти неравномерные осадки вызывают разрушения домов, водопроводной и канализационной сети. Так, здание Базилики Гвадалупской Богоматери наклонилось на 4°. Дворец изящных искусств с 1937 г. осел почти на 5 м. Это уже мировой рекорд. По подсчетам профессора университета Мехико Р. Марселя, к 1980 г. оседание поверхности города может достигнуть 9 м, а к 2000 г. 11 м.

Предлагается прекратить или сократить откачки подземных вод в городе и ввести в эксплуатацию внешние источники, а пока использовать глубинные водоносные горизонты, расположенные ниже 600 м. Предложено также нагнетать сжатый воздух в недра или закачивать воду в глубины с целью искусственного повышения водонасыщенности пород. Все эти дорогостоящие мероприятия имеют целью хотя бы частичное восстановление первоначальных природных условий.

Вероятно, своевременные прогнозные исследования помогли бы избежать созданной ситуации.

Подобное, но в более широких масштабах происходит и на Японских островах. Они расположены в сейсмоактивном тихоокеанском поясе. Казалось бы, проблема антропогенных тектонических нарушений здесь, на фоне частых стихийных землетрясений, не столь существенна. Но... После сильного землетрясения близ Токио в 1932 г. осуществили высокоточное нивелирование территории. Было установлено ежегодное оседание земной поверхности на 15 см и более. Поэтому решили тщательно проверить предыдущие нивелировки. Выяснилось, что Токио непрерывно опускается. Одновременно обнаружили кажущийся подъем зданий с глубоким заложением фундаментов, а также устьев скважин с насосными установками. Эти явления вызваны отнюдь не стихийными геологическими силами.

С давних времен Япония усиленно потребляет подземные воды. Их откачка привела к уплотнению массивов пород, сложенных осадочными образованиями. Теперь часть Токио располагается ниже уровня моря. Оседание отмечено на площади в несколько сотен квадратных километров. В отдельных местах поверхность ежегодно опускается на 18—20 см. За полстолетие город опустился почти на 3,5 м, притом наиболее быстрые опускания происходили в последнее время [26]. Любопытен и такой факт. К концу второй мировой войны многие скважины в Токио не работали и оседание поверхности прекратилось. Это свидетельствует о том, что тектонические нарушения здесь, безусловно, связаны и с хозяйственной деятельностью человека.

Чреватые катастрофическими последствиями аналогичные процессы имеют место и во втором по величине японском городе — Осака (рис. 11). Здесь вынуждены были построить сотни километров защитных дамб, уложить для повышения поверхности земли десятки миллионов кубических метров грунта. На эти работы затрачены и тратятся огромные средства.

Можно указать и на факты иного порядка, когда тщательное изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий района позволяет безбояз-

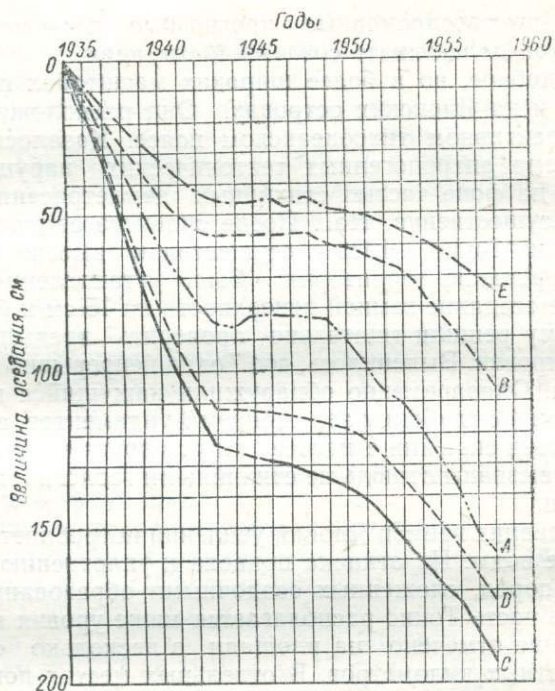


Рис. 11. График изменения величины оседания поверхности земли в различных пунктах (А, В, С, D, Е) г. Осака в результате усиленного потребления подземных вод с 1935 по 1958 г. [26].

ненно допускать вмешательство человека в изменение уровня земной поверхности. Постепенное спрямление Рейна в районе г. Дуисбурга понизило уровень воды на 2 м. Он, возможно, будет понижаться и дальше. Тут на глубине 300—700 м залегают разрабатываемые угольные пласты, перекрытые слоем мергеля 100 м толщиной. На этой «подушке» вся центральная часть города, в том числе и гавань, без повреждений опустилась на 1,75 м. В будущем предполагается погружение еще на 2 м без нарушений поверхности и соответственно без существенных последствий для городского хозяйства [54].

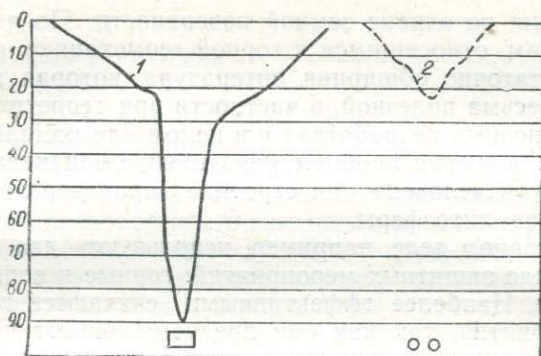


Рис. 12. Сравнительные поперечные профили оседания поверхности земли в результате строительства метро.

1 — над станцией; 2 — над тоннелями [43]..

В последние десятилетия проблемы городского строительства и охраны окружающей среды поставили на повестку дня задачу хозяйственного освоения недр под промышленными и культурными центрами. Тысячи километров подземных дорог сооружены под большими городами. Уже рассматриваются грандиозные проекты развития Москвы за счет создания ее глубинных «этажей». Парижский инженер П. Маймон предложил построить под Сеной дорожный узел в 14 ярусов. В Берлине на Инсбрукской площади транспортные линии расположены на пяти различных уровнях. Все это требует продуманного изучения и прогнозирования тех изменений, которые могут возникнуть в результате развития работ, сочетающих в себе инженерно-геологические и горнотехнические аспекты (рис. 12).

Сооружения на подобных территориях испытывают два основных вида деформаций: вертикальные и горизонтальные. Вертикальные деформации — это неравномерные оседания, вызывающие наклоны и искривления построек. Они подчас приводят к разрушениям. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо проведение специальных исследований по изучению горно-геологических условий территорий. На основе этих исследований составляются правила и

указания по охране земной поверхности. По данным вопросам, относящимся к горной геомеханике, имеется достаточно обширная литература, которая может быть весьма полезной, в частности при теоретических и прогнозных разработках и в целом для комплексного рассмотрения проблем, связанных с влиянием деятельности человека на строение приповерхностных участков литосферы.

В горном деле, например, используют два основных вида защитных мероприятий: горные и конструктивные. Наиболее эффективными считаются горные мероприятия, так как они предусматривают частичное или почти полное сохранение ранее существовавших природных условий в породах, залегающих над подземными выработками. В настоящее время к числу таких общепризнанных мер относят закладку отработанных участков материалом, дающим наименьшую усадку. Например, в ФРГ производятся горные работы под городом Эссен. В результате выемки угля оседание отдельных районов достигало 30 см и более. Большинство зданий было повреждено. Благодаря применению закладки количество и серьезность повреждений значительно уменьшились.

В нашу задачу не входит подробное освещение таких вопросов, специально рассматриваемых в горной литературе. Применительно к постановке проблемы в целом следует лишь обратить внимание на то, что при закладке нередко используются искусственно созданные смеси (например, цементные) и естественные массы (горные породы), которые без человеческой деятельности не могли бы появиться в недрах. В частности, вблизи угольных шахт в Польше находятся богатые месторождения песка, почти не дающего усадки. Он и закладывается в отработанные подземные участки. В этой же стране создан рациональный энергетический комплекс. В Краковском воеводстве из шахты Сьержа уголь подается по конвейеру прямо к топкам электростанции. В обратном направлении в пустые штреки транспортируются зола и шлак.

Таким образом, мы должны учитывать, что инженерно-строительная и горнотехническая деятельность вызывает изменения не только в строении горных масс, но и в их составе.

ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Природные процессы литогенеза — образования минеральных осадков и пород — к настоящему времени сравнительно хорошо изучены. Менее исследованы процессы антропогенного изменения состава пород или создания новых отложений земной коры. Эти процессы развиваются почти повсеместно там, где человек ведет промышленные, строительные и сельскохозяйственные работы.

В литосфере такие процессы охватывают первые десятки, иногда сотни, реже тысячи метров верхней части земной коры. По времени развития они фактически равновелики истории человечества, а по скорости и объему преобразования земных масс (в наше время) сопоставимы с действием стихийных геологических сил. Эта тенденция пока развивается в сторону увеличения.

Быстрый темп роста населения земного шара, стремительная урбанизация территорий и связанное с этим освоение неудобных земель приводят к тому, что поверхность земной коры преобразуется на все более обширных участках. Ныне свыше 1/10 территории Британских островов занято сооружениями, а в США только автомагистрали покрыли более 1% площади обширной страны [54]. Как известно, почти все такие дороги обладают искусственным основанием, т. е. покрыты отложениями, не имеющими аналогов в природе.

Деятельность человека преобразует состав земных масс в основном в двух направлениях: целенаправленно для создания минеральных образований с заранее предусмотренными свойствами и стихийно, когда появляются огромные массы минеральных и органических отходов, не находящихся пока использования.

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Эти изменения являются результатом инженерно-геологических мероприятий, нарушающих природный состав пород для придания им необходимых новых

свойств. В настоящее время интенсивно развивается прикладная дисциплина — техническая мелиорация, являющаяся составной частью инженерно-геологической отрасли знаний. Создан и совершенствуется ряд эффективных методов, например цемент, битуминизация, силикатизация, виброуплотнение, электрические способы и т. д., позволяющие резко изменять первоначальный состав и строение пород. Такие мероприятия осуществляют, как правило, на ограниченных земных массивах под отдельными сооружениями. Во временном масштабе они чаще всего рассчитаны на быстрое изменение ранее существовавших природных свойств.

Способы целенаправленного преобразования выбирают, учитывая естественное состояние улучшаемых минеральных масс, а также инженерно-строительные требования, предъявляемые к ним. Поэтому необходимо предварительно исследовать природные типы пород, геологические и гидрогеологические условия. Это задачи геологов. Следует также обосновать тип сооружений и произвести экономические расчеты. Это задачи экономистов, инженеров.

Улучшение естественных свойств горных пород чаще всего преследует три основные цели: увеличение механической прочности, повышение водоустойчивости и обезвоживание пород. Эти цели достигаются применением как поверхностных, так и глубинных способов технической мелиорации. Поверхностные способы используют при строительстве дорог, аэродромов, осушительных и оросительных каналов и т. д. В результате изменяют состав и свойства земных масс, наиболее подвергающихся влиянию экзогенных геологических сил. При этом нежелательное воздействие стихийных явлений резко замедляется или видоизменяется.

Глубинные методы проникают на сотни и тысячи метров в недра. Их применение не только изменяет состав и свойства пород, но и нарушает естественные гидрогеохимические процессы. Влияние таких нарушений, которые могут захватывать значительные зоны литосферы, еще мало изучено.

Широко используемые цементация, глинизация, битуминизация рассчитаны на длительный период; дру-

гие способы, в частности замораживание и осушение, действуют кратковременно. Рассмотрим кратко основные из этих методов и их влияние на состав земных масс [93].

Цементация осуществляется путем нагнетания цементного раствора через пробуренные скважины. Благодаря давлению раствор заполняет трещины и поры, потом затвердевает. Порода становится монолитными и водонепроницаемыми. Успех мероприятий во многом обусловлен наличием в обрабатываемой земной массе достаточных по ширине трещин. Знание геологической и гидрогеологической обстановки позволяет заранее определить специфику необходимых мероприятий. Лучше всего цементируются крепкие трещиноватые породы. Их состав можно изменять как на больших глубинах при проходке шахт, так и на небольших при сооружении плотин, зданий и т. д. В нашей стране цементация впервые успешно произведена в 1864 г. при строительстве одной из шахт.

Во многом аналогичен описанному метод глинизации, когда в трещины и поры закачивают глинистый раствор и, повышая давление, производят опрессовку глинистого материала, отжимая из пустот воду. С целью ускорения отделения влаги в раствор добавляют различные химические реагенты. Используются также цементно-глинистые, глинисто-известковые и глинисто-песчаные смеси. И в данном случае значительно меняется состав пород, возникают новые минеральные соединения. Этот способ применяется в СССР с 1928 г.

С помощью горячей битуминизации, когда нагретые до 150—180°С битумы нагнетаются в трещиноватые породы, ведут борьбу чаще всего с агрессивными минерализованными водами, добиваясь водонепроницаемости земных масс. Применяют также холодные битумные эмульсии с добавками химических коагулянтов, например хлористого кальция, для заполнения мелких пор.

Перечисленные методы в основном используют для изменения свойств изверженных, метаморфических и твердых осадочных образований, имеющих трещиноватость, которую требуется ликвидировать. В результате создают монолитные прочные и водонепроница-

емые породы. В природных условиях, например в изверженных породах, такое сочетание минеральных веществ практически исключено. Таким образом, эти искусственные преобразования противодействуют естественным процессам, которые со временем могли бы еще более увеличить трещиноватость и проницаемость горных масс.

Часто сооружения приходится возводить там, где залегают рыхлые обломочные и песчаные отложения. Среди них особенно неблагоприятны для строительства водонасыщенные глинистые пески, обладающие свойствами плывунов. Поэтому их стремятся сделать монолитными и водонепроницаемыми. Например, холодная битуминизация значительно уменьшает проникновение воды в песок, однако не увеличивает прочности породы. Более эффективен в данном случае способ силикатизации, разработанный советскими специалистами. Как и способ цементации, он придает механическую прочность и водоустойчивость. В укрепляемые породы нагнетается жидкое стекло ($\text{Na}_2\text{O} \times n\text{SiO}_2$). Рыхлый песок преобразуется в искусственный песчаник, скрепленный кремнистым цементом. Затвердевание песка происходит очень быстро. Прочность новой земной массы на раздавливание достигает 50—60 кгс/см².

Существует и двухрастворный способ силикатизации, когда в скважины поочередно нагнетают жидкое стекло и хлористый кальций. Такой метод успешно используют для укрепления несущей способности оснований под сооружения, для защиты котлованов от притока грунтовых вод, в гидротехническом и шахтном строительстве. Силикатизация быстро и надолго укрепляет рыхлые отложения. В естественном залегании они тоже могут самоуплотняться, но для такого окаменения требуется весьма длительное воздействие определенных геологических условий.

В своей инженерно-строительной и горнотехнической деятельности человек нередко имеет дело с глинистыми образованиями. Они подчас находятся в неустойчивом, а иногда и в пластично-текучем состоянии. Эти природные качества глин, способных благодаря составу своих частиц удерживать воду, зачастую нежелательны. Обезвоживание и уменьшение гидро-

фильности глинистых отложений резко повышает их прочность. Методы искусственного изменения свойств глин многообразны и делятся на две основные группы: электрохимические и физико-химические. Примером электрохимического обезвоживания может служить электроосмос. В полевых условиях обсадные трубы буровых скважин подключаются к соответствующим источникам электрического тока. Одна половина скважин является катодами, другая — анодами. Из катодных труб откачивают накапливающуюся в них воду. В анодной зоне происходит обезвоживание и уплотнение глинистой массы, и в конечном итоге с помощью переключения направления электротока весь массив подвергнутых электроосмоту пород изменяет свои физико-химические свойства. Процесс основан на использовании электрокинетических явлений. Приложение к содержащей воду глине разности потенциалов имеет сходство с электролизом истинных растворов.

Следовательно, целенаправленное изменение свойств горных пород достигается не только путем добавления к ним новых составных химических элементов (геохимический процесс), но и более глубоким внедрением во внутреннюю природную структуру (электрокинетический процесс).

С той же целью применяют и физико-химические способы, когда, например, вместо дорогостоящего бетонирования глинистых дна и стенок каналов и искусственных водоемов грунт пропитывают раствором хлористого натрия. В результате увеличивается гидрофильность глинистых частиц, их способность связывать и удерживать воду.

При инженерно-строительных работах особое значение имеет целенаправленное преобразование лёссовых грунтов, широко распространенных в южных засушливых районах. Некоторые природные разновидности таких пород в отличие от глин обладают способностью при замачивании не разбухать, а уменьшаться в объеме. Хозяйственная деятельность в данном случае, как правило, связана с привносом дополнительной влаги в верхние слои литосферы. Значит, необходимы как предупредительные, так и конструктивные мероприятия для нормального функционирования соору-

жений. Они могут быть осуществлены физико-механическими способами, когда лёссовые грунты предварительно трамбуются, уплотняются взрывами, или методами силикатизации, битуминизации, электрохимического закрепления, солонцевания, термической обработки и т. д.

Следовательно, уже в настоящее время мы обладаем техническими возможностями создавать набор горных образований, ранее неизвестных геологам. Правда, их влияние на ход геологических процессов в целом пока незначительно.

Более широкие участки Земли охватываются целенаправленными действиями, связанными с инженерной подготовкой территорий. По своим методам они зачастую специфичны в каждом конкретном месте. Во временном масштабе изменение пород в данных случаях происходит медленнее и во многом определяется созданием новых физико-географических условий на осваиваемых участках. Поэтому здесь большое влияние оказывают также стихийные геологические и гидрогеологические процессы, продолжающие действовать во вновь созданных условиях.

В этом смысле весьма нагляден пример из древних времен. Когда Александр Македонский захватил финикийский порт Тир, он приказал построить дамбу, которая соединяла материк с островом. Позже благодаря перемещению прибрежных наносов остров превратился в полуостров. Так природные явления сумели по-своему распорядиться созданием человеческих рук.

Известно, что западная часть Финляндии поднимается со скоростью 1 см в год. В то же время некоторые западные районы Европы быстро опускаются со времени последнего оледенения. Здесь действуют природные тектонические процессы. Когда-то первобытные охотники могли пройти пешком из современной Англии в Бельгию или Данию. Пролив Ла-Манш появился позже. Это подтверждается тем, что на дне Северного моря сохранились русла древних рек, в частности Темзы, которая была притоком Рейна.

Уже в I столетии нашей эры римский ученый Плиний Старший сообщал об активной геологической деятельности человека.

«В стране хавков океан дважды в день обрушивается громадными волнами на неизмеримые просторы берега. В этом постоянном споре меж водой и сушей обнаруживает себя вечное противоречие между первоначалами природы. Живущее здесь убогое племя устроило свои поселения на естественных высотах или искусственно насыпанных холмах, вершины которых поднимаются над гребнями самых больших волн, какие до сих пор наблюдались. Когда вода заливаает окрестность, эти хижины напоминают забытые в море суда» [132].

Полагают, что после тысячного года нашей эры опускание западной части европейского континента ускорилося. В конце XII в. возникли современные Фризские острова, бывшие ранее участком общей суши, и появился залив Зейдер-Зе. Наступление моря привело спустя сто лет к образованию залива Доларт. Не случайно в собрании северогерманских законов «Саксонское зеркало», написанном в 1230 г., есть положение: «Кто не хочет строить плотину, тому нет места за плотиной».

В течение многих веков люди, живущие здесь, противоборствуют стихии, создавая отложения земных масс, которые с геологической точки зрения, казалось бы, несовместимы с природными процессами формирования этого участка поверхности литосферы. Человек строит дамбы, осваивает осушенные территории, которые в Голландии называют польдерами. Естественные геологические силы стремятся их ликвидировать. Первый польдер площадью 200 км² был создан в 1932 г. В результате значительно сократился залив Зейдер-Зе. До второй мировой войны осушили и другой польдер площадью 480 км². В 1950—1956 гг. создан польдер Восточный Флеволанд. Его территория 540 км². Работы по созданию антропогенной суши продолжаютсЯ и теперь.

Таким образом, рост техники позволяет человеку быть более мощным геологическим фактором, чем стихийные силы нашей планеты. Поэтому им приходится видоизменяться, как бы приспосабливаясь к условиям, которые диктует человек. Однако естественные процессы формирования отложений на искусственно созданных территориях не успевают литологи-

чески создать прочные основания для строительства различных объектов. В хозяйственной деятельности людей возникают новые инженерно-геологические задачи. Например, в Голландии «молодой» грунт оседал под зданиями местами на 50—100 см, а подчас и просто вытекал из-под них. Специальные конструктивные мероприятия (изготовление сборных деталей домов, забивка многометровых свай) позволили разрешить и эту проблему. Уже теперь благодаря осушению Зейдер-Зе создана новая провинция. Ее столица названа Лелейстадом, по имени инженера-гидротехника Корнелиуса Лели, предложившего в начале нашего века смелый проект осушения залива.

Подобная борьба со стихией будет успешной только в том случае, если она ведется непрерывно. Но можно создавать нужные нам отложения не противодействуя природным процессам, как бы приспособляясь к ним. В низовьях Волги в 1973 г. советскими специалистами построена плотина из пылевидного суглинка. Идею ее возведения позаимствовали у природы. Река чаще всего размывает берега на изгибах. На некотором расстоянии размыйтый материал осаждается, образуя нередко отмели. Каждый водный поток способен нести определенное количество минеральной массы. Если добиться перенасыщения потока этим материалом, то он начнет осаждаться. Технические средства позволяют это осуществить. Следовательно, там, где желательно, достаточно намыть дополнительный грунт выше по течению, и размыв, угрожающий береговым сооружениям, прекратится. Подобные мероприятия уже оправдали себя на Амударье и в низовьях Волги, где земляные плотины возведены с помощью умелого регулирования насыщенности природных наносов, содержащихся в потоке. Наносы дополнялись грунтовыми массами, поступающими из земснарядов. Применение такого метода принесло экономический эффект, достигающий 2 млн. руб. [42].

Характерной особенностью последних столетий, как уже неоднократно подчеркивалось, был и остается процесс создания крупных поселений. Результаты хозяйственной деятельности людей приводят здесь почти к повсеместному преобразованию состава пород на осваиваемых участках. Исторически складывалось

так, что прежде всего застраивали удобные, не требующие инженерной подготовки территории. Лишь в отдельных случаях приходилось возводить города на неудобных площадях по стратегическим, торговым и политическим причинам (Санкт-Петербург, основанный Петром I в низкой заболоченной дельте Невы).

Примером типичного поселения может служить Курск [69]. Он сначала возводился на высоком водораздельном участке левого берега р. Тускарь. Позже, в конце XIX и середине XX в., жилые районы стремились обойти затопляемые пойменные террасы рек Сейм и Тускарь, овраги и заболоченные зоны. Затем пришлось осваивать и их. Все это требовало соответствующего перераспределения и изменения состава земных масс, не предусмотренных ходом естественных геологических процессов. Поэтому в настоящее время, прежде чем приступить к возведению сооружений, осуществляют плановую инженерно-геологическую подготовку. Например, в новом городе Междуреченске предварительно проведены мероприятия по защите его от затопления. В районе Ленинграда в течение многих лет поднимают уровень заболоченных территорий по берегам Финского залива путем намывки с помощью земснарядов лучшего песчаного грунта. Это позволит создать прямой выход города к морю. В Киеве застраивается днепровская пойма. Сюда намывают десятки миллионов кубических метров грунта. Слой искусственных отложений толщиной 4—5 м появился всего за несколько лет там, где находится теперь спортивный комплекс Москвы — Лужники, ранее представлявший собой болотистую низину.

Известно, что нигде нет такой скученности населения, как на п-ове Гонконг в Южно-Китайском море. Здесь живут несколько миллионов человек. Сотни тысяч из них ютятся в джонках и сампанах, стоящих в заливе. Однако Гонконг продолжает расти и развиваться. Мощные механизмы непрерывно разрушают окрестные горы. Добытые породы идут на создание все новых и новых насыпей в море. Подобное формирование отложений и изменение лика литосферы природные геологические силы не смогли бы произвести и за многие тысячи лет.

Таким образом, становится понятным, что территория при хозяйственном освоении должна удовлетворять определенным критериям. Среди них можно назвать следующие: затопляемость, уклон поверхности, грунт и грунтовые воды, оползни, карсты и овраги.

В соответствии с учетом упомянутых критериев проводятся определенные мероприятия: подсыпка территории, выравнивание склонов возвышенностей и т. д. При этом необходимо сводить к минимуму нарушения естественных условий. Однако подобные мероприятия не всегда приводят к улучшению, если они не находятся под строгим контролем. Для городского строительства в районе Сан-Франциско осушают заливы. Лишь часть материала, необходимого для засыпки водоема, доставлялась землечерпалками, в основном на дно отсыпали мусор. В результате гибла морская флора и фауна, а непрочный грунт создавал опасность для возводимых в этом сейсмоопасном районе сооружений [127].

Следовательно, целенаправленное преобразование состава горных пород и создание совершенно новых отложений всегда должны быть обоснованы с учетом всего комплекса процессов, происходящих в результате вмешательства человека в формирование минеральных образований.

СТИХИЙНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Наряду с целенаправленным преобразованием состава поверхностных горных пород происходят также стихийные, неконтролируемые изменения. Они, как отмечалось, могут быть следствием непродуманных специальных мероприятий. Однако основная масса таких антропогенных образований создается в итоге неполной утилизации используемого человеком сырья, главным образом минерального. Полагают, что более 9/10 всего объема отходов хозяйственной деятельности людей приходится на долю предприятий, перерабатывающих сырье литосферы.

Добыча полезных ископаемых, их переработка, строительство и эксплуатация сооружений, потребление продуктов производства — далеко не полный перечень источников, порождающих то, что в целом можно

отнести к ранее не существовавшим в природе отложениям. Все это приводит к изменениям в естественной окружающей среде, так как необходимый уровень технологии (замкнутый безотходный технологический цикл) пока еще не достигнут.

Формирование таких отложений в силу своего многообразия и различия проявлений может быть объектом самых различных исследований. Можно рассматривать их влияние на окружающую среду комплексно или изучать последствия определенных геохимических изменений в результате рассеивания и перемещения огромного количества элементов, которые в природных условиях были в основном сконцентрированы в месторождениях полезных ископаемых.

Промышленные и хозяйственные отходы можно оценивать и с точки зрения потенциально полезных вторичных ресурсов. Следуя основной задаче, мы ограничимся рассмотрением отдельных аспектов, характеризующих стихийность геологических действий человека.

В этом отношении характерен процесс, происходящий на одной из величественных американских рек — Колорадо. Протянувшись на расстояние свыше 2 тыс. км, река проходит сквозь прорезанный ею Большой Каньон, что свидетельствует об огромной разрушающей силе потока. На реке построили одну из крупнейших в мире плотин, создали огромный искусственный водоем. В результате многоводная река лишилась прежнего устья. Большую часть ее вод разбирают для орошения, а остаток по трубопроводу направляют в города тихоокеанского побережья.

Раньше этот водный поток выносил в Калифорнийский залив в виде ила массу раздробленного минерального материала. Ил окрашивал воду в красноватый цвет. Поэтому не случайно название Колорадо, что в переводе с испанского означает «красный цвет». Теперь на реке происходят искусственно созданные процессы переноса земных масс. Наносы оседают частично перед плотинами, частично в отведенных от реки оросительных каналах. Раньше в ее устье за 25 лет откладывался 1 км³ наносов. В новых условиях для этого потребовалось бы 2500 лет. Так вмешательство человека нарушило равновесие природных процессов.

Уже спустя пять лет после постройки плотины океан продвинулся в глубь материка на 25 км. Подобного быстрого наступления морской стихии на сушу при сохранении естественной обстановки наверняка не случилось бы.

Стихийность в преобразовании состава поверхностной части литосферы особенно ярко проявляется в зонах поселений. Ныне в крупных и древних городах антропогенные отложения в районах старой застройки залегают сплошным покровом от 1 до 10 м, иногда до нескольких десятков метров. В частности, в Киеве они достигают 36, в Москве 22, в Ташкенте 18, в Новгороде 14, в Саратове 12, в Сан-Франциско 23, в Лондоне 25 и в Париже 20 м [95]. Вход в знаменитый Домский собор в Риге в прошлом вел по лестнице наверх, а теперь — вниз. Эта метаморфоза произошла в значительной мере из-за появления в старом городе толщи ранее не существовавших горных пород. В таких образованиях со временем происходят процессы литофикации, обусловленные как физическими, так и химическими факторами, многие из которых связаны с деятельностью людей.

Огромная масса новых минеральных веществ создается на поверхности Земли в результате горнотехнической деятельности. Процессы формирования этих веществ более подробно будут рассмотрены в следующих разделах. Они оказывают определяющее влияние на появление нового рельефа, а вопросы изучения состава этих новых отложений тесно связаны с проблемой восстановления нарушений земной коры, вызванных горными разработками. Предварительные подсчеты свидетельствуют о том, что до 1962 г. появилось 861 млрд. м³ искусственных пород, а с 1962 г. по 1980 г. этот объем может удвоиться. Ежегодно создается в среднем 40 млрд. м³ таких отложений. В то же время естественные наносы текущих вод на земном шаре не превышают 13 млрд. м³ [125]. Нетрудно понять, что горнотехническая деятельность по темпам развития значительно опережает природные геологические силы. Они не смогли бы перенести на поверхность породы, вынутые из рудников, достигающих иногда нескольких километров в глубину, и создать минеральные смеси, которые появляются при добыче угля.

Необходимо подчеркнуть, что не только механические способы извлечения полезных ископаемых порождают необычные с точки зрения естественных условий отложения. Например, подземная газификация углей осуществляется при температуре 600—1500° С. Она приводит к окаменению земных масс и созданию своеобразных пород, называемых муллитами, глиежами, гореликами.

В целом нерегулируемое преобразование состава поверхности земной коры в результате хозяйственной деятельности человека — процесс нежелательный, однако ряд последующих природных и техногенных процессов со временем могут полностью или частично уменьшить отрицательные явления, сnivelировать возникшие противоречия с окружающей средой.

Известны, в частности, отвалы древних разработок в Средней Азии, которые даже специалисты первоначально принимали за обычные геологические образования. Это результат длительного воздействия природных физико-географических условий.

Человек, используя все возрастающее количество тепловой энергии, изменяет температурные условия существования литосферы. Так, в зонах умеренного и южного климата постепенно улучшаются строительные свойства искусственно созданных горных пород. Здесь мы наблюдаем положительную роль общей хозяйственной деятельности. Промышленные отходы, казалось бы, непригодные для создания оснований сооружений, все чаще и чаще используются именно в этом качестве. В Ленинграде на шлаке возведена фабрика с большой нагрузкой на основание (почти 20 кгс/см²), причем постройка не имеет деформаций.

При Петре I в Петербурге существовала судостроительная верфь. Она накопила слой стружек толщиной 70 см, которые потом были занесены речным песком. Стружки, находясь под водой, не сгнили и служат надежным основанием для здания, построенного несколько десятков лет назад на этом месте.

Повсеместно целевого изучения антропогенных отложений пока не проводят. Но благодаря отдельным исследованиям уже намечаются пути более углубленного познания [95]. Во-первых, такие отложения в поселениях исторически связаны с их развитием. В

Киеве, в районах старого центра, Подола и Печорска, эти образования залегают сплошной толщей. Там, где застройка велась недавно, они распространены участками. Следовательно, для крупных поселений закономерен процесс увеличения новых геологических пластов от ядра застройки с постепенным и первоначально не повсеместным распространением на периферию. Соответственно меняется и мощность отложений. Для Киева эта толща варьирует от 0 до 36 м.

Во-вторых, искусственно созданные породы можно разделять и по возрасту. В районе украинской столицы имеются такие грунты даже позднего палеолита (20—25 тыс. лет до н. э.). Они, например, найдены на Кирилловской стоянке. Возраст антропогенных отложений определяют археологическим методом. Самые древние грунты залегают, как правило, в старой части города. Из литературных источников можно узнать, когда возникли некоторые из них. В частности, насыпные крепостные валы Киева были построены при Петре I в 1706—1716 гг.

Подобных фактов имеется много. Но приведенных примеров достаточно для обоснования необходимости более глубокого изучения различных аспектов формирования и использования таких отложений, появляющихся все в больших количествах на нашей планете.

НОВЫЕ ТИПЫ ЗЕМНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Сравнительно-исторический подход позволяет уже теперь выделить генетические комплексы, типы и разновидности новых пород, возникших в результате многообразной хозяйственной деятельности людей. Но классификация станет общепризнанной только тогда, когда она будет опираться на единую терминологию. В свое время академик А. П. Павлов выделил антропогенные отложения — природные образования, создавшиеся в антропогенный период. Сейчас начинают употреблять термин «антропогенные отложения», связанный с генезисом, т. е. процессом развития и происхождения, в отличие от понятия «антропогенный», которое подразумевает отношение к определенному геологическому отрезку времени. Иногда также гово-

рят «искусственные породы», «культурные грунты», «техногенные отложения» и т. д. Вероятно, все эти определения не совсем удачны, так как отражают лишь частные стороны сложных преобразований. Мы пользуемся наиболее общеупотребительным понятием «антропогенные отложения». Принципы их классификации могут быть разными. В основу можно положить обобщенные признаки, региональные и частные. Можно типизировать эти образования, например, по генезису, возрасту, условиям распространения, залегания, мощности, составу, однородности, состоянию, деформируемости, прочности и т. д.

Попытку создать общую классификацию сделал Ф. В. Котлов [50], выделив комплексы, типы, виды и разновидности антропогенных отложений, которые показаны в табл. 6. Комплексы и типы определены по генетическим признакам, виды — по составу; разновидности выделены пока лишь для насыпных комплексов (по способам их укладки).

Наряду с общей системой делаются попытки создать классификации для конкретных районов. В качестве примера сошлемся на результаты изучения антропогенных образований одного из древнейших поселений Средней Азии — Ташкента [129]. В исторических источниках середины V в. упоминается о существовании этого поселения. К X в. Ташкент (Бинкент) был одним из наиболее цветущих городов в бассейне Сыр-дарьи. В это время здесь уже существовали оросительные каналы и производилось искусственное орошение. Поэтому местные антропогенные отложения можно разделить на субаэральные (подвоздушные) и субаквальные (подводные).

К субаэральным относятся строительные грунты, промышленные и культурно-бытовые. В Ташкенте с древности широко практиковалось глинобитное строительство. Город неоднократно подвергался нападениям, его постройки разрушались. В результате глинобитные фундаменты и стены домов после разрушения под действием атмосферных осадков превращались в рыхлые, подчас слабо уплотненные лёссовидные суглинки. В отдельных местах наблюдаются накопления кирпичной и бутовой кладки. Множество военно-крепостных сооружений также способствовало

Комплексы	Типы	Виды	Разновидности
Насыпные	Строительные (грунты дамб, плотин, дорожных насыпей, валов и других строительных насыпей)	Крупнообломочные, песчаные, глинистые торфяные	Специально укладываемые, свалочные, стихийно накапливающиеся на значительных площадях
	<p>Горные (отвалы выработанных пород при проходке подземных и поверхностных выработок)</p> <p>Промышленные (отходы разных производств)</p> <p>Хозяйственно-бытовые (могильники, курганы, кладбища, свалки и т. п.)</p>	<p>Скальные, полускальные и рыхлые породы изверженного, метаморфического и осадочного происхождения</p> <p>Золы, шлаки, формовочные земли, отходы древесные (опилки, щепа, стружка и др.), металлические (стружка, металлолом), кожевенные, хвосты обогатительных фабрик и т. д.</p> <p>Беспорядочные смеси из различных грунтов, бытовых и хозяйственных отходов. Смеси с преобладанием органического или какого-либо другого материала</p>	
Намывные	Строительные (намыв земляных сооружений и площадей для застройки и благоустройства территорий)	Песчаные и супесчаные смеси речных, озерных и морских отложений	

Комплексы	Типы	Виды	Разновидности
Намывные	Горные (намыв пород из карьеров, разрабатываемых гидромеханическим способом)	Пульпа (водные смеси различных типов разрабатываемых пород)	
Отложения искусственных водоемов	Отложения водохранилищ, прудов и искусственных болот	Гравийно-галечниковые, песчаные, глинистые, органо-минеральные (гиттии, сапропели, торфяники и др.)	
Искусственно созданные	Строительные (искусственные покрытия дорог, каналов, прудов, аэродромов, стадионов и т. д.)	Искусственные грунтовые смеси с добавлением химически активных, инертных и прочих веществ	
Искусственно преобразованные в естественном залегании	Строительные (грунты, мелнированные с коренным изменением состава и свойств) Горные (породы, преобразованные в результате подземной добычи полезных ископаемых химическими способами: растворения солей, газификации углей, перегонки сланцев и др.)	Грунты силикатизированные, цементированные, обожженные, ожелезненные, битуминизированные и др. Осадочные и метаморфические породы разного петрографического состава, вмещающие соли, угли, сланцы, и другие полезные ископаемые	

созданию антропогенных валов и бугров, иногда высотой до 8 м. Широко распространены насыпные грунты дамб и дорог, достигающие в некоторых случаях толщины 10 м. Они состоят в основном из суглинков, а также супесей, песков и шлаков.

Промышленные отложения представлены либо из отходов керамического, кожевенного и кузнечного производств, особенно в центре старого города, либо из отходов современных заводов и фабрик. Такие отвалы накапливаются быстро, чаще всего в пониженных участках и специально отведенных местах. Здесь преобладают шлаки, золы, формовочные материалы, древесные опилки и обрезки текстильных изделий. На ровных местах мощность подобных отложений 3—4 м, а в долинах каналов и оврагах доходит до 12 м. К культурно-бытовым отложениям можно отнести древние погребенные кладбища, занимающие обширные участки, грунты выгребных ям, садов, скверов, парков и огородов. Тут значительное место принадлежит примесям органических соединений. Толщина слоя таких грунтов 0,5—3 м, на отдельных участках до 8 м. В последние десятилетия в связи с бурным развитием города и промышленности засыпаются долины каналов, оврагов и заброшенные арыки. Мощность засыпки 5—6 м, иногда до 15 м. Следует отметить, что все эти образования по сравнению с природными, как правило, более рыхлые.

К субаквальным грунтам Ташкента относятся смешанные с песком и глинистым материалом галечниковые наносы арыков, главным образом Карасу и Салар. Эти водонасыщенные образования достигают мощности 0,5—3 м. Ряд арыков содержит песчаные и глинистые отложения с органическими примесями. В отдельных случаях органические остатки достигают мощности 3 м. Они состоят из погребенного камыша и других пойменных осадков, чередуются с болотистыми грунтами. В городе имеются и погребенные озера, например на территории парка им. А. С. Пушкина, представленные засыпкой из суглинка толщиной 7—8 м.

В старой части Ташкента почти повсеместно распространен культурный слой толщиной 2—3,5 м. В новой части этот слой пока прерывист, его мощность

почти в десять раз меньше. Здесь преобладают искусственные грунты, богатые органическими соединениями, увлажненные и более рыхлые.

Таким образом, пока мы не имеем единого подхода даже при попытках систематизировать многообразие антропогенных отложений. Все же с усилением внимания к комплексной проблеме сохранения и рационального использования ресурсов окружающей среды, важнейшим составным элементом которой является поверхностная часть литосферы, безусловно, и этот вопрос станет на повестку дня.

Глава 6

ИЗМЕНЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Люди целенаправленно или стихийно создают на поверхности Земли антропогенный ландшафт. Целенаправленное действие, как правило, преследует задачи улучшения среды обитания человека. Стихийное преобразование лика планеты нередко противоречит этим задачам, хотя и является следствием целенаправленной хозяйственной деятельности. Можно выделить три главных направления такой деятельности, оказывающей определяющее влияние на поверхность литосферы: инженерно-строительная, горнотехническая и сельскохозяйственная.

Преобразование естественного рельефа прежде всего выражается в изменениях высотных отметок отдельных его элементов, их строения и состава. Следовательно, процесс формирования антропогенного рельефа суммирует в себе все многообразие результатов деятельности человека в пределах верхней части земной коры, в том числе антропогенной тектоники и антропогенного литогенеза.

Под влиянием физико-географических условий, интенсивно действующих именно на поверхности земной коры, со временем происходит затушевывание антропогенных изменений. Культурный и промышленный ландшафт, если его развитие не стимулируется,

имеет тенденцию к исчезновению. Так исчезали многие поселения древнейших цивилизаций, например в Средней Азии, и только археологические раскопки помогают определить места промышленной деятельности древних рудокопов.

Поверхность литосферы является объектом исследований специалистов различных профилей. Поэтому существуют определенные подходы к ее изучению. Антропогенный ландшафт также рассматривают и типизируют с различных точек зрения в зависимости от признаков, лежащих в основе классификации. Наша задача ограничена стремлением обратить внимание на многообразие, взаимосвязь и некоторые основные закономерности изменений, связанных с усиленным использованием и преобразованием минеральных масс Земли.

Существует много геологических гипотез, объясняющих направление развития лика планеты в целом. Некоторые научные предположения опираются на мнение, что общая тенденция направлена к сглаживанию рельефа, к затуханию процессов горообразования, к снижению активности многих естественных процессов. Существует и противоположная точка зрения. Изучение современных тектонических движений земной коры свидетельствует об ускорении перемещения отдельных ее участков, роста гор и т. д. Это в свою очередь должно приводить к усилению физико-химических процессов, преобразующих земную поверхность.

Что касается влияния человека как геологической силы, то здесь мы имеем дело с неопровержимыми фактами наличия тех и других процессов, хотя в целом намечается стремление к уничтожению контрастности естественного рельефа.

ВЛИЯНИЕ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Инженерно-строительная деятельность со всей очевидностью преследует цель сnivelировать земную поверхность. Это, вероятно, одна из главнейших закономерностей целенаправленного воздействия человека на поверхность литосферы. В первую очередь стремление к нивелировке проявляется как следствие урба-

низации. Там, где человек обладает технической силой ликвидировать природные формы рельефа, он это осуществляет. В зависимости от первоначальных физико-географических условий при формировании антропогенного рельефа существуют различные способы устранения неровностей, обычно заключающиеся в перемещении земных масс. Подтверждением тому служит любая экскурс в историю развития городов.

Современный рельеф Казани значительно отличается от рельефа XVI—XVII вв. Его формирование направлено в сторону сглаживания имевшихся неровностей [45]. Ряд рвов, низин и озер был заполнен насыпными породами. У здания горсовета их мощность достигла 15,4 м. Крупные пожары (1672, 1694, 1774, 1794, 1815, 1842, 1859, 1888, 1902, 1913 гг.) также способствовали созданию антропогенных отложений, сглаживающих рельеф. В 1840 г. засыпали Банное озеро, в 1859 г. — Белое, а в 1893 г. — Черное. Резкое изменение мощности этих отложений от 1 до 10—12 м, особенно в районах старой застройки, указывает о сведении к минимуму разности первоначальных высотных отметок земной поверхности. В районах Казани много намывных образований, чаще всего возникших за счет переброски песков аллювия Волги. Поверхность пойменных террас Волги и Казанки была повышена до надпойменной террасы. Это привело к тому, что даже некоторые геологи стали причислять такую надстроенную часть поймы к Калининской (первой надпойменной) террасе Волги.

Естественный рельеф пониженной части Приневской низменности, где расположен Ленинград, отличается весьма малой амплитудой колебания высотных отметок — от 1 до 14 м. Со времени возведения города здесь также наблюдались две основные тенденции: стремление уменьшить имеющиеся неровности рельефа и повысить абсолютные отметки поверхности. Первая тенденция отражает общее направление в создании антропогенного ландшафта, вторая связана со спецификой постройки города на низменных, затопляемых во время наводнений территориях.

С целью осушения в городе создана разветвленная сеть знаменитых ленинградских каналов и засыпаны некоторые естественные водотоки. Чтобы поднять уро-

вень земной поверхности уже к середине 30-х годов прошлого столетия путем отсыпки повысили отметки Адмиралтейского острова на 107 см, район Литейного проспекта приподняли на 213 см; до 60 см были повышены некоторые участки на Петроградской и Выборгской стороне [106]. В последующие годы, особенно в наше время, подобные работы развернулись в широких масштабах. По существу, вся прибрежная зона Финского залива в пределах развивающегося города теперь значительно приподнята с помощью гидронамыва.

Весьма пересеченный рельеф имеет Киев. В районе его развития выделяют плато, равнину, речные террасы Днепра и его притоков, множество оврагов, балок. Разность высот составляет 107 м. Проблема освоения городской территории вступила в противоречие с сильно пересеченным и всхолмленным естественным рельефом. Здесь общая тенденция нивелировки территории диктовалась необходимостью срезать возвышенности и уступы и засыпать пониженные места [43]. Когда-то существовал Крещатикский овраг. Его длина была свыше 2 км, а глубина 45 м. Теперь Крещатик — самая благоустроенная и красивая улица в Киеве. Улицы Ленина, Чкалова, Чапаева, Кирова, Тургеневская и другие также полностью или частично расположены на бывших оврагах. Свидетельства о них сохранились лишь на старых топографических и геологических картах.

Еще более обширные изменения произведены с целью понижения отметок рельефа. В городе находилась так называемая Черная гора. Ее целиком снесли. Многие улицы проложены за счет среза возвышенностей рельефа.

Таким образом, в основном преобладает тенденция к нивелировке поверхности. А это приводит к затуханию многих физико-химических процессов, связанных с перемещением твердых земных масс и водных потоков.

Известно, что в естественных условиях вода является одним из главных агентов, стремящихся сnivelировать, переработать твердую массу литосферы. Насколько же увеличится ее рельефообразующая роль, если через несколько десятилетий площадь ис-

кусственных водохранилищ только в нашей стране превысит площадь природных пресных водоемов? Самые большие водохранилища СССР: Братское (179 км²), Илимское (59,4), Куйбышевское (58), Бухтарминское (58), Волгоградское (32,2), Рыбинское (25,4), самые длинные: Иркутское, Братское, Волгоградское и Куйбышевское [94]. Три четверти суммарной территории водного зеркала всех водохранилищ действующих ГЭС приходится на Волжско-Камский, Енисейско-Ангарский и Невский бассейны.

В природе не имеется таких быстро меняющихся и неустойчивых типов рельефа, как берега новых водохранилищ. Берега могут быть отступающие (разрушающиеся), устойчивые (их почти нет), наступающие (аккумулятивные). Вновь созданный водоем с отступающими берегами ежегодно продвигается на несколько метров в глубь суши. Безусловно, природой это не было предусмотрено. По данным института «Ленгидропроект» около тысячи километров побережья недавно созданного Красноярского моря уже подвергались деформациям. За пять лет в отдельных местах суша была размыва на сотни метров вглубь. Возникла угроза для некоторых поселений [87].

Быстро преобразуется и дно искусственных морей. На Куйбышевском водохранилище, например, ежегодно откладываются на дне миллионы тонн наносов. Известны случаи, когда небольшие водохранилища заполнялись ими в считанные годы. Своеобразно развиваются оползневые берега. Иногда для их защиты намыывают искусственные пляжи. Такой пляж создан возле Академгородка под Новосибирском. В первые годы своего существования границы водохранилищ извилисты, спустя несколько лет они выпрямляются. За четыре года существования Куйбышевского моря протяженность его берегов уменьшилась на 400 км. Возможность возникновения подобных процессов всегда нужно учитывать при возведении портовых сооружений. Вот один из характерных примеров.

Еще до Великой Отечественной войны на курорте Гагра приступили к постройке мола около устья р. Жоквары. Мол вывели в море в виде двухсотметрового выступа. В результате гагринский пляж начал размываться. Разрушения берега достигли при-

брежного парка. По настойчивой рекомендации ученых решили взорвать новый мол. Из Жозефвары опять стала поступать галька в зону пляжа. Своевременное восстановление естественного хода геологического процесса помогло сохранить знаменитую достопримечательность черноморского курорта.

Многочисленны также факты, когда возведение плотин, особенно на быстрых потоках, регулирование сброса и накопления воды способствовали интенсивному преобразованию местного микрорельефа. На энергии Ниагарского водопада работает гидроэлектростанция. За последнее время здесь произошло несколько больших обвалов [154]. Уникальный естественный водосброс стал превращаться в каскад мелких водопадов. Каждый год скальный гребень Ниагары отступал почти на 1 км. Так инженерно-строительная деятельность человека привела к резкому ускорению процессов нивелирования земной поверхности.

Однако в частных проявлениях эта деятельность нередко способствует усилению контрастности мелких форм ландшафта, главным образом за счет создания нового гидрогеологического режима. В начале 1956 г. жители сел, расположенных вокруг Каховского водохранилища, отмечали, что земля покрылась длинными глубокими трещинами. После перекрытия Волги плотиной Куйбышевской ГЭС в Казани в нескольких местах образовались провалы, в погребах выступила вода. Создание Рыбинского и Камского водохранилищ привело к заболачиванию окружающих земель. Это результаты искусственного повышения уровня подземных вод.

Особенно часто они наблюдаются в южных засушливых районах, где развивается орошение. Например, в Таджикистане с этой целью осваивают большие площади земель. Грунты здесь преимущественно лёссовые. Их замачивание приводит к просадочным явлениям. Пропуск воды по каналу Верхний Ходжа — Кале не мог быть осуществлен в течение 10 лет из-за многочисленных прорывов, связанных с деформациями поверхности. Лишь переработка грунта в ложе канала и создание противифльтрационных покрытий спасли положение. Система стала работать на ороше-

ние. Подобные явления происходили и происходят также на других оросительных магистралях [107],

Возникают и процессы суффозии, создавая провалы в виде конусообразных воронок. Они обусловлены вымыванием глинистых частиц и солей, чаще всего на участках с резким перепадом высот. Подчас такие процессы приводят к полному поглощению подаваемой воды. Они прекращаются только при кольматации (заиления) стенок и дна каналов наносами. Лучший метод преодоления этих нежелательных явлений — предварительное замачивание грунтов вдоль трассы, т. е. целенаправленное разрушение природного строения земных масс. Притом в каждом конкретном случае необходимо изучать свойства лёссов, которые в каждой зоне имеют свои особенности.

Обратим внимание и на явления, характерные для городов степной и лесостепной зон. В них отмечено резкое ускорение овражной эрозии, связанной именно с хозяйственной деятельностью. В нагорной части Горького более $\frac{1}{3}$ застроенной площади занято оврагами, в Новосибирске — $\frac{1}{6}$ часть. Овраги причиняют большой вред городскому хозяйству, поэтому с ними ведется борьба, главным образом нивелированием нарушенных участков. В Волгограде пришлось намыть в крупные овраги, расположенные в центральной части города, более 3 млн. м³ песчаного грунта. Конечно, с точки зрения живописности ландшафта более оправдан путь сохранения отдельных нарушений рельефа. Своеобразную красоту Перми и Калуге придают крупные овраги, склоны и днище которых покрыты лесом и используются как места отдыха горожан.

Таким образом, мы видим, насколько многообразной может быть инженерно-строительная деятельность человека, приводящая к ускорению процессов преобразования поверхности земной коры.

ВЛИЯНИЕ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Горнотехническая деятельность в отличие от инженерно-строительной чаще всего способствует увеличению контрастности отметок поверхности. Но в территориальном охвате здесь скорее можно говорить о создании микроландшафтов, которые лишь в круп-

ных горнопромышленных районах имеют тенденцию к региональному расширению, например в Донбассе.

Уже теперь выделяют различные формы такого рельефа. Одни обусловлены антропогенной денудацией. Это результат перемещения и сноса горных масс: карьеры, траншеи, провалы и т. д. Другие создаются противоположным действием — антропогенной аккумуляцией. Это отвалы пород, терриконы, дамбы, хвостохранилища и шламонакопители горнорудной промышленности. Среди них, как и в природном ландшафтоведении, можно выделить молодые, зрелые и старые формы рельефа.

В настоящее время только за счет открытой разработки каменного угля в СССР ежегодно образуются отвалы объемом в сотни миллионов кубических метров. За короткое время возникают горы, близкие по массе к сопкам предгорий Салаирского хребта, которые создавались природой в течение длительных геологических периодов. Общий объем вскрышных пород в СССР в ближайшее время может возрасти почти до 14 млрд. м³. Следовательно, и здесь закономерна нарастающая по скорости тенденция преобразования поверхностных форм литосферы.

Возникновение горнотехнического рельефа зависит от принятой системы вскрышных работ. Создаются гребни, плато, террасы, выемки [74]. Системы разработок определяют вещественный, минералогический, гранулометрический составы горных пород, их структурное сложение. Происходит перевертывание слоев верхней части земной коры, в результате которого наиболее плодородные почвы оказываются на значительной глубине, а на поверхность выходят породы, которые без вмешательства человека могут лишь в течение десятилетий, а иногда и значительно более длительных сроков, самостоятельно ассимилироваться с окружающей средой (рис. 13). Неслучайно в угледобывающих бассейнах ландшафт имеет преимущественно серый, однообразный цвет, а окрестности Кривого Рога окрашены в охристо-железный оттенок.

Поверхность земли в зонах действия горнорудных предприятий подчас оседает на несколько метров, особенно там, где выработки осуществляются с обрушением кровли созданных подземных пустот. В Кузбас-

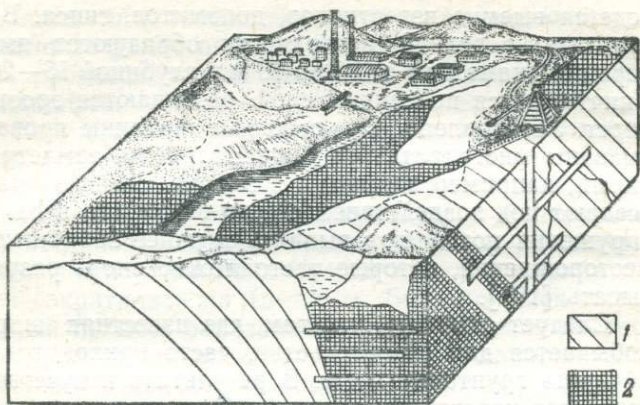


Рис. 13. Сернокислотный геохимический ландшафт в результате добычи и переработки медной руды.

1 — зона частичной гибели растительности; 2 — мертвая зона сброса хвостов обогатительной фабрики.

се есть провалы над разработками, иногда достигающие 70 м, в центре Караганды встречаются провалы глубиной до 10 м.

Быстрое изменение высотных отметок рельефа в результате горнотехнической деятельности, как правило, не наблюдающееся в природных условиях, сказывается на нормальном функционировании различных сооружений. Среди них особое значение имеют железные дороги, так как даже небольшое смещение приводит здесь к аварии. Еще в прошлом столетии дороги, как и другие сооружения, охранялись от вредного влияния подземных разработок преимущественно путем оставления предохранительных целиков, т. е. участков, где выемки минерального сырья не производили. Такой подход экономически не оправдан. Тщательное изучение вопросов сдвижения горных пород позволило вести добычу полезных ископаемых и под магистралями. Все это свидетельствует о больших достижениях в горном деле.

Своеобразные формы рельефа нередко возникают при разрушении выработок на небольшой глубине. На некоторых месторождениях Поволжья их объем достигает нескольких миллионов кубометров. Отсюда

ведется выемка известняков, доломитов, гипса. В результате на ровной поверхности образуются ямы и воронки диаметром от 20 до 60 м и глубиной 15—20 м. Уничтожается почвенный слой, развиваются эрозия и карст. Установлено, что основные причины провалов вызваны многократными искусственными землетрясениями, например взрывами в забоях. Земные массы оседают под воздействием своего огромного веса. Эти нарушения позволяют выявить и ранее заброшенные месторождения, которые часто можно вновь разрабатывать [101].

Следует отметить, что там, где известняк широко добывается для строительства, часто приходится откачивать грунтовые воды. В результате искусственно создается карстовый ландшафт. Так, внезапное увеличение скорости откачки воды из открытого карьера в Хирши (США) резко понизило уровень подземных вод. Возникло более ста карстовых воронок в прилегающем районе. Только обратное нагнетание в недра воды, уменьшение скорости откачек и цементация трещин смогли приостановить катастрофические явления.

Подобные процессы могут быть следствием и глубинного проникновения в литосферу. В районе Западного Ранда (ЮАР), возле Иоганесбурга, воды откачивали с глубин свыше 3 тыс. м. Здесь давно известны карстовые воронки в слоях, перекрывающих трансваальский доломит. Недавно тут появились новые карстовые колодцы и впадины диаметром до 90 и глубиной до 60 м, причем образование двух из них сопровождалось человеческими жертвами [54].

Необходимость изучения вновь создаваемых физико-географических условий в результате горнотехнической деятельности диктуется не только соображениями охраны окружающей среды, но и экономической целесообразностью ведения тех или иных работ. На основании инженерно-геологической оценки проектируют крутизну откосов карьеров при открытых разработках. Увеличение на 1° угла откоса для Лебединского и Михайловского карьеров КМА уменьшает объем вскрышных пород на многие миллионы тонн. Возможность обоснования увеличения угла откоса на $5\text{--}10^\circ$ и более позволяет сэкономить ориентировочно несколько десятков миллионов рублей.

Более того, теперь человек в силах исправлять допущенные ранее ошибки и, умело используя стихийные процессы, может создавать нужные ему формы ландшафта.

Еще несколько лет назад усиленная горнотехническая деятельность на берегах Черного моря приводила к тому, что из русел местных рек, с прибрежных пляжей изымали миллионы кубометров минерального строительного сырья — гравия и песка. Вследствие этого в курортной зоне Туапсе — Адлер ширина пляжей сократилась на 15—20 м. Был нарушен естественный процесс образования пляжей. Резко возросла разрушительная активность морского прибоя. Исследования Сочинской лаборатории морских берегозащитных сооружений подтвердили интенсификацию переработки речной гальки в прибрежной зоне. Ежегодно на 1 км береговой полосы истиралось в песок и глину до 1 тыс. м³ галечного материала. Безвозвратно терялось до 30 тыс. м³ гравия. Было принято решение создавать так называемые «карманы» путем возведения поперечных дамб (бун). В итоге ускорился процесс создания новых пляжей. Эти буны позволили образовать на черноморском берегу десятки километров пляжных отмелей [88]. В естественных условиях такой процесс маловероятен, так как во многих прибрежных районах Кавказа преобладает размывающее действие моря.

Безусловно, на современном этапе научно-технического прогресса горнотехническая деятельность должна развиваться во все больших масштабах, поэтому необходимо всегда предвидеть возможность ее влияния на преобразование поверхностных форм литосферы.

ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Влияние сельскохозяйственной деятельности на формирование антропогенного ландшафта распространяется главным образом на зону земной коры, являющуюся активной составной частью более обширной комплексной оболочки — биосферы, где гидросфера и атмосфера в совокупности с органическими веществами играют в процессах преобразования неорга-

нических масс ведущую роль. В данном случае основное внимание мы концентрируем на литосфере, поэтому, не затрагивая других существенных явлений, коротко рассмотрим лишь вопросы, относящиеся непосредственно к ней.

Почвы создавались и создаются на основе лежащих под ними геологических образований. Оттуда поступают микроэлементы, определяющие геохимический состав почв и степень их плодородия. Геологи совместно с почвоведом уже приступили к составлению специальных карт, позволяющих наиболее рационально использовать передовую агротехнику с учетом состава и состояния подпочвенных горных пород. Вероятно, в ближайшее время мы будем свидетелями зарождения агрогеологии. Она поможет успешно решать многие актуальные вопросы сельскохозяйственной деятельности.

Мы живем в период широкого использования участков суши, пригодных для воспроизводства растительных и других биологических ресурсов. С каждым годом остается все меньше земель, которые можно осваивать с этой целью. Теперь главное — интенсификация производства, качественное улучшение обрабатываемых площадей. Лишь в глубокой древности можно было часто наблюдать воздействие на ранее не тронутые земные массы. В дальнейшем созданный таким путем антропогенный ландшафт в основном подвергался повторным преобразованиям.

Для иллюстрации последствий этого процесса приведем краткий анализ изменений на правобережье Волги в Горьковской области [126]. О начале освоения приволжских земель можно узнать из первой отечественной летописи «Повесть временных лет». В конце днепровского оледенения здесь поселился человек. Изучение остатков древних поселений показало, что тут когда-то был лесной район. В первых столетиях нашей эры стало развиваться подсечное земледелие. Леса отступали перед человеком. Быстро начал меняться природный ландшафт. На приподнятых участках стала развиваться эрозия. Появились овраги, которые раньше называли «водороинами».

Все чаще возникали оползневые процессы, особенно на правом косогоре Волги и Оки. Неслучайно ни-

жегородский летописец сообщал, что у соборной церкви Богомольского преображенья большой колокол сам по себе звонил трижды. Это были отзвуки процессов сдвижения земных масс при оползнях.

Все чаще и чаще летописи фиксировали стихийные явления, возникшие в результате деятельности людей. Их количество быстро росло. Если в 1600 г. на каждый квадратный километр приходилось 1—2 человека, то спустя 350 лет—почти в 50 раз больше. За три последних столетия там, где были девственные леса и луга, возникли совершенно другие окультуренные ландшафты. Раньше леса занимали $\frac{3}{4}$ всей площади, теперь лишь $\frac{1}{4}$. Многие из них представлены полукультурной растительностью, возникшей под влиянием деятельности человека. Лесные оподзоленные почвы за 2—3 столетия превратились в черноземные. Ныне в них содержится 7—9% гумуса. Резко изменилось и соотношение между поверхностным и грунтовым стоками вод.

Развивается овражная сеть. Сейчас она занимает почти половину территории правобережья Волги. Овраги приносят большой вред земледелию. Недаром наши предки называли их также «врагами». Исчезновение лесов и нарушения режима вод оказали влияние за последние три столетия и на климат. В частности, отмечены более резкие колебания температуры, сильные ветры. Иногда летом и весной наблюдаются засухи.

Таким образом, хотя в целом целеустремленная сельскохозяйственная деятельность способствовала созданию лучшего ландшафта как среды обитания людей, однако она порождала и ряд отрицательных явлений.

Характерная закономерность воздействия человека на поверхность литосферы, проявляющаяся в стремлении сnivelировать ее, особенно ярко выражена именно в сельскохозяйственных работах. С целью создания лучших условий для земледелия изменяют геологические, геохимические и гидрогеологические процессы. Срезают склоны, уничтожают отрицательные формы микрорельефа, на больших площадях рассеивают минеральные и органические вещества, обводняют пустыни и осушают заболоченные участки.

Среди целенаправленных действий, преобразующих в данном случае поверхность земной коры, можно выделить основные: технические, например мелиорация и ирригация; агрохимические; биологические. Наряду с положительными результатами при проведении этих мероприятий из-за нарушения природного равновесия во взаимосвязанной системе биосферы создаются предпосылки для ускорения нежелательных процессов. В частности, увеличивается снос и разрушение органических и минеральных веществ. Объемы и скорость таких процессов несопоставимы с действием природных геологических сил. Внесение в почву огромного количества минеральных удобрений способствует изменению геохимического состава минеральных образований.

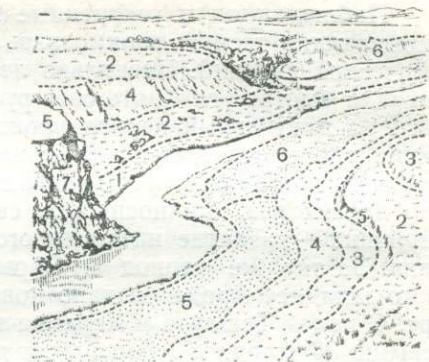
Можно полагать, что в поверхностной части литосферы будут создаваться новые минеральные ассоциации, неизвестные ранее. Достаточно отметить, что только вместе с калийными удобрениями на 1 м² земной коры, используемой для земледелия, ежегодно поступает 4—5 г хлора. За 25 лет на 1 га вносится около 1 т хлора. Безусловно, такое изменение геохимического содержания элементов приводит к определенным сдвигам и в геологических процессах. Однако эти явления почти не исследованы. На 1965 г. общая площадь ирригационно подготовленных земель составляла 10 млн. га, из них более 40% в разной степени оказались засоленными [8].

Поверхностная зона литосферы геохимически особенно активна. О влиянии на эту активность хотя бы обводнительных мероприятий свидетельствует следующий факт. В Кулундинской степи есть оз. Большой Ажбулат. В 1945 г. на его дне под слоем рассола 15—25 см лежал пласт тенардита мощностью до 50 см. Запасы сульфата натрия здесь составляли 10 млн. т. После сельскохозяйственных обводнительных мероприятий гидрологический режим озера изменился. Через 6 лет месторождение исчезло, растворилось. При долговременном действии природных процессов здесь наблюдалась бы обратная тенденция увеличения запасов минерального химического сырья.

За последнее столетие на нашей планете подвергалось эрозии около 2 млрд. га поверхности суши

Рис. 14. Категории земель по степени подверженности водной и ветровой эрозии.

1 — лучшие и хорошие, не подверженные эрозии; 2 — хорошие и средние, подверженные слабой эрозии; 3 — хорошие и средние с сильной эрозией; 4 — средние и плохие, ограниченно годные для земледелия; 5 — пригодны для сенокоса и ограниченно под пастбища; 6 — пригодные только для лесоразведения; 7 — неудобные земли.



(рис. 14). Это 27% всех обрабатываемых земель. Ежегодно в Азии, Африке и Латинской Америке эрозия «съедает» 4—5 млн. га сельскохозяйственных площадей [37].

По прогнозам, антропогенный бедленд, т.е. нарушенная поверхность литосферы, на которой отмечено резкое усиление нежелательных процессов, к 2000 г. по площади будет равновелик пахотным землям планеты. В США ветровая и водная эрозия уже захватила половину территории страны.

С участков, занятых сельскохозяйственными культурами, потоки воды ежегодно уносят около 3 млрд. т земной массы. Это действие водной эрозии. Ветровая эрозия только 11 мая 1934 г. погубила в США, в штатах Иллинойс, Огайо, Мэриленд и Северная Каролина, 45 млн. га пашни. Ветер унес отсюда 300 млн. т органо-минеральных веществ. В начале 70-х годов сильная ветровая эрозия наблюдалась в СССР на Северном Кавказе, в южных областях Украины и в некоторых районах Центрально-Черноземной полосы РСФСР. По данным Института географии АН СССР около 2/3 всей пашни нашей страны находится в районах современных водноэрозионных процессов. В отличие от ветровой эрозии эти процессы имеют не только плоскостное, но и глубинное распространение, когда создаются овраги, балки, врезающиеся подчас на десятки метров в толщи горных пород.

Наблюдаются и ускоренные преобразования, раскрывающие тесную взаимосвязь ряда физико-географических явлений. Несколько лет назад р. Амударья начала быстро углублять свое русло, потому что впервые за длительный период уровень Аральского моря, куда она впадает, понизился на несколько метров. Это понижение во многом связано с уменьшением стока других рек, приносивших сюда воду. Основная причина — развитие интенсивного поливного земледелия. За тот же период в Сарыкамышской впадине юго-западнее Арала создано новое искусственное море. С полей Ташауза и Хорезма в него уже поступило свыше 30 млрд. м³ сбросных и дренажных вод. Так возникли непредвиденные изменения, быстро начали формироваться новые геологические отложения.

Вопросам изучения и правильного регулирования таких процессов в нашей стране уделяют большое внимание. Теперь создан комплекс специальных мероприятий. Среди них можно выделить почвозащитные агрономические мероприятия, противозерозионные гидротехнические способы, особую группу методов по планировке неровностей рельефа и т.д. С точки зрения восстановления нарушенных строения, состава и поверхности литосферы, представленной непосредственно минеральными массами, наиболее действенными являются мероприятия по рекультивации.

Глава 7

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Развитие промышленности и строительство приводят к изъятию из природного кругооборота значительной части поверхности Земли. На современном историческом этапе, как и в прошлом, изымаются главным образом участки суши, которые могли бы с успехом использоваться в сельском хозяйстве при производстве биологических ресурсов.

Наибольшим нарушениям земная кора подвергается при открытой разработке месторождений. В то же

время это экономически выгодный метод добычи. Применение мощных механизмов повышает производительность труда рабочих и снижает себестоимость добытого сырья в несколько раз по сравнению с подземной разработкой. Строительство карьеров ускоряет подготовительные работы в 2—3 раза по сравнению с возведением шахт. Капитальные затраты уменьшаются примерно втрое.

При открытой разработке на земной поверхности усиленно развиваются, начиная с момента подготовки площадки под карьер, нарушения: уничтожение растительности, осушение водоемов, отвод рек и ручьев и т. д. Поэтому зона влияния этой деятельности распространяется на значительно большую площадь, чем отрабатываемый участок месторождения. Объем предварительно переработанных пород нередко превышает объем добываемого полезного ископаемого. Образующие отвалы вмещают в себя от десятков до нескольких сотен миллионов тонн земли.

Подземная добыча полезных ископаемых меньше влияет на поверхность земной коры. Эта деятельность приводит к созданию в недрах пустот, которые впоследствии при определенных горно-геологических условиях могут вызвать проседание и провалы. Наибольшие нарушения вызывает обрушение залегающих над выработкой пород. В результате может возникнуть одна из следующих ситуаций:

- 1) зона обрушений достигает поверхности, возникают провалы, трещины;
- 2) до поверхности доходит только зона оседания пород, наблюдаются плавное опускание и прогибание отдельных участков территории;
- 3) поверхность земли не испытывает ни деформаций, ни смещений (это возможно при глубинных разработках).

Однако и в этом случае из недр извлекается значительное количество горной массы. В частности, только в Донбассе ежегодно поднимают на-гора около 10 млн. т пустой породы, создавая своеобразный сопочный рельеф из терриконов.

Таким образом, открытые и подземные способы горных разработок почти всегда приводят к нежелательным изменениям природной среды.

Отличительной особенностью горнодобывающей промышленности является то, что она отчуждает земли, как правило, во временное пользование. Следовательно, они могут быть либо «возвращены» природе путем создания лесов, лугов и водоемов, либо переданы в сельскохозяйственный оборот. При нарастающем дефиците удобных для использования территорий это имеет большое значение, особенно для промышленно развитых стран, таких как США, Англия, ФРГ, ГДР, Польша, Чехословакия и другие. Уже теперь более 15 тыс. горнодобывающих предприятий США заняли под отвалы площадь около 1 млн. га. Основная доля нарушений связана с открытой разработкой угля. В США примерно 4/5 всей добычи полезных ископаемых падает на штаты Индиана, Огайо, Кентукки, Пенсильвания, Западная Вирджиния, Оклахома и Канзас, которые больше всего страдают от развития горно-технической деятельности [48].

В Англии горнодобывающая промышленность заняла свыше 0,3% всей территории страны. Этому густонаселенному и сравнительно небольшому по размерам островному государству большой вред приносят разработки руд цветных металлов. Отвалы, содержащие цинк, медь, свинец и олово, отравляют растительность, воды, наносят ущерб скотоводству. Рейнский бурогольный бассейн в ФРГ — район Западной Европы с наиболее нарушенной поверхностью литосферы.

Мы исходим из главного принципа, что Земля — природное богатство и источник общенародного благосостояния. Поэтому в нашем государстве действуют «Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик» [80]. В статье 11 этого закона сказано: «Предприятия, организации и учреждения, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым или подземным способом... на предоставленных им во временное пользование сельскохозяйственных землях или лесных угодьях, обязаны за свой счет приводить эти земельные участки в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве».

Вся территория СССР составляет 2240 млн. га. Пригодно же для землепользования только около

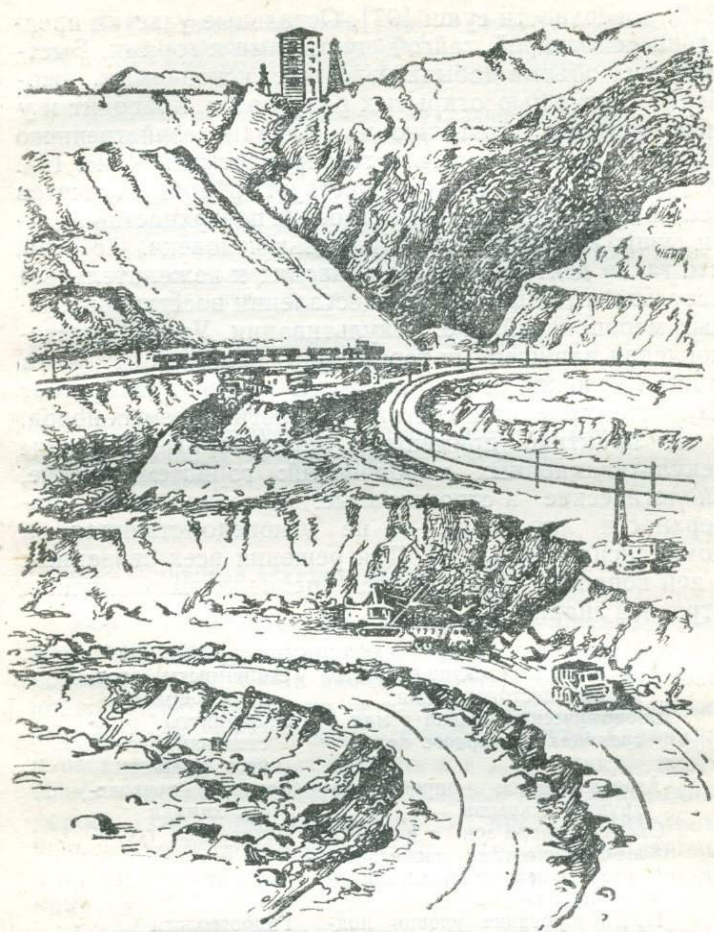


Рис. 15. Участок земной поверхности, нарушенный открытыми раз-
работками.

20% поверхности суши [97]. Остальные участки представлены тундрой, тайгой, пустынями и горами. Быстрый рост объема добычи полезных ископаемых, особенно с помощью открытых разработок, приводит и у нас ежегодно к изъятию из народнохозяйственного оборота десятков тысяч гектаров земель (рис. 15). К сожалению, пока не существует общих подсчетов всех нарушений состава и строения поверхностной части суши, вызванных деятельностью человека. Но ясно, что такая деятельность не приводит к нежелательным результатам лишь при осуществлении восстановительных мероприятий, т. е. рекультивации. Успех восстановления нарушенных территорий зависит от учета многих условий, однако основную роль приобретает изучение строения и состава рекультивируемых пород.

В практике применяют определенные группы рекультивационных мероприятий: горнотехнические, биологические и строительные. Восстановление поверхности литосферы — не узковедомственная, а комплексная проблема. Для решения всех связанных с ней вопросов привлекаются специалисты различных отраслей знаний [23].

Выявление перспектив развития района месторождения	Экономисты, горняки, биологи
Экономическая оценка земли в границах карьерного поля	Экономисты сельскохозяйственного профиля
Агрохимическое опробование грунтов вскрыши	Геологи, почвоведы, химики
Оконтуривание зон с разными агрохимическими свойствами грунтов, покрывающих полезное ископаемое	Почвоведы, геологи
Прогнозирование уровня подземных вод в отвалах и прилегающих к карьеру зонах после отработки	Гидрогеологи
Оценка затрат на горнотехническую рекультивацию при разных видах освоения	Горняки-технологи, экономисты
Оценка затрат на биологическую рекультивацию при разных видах освоения и ожидаемая прибыль	Биологи, экономисты сельскохозяйственного профиля
Обоснование вида освоения нарушаемых карьером территорий	Биологи, почвоведы, экономисты и другие

Составление технических условий разработки месторождения с учетом требований рекультивации	Биологи, почвоведы, экономисты и другие
Разработка рекомендаций по технологии и механизации горных работ в соответствии с техническими условиями эксплуатации месторождения	Горняки-технологии и механики
Внедрение рекомендаций по технологии и механизации горных работ и выполнение горнотехнической рекультивации	Горняки-технологии и другие
Разработка рекомендаций по биологической рекультивации подготавливаемых к освоению площадей	Биологи
Внедрение рекомендаций и биологическая рекультивация нарушенных территорий	Биологи, агрономы и другие

ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ

Горнотехническая рекультивация — предварительная подготовка нарушенных территорий для целевого использования. Сюда входят работы по планировке поверхности, покрытию ее слоем почвы, проведению необходимых мелиоративных мероприятий (дренажа, известкования кислых грунтов и т. д.), а также подготовка участка для освоения (возведение подъездных дорог, создание водоемов) и предупредительные инженерно-геологические работы (противооползневые и противоосадочные). Кратко рассмотрим эти мероприятия.

Открытые горные работы, как правило, связаны с добычей наиболее объемных масс полезных ископаемых: строительных, топливных и железорудных. Извлечение из карьеров огнеупорных глин, флюсовых известняков и доломитов широко развито, в частности, в Донбассе. Выработанные участки такого минерального сырья сравнительно легко поддаются рекультивации с бульдозерной планировкой и последующим покрытием территории слоем плодородной почвы. Почву можно предварительно снимать при закладке новых карьеров, при строительстве водоемов и водо-

хранилищ, перемещая ее на отработанные площадки. При комплексном сочетании горнотехнических и инженерно-технических мероприятий здесь всегда можно выбрать пути улучшения условий окружающей среды. Это сравнительно простой случай. Но чаще всего встречаются более сложные варианты.

Открытыми разработками нарушены, например, плодородные земли Днепровского бурогоугольного бассейна. Местные отвалы созданы гидравлическим и экскаваторным способами и транспортно-отвальными мостами. Как показал опыт, гидравлический способ разработки создает отвалы, в которых наиболее полно происходит уничтожение и вымывание гумусовых веществ. В результате на гидроотвалах весьма плохо приживается растительность. На экскаваторных вскрышных отвалах, заполняющих балки и поймы рек этого района, растения приживаются в 4—5 раз быстрее. На третий год отвалы покрывались дикорастущей травой. В данном случае способы ведения горных работ имеют определяющее значение. Наиболее разумный подход к восстановлению поверхности литосферы будет обеспечен, если предприятие, производящее нарушения, заблаговременно подготовит план ведения разработок с учетом требований горнотехнической рекультивации.

При подземной добыче полезных ископаемых объектом рекультивации становятся также и мульдообразные оседания земной поверхности. Если при карьерных разработках возможно непрерывное, следующее за добычей, восстановление нарушенных участков, то при подземных необходимо учитывать фактор времени (выжидания), охватывающий период просадочных явлений. Для выравнивания нарушенных площадей обычно используется бульдозер. Затем эти участки могут быть пущены в хозяйственный оборот при условии сохранения почвенного слоя.

Более сложно рекультивировать отвалы пород, которые поступают на поверхность из подземных выработок. Объем, физические и химические свойства горных масс в каждом конкретном случае различны. Это определяется прежде всего горно-геологическими условиями обрабатываемого участка и принятой системой разработки месторождения. Минеральные

соединения, выданные на поверхность, либо представлены совершенно неплодородными земными массами, либо содержат примеси добываемого полезного ископаемого, повышенная концентрация которого обычно отрицательно действует на окружающую среду. Например, терриконы шахт Донбасса содержат не только нейтральные образования, но и активные вещества; пирит (до 10%), уголь (6—20%), древесину и серу. При доступе воздуха внутрь терриконов происходит самовозгорание. Поэтому около половины всех отвалов Донбасса отнесено к горящим [14].

Еще более контрастируют с окружающей средой отвалы, возникающие при добыче калийных солей. Основная масса их состоит из загрязненной различными примесями поваренной соли. Приживание растительности здесь исключено. Окрестности, соседствующие с такими отвалами, становятся безжизненными.

Все это свидетельствует о том, что горнотехническая рекультивация подчас не может привести к желаемым результатам без проведения других природоохранных мероприятий.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ

Биологическая рекультивация, следующая за горнотехнической, входит прежде всего в круг деятельности агротехников, ботаников и биологов. Их задача — создание на ранее нарушенных участках земли пастбищ, пашен, садов, лесов, рыбоводных водоемов.

Горнодобывающей промышленностью нашей обширной страны уже создано несколько тысяч карьеров и значительно больше крупных отвалов пород в различных природных зонах. В каждом отдельном случае необходимо проводить специальные работы. Однако имеются и общие принципы. Можно выделить три основных случая: когда после добычи полезного ископаемого почвенный слой возвращен на прежнее место; когда произведено смешение пород и почв с целью создания благоприятной для приживаемости растительности смеси; когда только отвальные породы используются в качестве среды для выращивания растений.

Соответственно по степени пригодности вновь созданный слой разделяют на четыре категории: вполне пригодный для растительности; пригодный; пригодный после небольшого улучшения агрофизических и агрохимических свойств; нуждающийся в коренной мелиорации (промывке, глиновании, песковании, известковании и т. п.).

Для быстрого восстановления плодородия нарушенных участков существуют различные способы, учитывающие специфику местных условий. Интересные предложения разработаны в ГДР. Отвалы орошаются сточными водами, в частности коксохимического завода. В результате малопродуктивные породы становятся пригодными для биологической рекультивации, а вредные стоки превращаются в полезные [145].

С целью изучения проблем биологической рекультивации в 1959 г. при кафедре ботаники Уральского университета им. А. М. Горького была создана первая в стране лаборатория промышленной ботаники. Проведенные работы показали, что в любых географических условиях надеяться на самозарастание растительностью шламовых полей (полужидких отбросов) обогатительных фабрик, перерабатывающих руды цветных металлов, бесполезно. Эти шламы токсичны. Необходимо покрывать их мощным слоем почвы или нетоксичного грунта.

Отвалы при железорудном и каменноугольном производстве в основном не содержат вредных для растений соединений. Что касается отходов, получаемых в результате сжигания минерального сырья, например золоотвалов тепловых электростанций, то они представляют собой созданные человеком горные породы, не имеющие прямых аналогов в природе. Здесь, как правило, не приживается растительность из-за отсутствия в этих массах свободного азота, органических веществ и неустойчивого водного режима бесструктурных поверхностных слоев. Покрытие их слоем почвы (2—3 см) или другого плодородного грунта позволяет сравнительно быстро производить биологическую рекультивацию. Золоотвалы хорошо зарастают, если их поливать канализационными бытовыми водами, содержащими калийные и азотные удобрения.

Завершающей стадией рекультивационных мероприятий могут стать работы, называемые строительной рекультивацией. Она производится на нарушенных территориях для создания промышленных и жилых районов, зон отдыха. Такие мероприятия входят в функции строительных организаций. Безусловно, капитальное строительство экономически целесообразнее размещать именно на непригодных для сельского хозяйства площадях.

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Восстановление нарушенной горными работами поверхности литосферы ставит проблемы рационального использования вновь созданных территорий. В большинстве развитых стран мира господствует ландшафтный принцип, требующий восстановления нарушенных промышленностью земель как целостного природного комплекса [68]. В таком случае говорят об оптимальном ландшафте. Большое значение также придается ландшафтно-экологическому принципу для обоснования рекультивации.

В зависимости от местных условий в разных странах наблюдается несколько различных подходов к решению проблемы. В США рекультивация наиболее дешевая. Это облесение или создание пастбищ. Восстановительные работы здесь осуществляют специализированные предприятия под непосредственным руководством «Службы охраны земельных ресурсов». По данным этой службы более четверти нарушенных открытыми горными работами земель США можно превратить в зоны отдыха, третью часть использовать под лесопосадки, другую треть занять лугами и пастбищами, а на остальных землях выращивать сельскохозяйственные культуры, строить жилые здания и предприятия.

В Англии рекультивацией угольных, железорудных и других отвалов занимаются те же горнопромышленные предприятия, которые производили добычу. При этом основное внимание уделено облесению, а не созданию пашен. Продуманностью отмечены восстановительные мероприятия в ФРГ в Рейнском буровугольном бассейне. Планы рекультивации составля-

ются одновременно с планом ведения разработок. Горные предприятия обязательно сохраняют почвенный покров и лёссовидные породы для засыпки ими нарушенных участков.

В социалистических странах выработан эффективный подход к восстановлению нарушенных участков литосферы. Главное горное ведомство ГДР приняло в 1968 г. постановление по вопросу защиты народного хозяйства от влияния горных разработок. В постановлении впервые приводятся единые нормативы. В штат горных предприятий включены уполномоченные по рекультивации. Они контролируют проведение работ [142].

С 1966 г. Совет Министров ПНР утвердил постановление, обязывающее горные предприятия производить рекультивацию. Здесь введен принцип «гектар за гектар». Это значит, что количество территории, отводимой под разработки, должно равняться площади земель, уже восстановленных горнодобывающей промышленностью. Рекультивация включается в производственный план предприятий.

Что касается нашей страны, то при постановке этой проблемы сразу же наметилось направление комплексного ее решения. За основу был принят ряд факторов: физико-географические условия района разработок (климат, геология, рельеф, почвы, растительность), характеристика урожайности сельскохозяйственных культур и их доходность, вновь образующийся рельеф при ведении добычи полезных ископаемых, положение уровней грунтовых вод, физические и химические свойства смесей грунтов в отвалах, особенности их естественного зарастания и т. д. Например, при подготовке «Основных положений о порядке восстановления и использования земель, нарушенных открытыми разработками угольных месторождений СССР» (1968 г.), произведено районирование территории СССР на базе изучения геологических и агроклиматических условий.

В настоящее время горнотехническая рекультивация в большинстве стран осуществляется теми же предприятиями, которые ведут горные работы. Это, вероятно, наиболее результативный подход. Быстрое расширение масштабов горнотехнической деятельности.

ти, особенно открытых разработок, потребовало создания специального мощного оборудования. Считается перспективным использование роторных механизмов непрерывного действия и экскаваторов с длинными стрелами.

Выравнивание поверхности может быть полным, террасным и частичным, когда срезается только верхняя часть отвалов. Способы и характер биологической рекультивации зависят от географического положения страны, климатических, хозяйственно-экономических и других особенностей районов. Чаще всего отдают предпочтение лесонасаждению. Этот подход также можно считать результативным, учитывая, что проблема восстановления лесов стала весьма актуальной.

Экономическая эффективность рекультивации раньше почти не изучалась. Такой вопрос стал актуальным сравнительно недавно, а для определения эффективности необходимо выработать систему критериев и учесть множество факторов. Прежде всего потребовалось ввести единую оценку земель. В отдельных странах она уже создана. Так, в ГДР в качестве основных критериев принимают механический состав, генезис (тип почв), характер материнских пород, рельеф, климат, увлажнение. Земли оцениваются по 100-балльной системе. Бесплодные получают нуль, хотя практически подобных земель почти не встречается.

Однако в настоящее время мы еще не имеем общепринятого метода экономической оценки земли. Это значительно усложняет вопрос определения результативности восстановления нарушенных территорий. В частности, при ведении открытых разработок обычно учитывались лишь затраты, связанные с добычей полезных ископаемых. Стоимость нарушений поверхности в расчет не бралась. При увеличении высоты отвала повышались затраты на его создание. Для производства это нерентабельно. То, что одновременно возрастает экономия земель, считалось несущественным.

В целом с точки зрения экономики рекультивацию можно подразделить на три этапа. Первый этап начинается с принятия решения о восстановлении нару-

шенных земель и заканчивается их биологическим освоением. Сюда входит стоимость инженерных изысканий, составление и утверждение проекта рекультивации, стоимость горнотехнических и биологических мероприятий. Это период капиталовложений. Второй этап наступает при вводе восстановленной земли в хозяйственный оборот. Затраты на рекультивацию постепенно начинают окупаться. Когда средства, использованные для восстановления, полностью окупились, наступает третий этап — получение дохода в результате рекультивации.

На 1 га рекультивируемой площади в настоящее время приходится затрачивать 1—10 тыс. руб. Затраты оправдывают себя в зависимости от ряда условий за несколько лет или в течение десятилетий.

Известно, что система государственного планирования, обеспечивающая оптимальное развитие всех сфер народного хозяйства, позволяет планировать и осуществлять также мероприятия, которые экономически окупаются не сегодня, а спустя некоторое время. Поэтому рекультивация земель будет тем более оправдываться в будущем, в условиях ускорения темпов научно-технического прогресса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Взрыв научной мысли в XX столетии подготовлен всем прошлым биосферы, — утверждал великий естествоиспытатель В. И. Вернадский [19]. При таком подходе можно выделить три условных исторических этапа [46]. Сначала наука отставала от практики в своем развитии. В XVII—XVIII вв. она в основном решала лишь те задачи, которые ставила перед ней техника. Позже наука стала догонять технику, идти вровень с ней. В настоящее время наука начинает опережать технику в своем развитии. На основе предварительного исследования и теоретических решений она находит выход в практику и производство, обретает прогнозирующую, «предсказательную» функцию.

Мы являемся свидетелями радикального поворота в осмыслении реальности. Он знаменует собой переход от утилитарного покорения природы к разумному использованию и воспроизводству ее естественных богатств на основе наших научно-технических достижений.

В последние годы ученые все чаще обращают внимание на процессы, вызванные активной деятельностью человека на Земле. «Прогнозы показывают, что если в ближайшие годы не будут приняты самые энергичные меры, ухудшение качества окружающей среды может стать препятствием дальнейшего развития производительных сил общества» [76]. Следовательно, опережающее развитие науки уже поставило перед практикой актуальную задачу. Ее суть в необходимости перехода к иной форме связи между общественным производством и природой. Использование ресурсов, особенно невозобновимого минерального

сырья, необходимо переводить на замкнутый (безотходный) цикл. Мы должны научиться управлять им, чтобы достигнуть правильного соотношения между быстрым развитием технологии производства и максимальным сохранением естественной среды.

Наступило время практического решения ряда взаимосвязанных проблем.

1. Измерение качества окружающей человека среды и качества технологии, преобразующей ее. Это прежде всего относится к тому, что дает нам литосфера — фундамент, на котором, как было показано, развивается общество.

2. Экономико-технологическая оценка природных ресурсов, в первую очередь минеральных.

3. Разработка долгосрочных программ рационального пользования природой, особенно компонентами недр.

Добыча, переработка, потребление полезных ископаемых и хозяйственное освоение поверхности литосферы вызывают существенные физические и химические изменения не только в ее верхней части, но и в других оболочках Земли: атмосфере и гидросфере. Минеральные соединения переходят в новые количественное и качественное состояния. Воссоздание их практически исключено.

При разработке лучшей системы производства мы должны руководствоваться двумя главнейшими принципами.

1. Возможно полное и комплексное использование первичных ресурсов. Основная масса таких ресурсов представлена именно минеральным сырьем. В этом суть активной охраны литосферы, природные богатства которой в обозримом будущем по-прежнему останутся главным источником промышленного развития.

2. Доведение вторичных ресурсов (отходов) производства и потребления до такого состояния, чтобы они могли быть использованы целиком или могли ассимилироваться в природной среде без ущерба для ее естественного состояния. И в данном случае продуктам переработки и преобразования минеральных веществ принадлежит ведущая роль. Энергетические, химические, металлургические, металлообрабатываю-

щие и многие другие отрасли основаны на последовательной утилизации главным образом этого сырья.

Оптимальное соблюдение изложенных принципов позволит разумно и целенаправленно регулировать геоморфологические процессы, проявляющиеся в изменении строения, состава и поверхностных форм литосферы под воздействием хозяйственной деятельности человека. Все эти вопросы не могут быть планово и всеобъемлюще решены в условиях капиталистической системы. Она опирается на частнособственническое, нередко хищническое использование богатств недр и поверхности Земли. Поэтому буржуазная пресса и зарубежные научные труды чаще и чаще приводят пессимистические прогнозы на будущее [141, 152]. Действительно, население лидера капитализма — США — составляет 6% человечества Земли. Свыше 1/3 мирового потребления энергетического сырья (угля и нефти) приходится на долю этого государства. Если бы во всем мире использовались полезные ископаемые осуществлялось на уровне, достигнутом США, то современное мировое производство железа и меди необходимо было бы увеличить почти в 100 раз, а олова — в 250 раз. За 1860—1970 гг. мир использовал столько нефти, сколько будет потреблено в одном текущем десятилетии (1970—1980 гг.). Таким образом, невозобновимые минеральные ресурсы можно уничтожить гораздо быстрее, чем идет процесс открытия новых залежей и развитие технологии переработки других, пока не считающихся ценными, горных пород, хотя они и содержат в себе рудные и нерудные элементы.

Все это чревато назревающими экономическими и социальными потрясениями, требующими создания более справедливых общественно-политических взаимоотношений, основы которых заложены созданием и развитием социалистической системы. Более столетия назад Дж. П. Мэрш подчеркивал, что средства, потраченные на один год войны, обеспечили бы почти в каждой стране улучшение использования природных условий и ресурсов, которое можно охарактеризовать как новое творение [147]. В современный ядерный век это высказывание приобретает особую остроту.

Мы сознаем, что живем в переходный период об-

щественного развития, когда на нашей планете сосуществуют разные социальные системы. «Советский Союз готов углублять отношения взаимовыгодного сотрудничества во всех областях с государствами, которые со своей стороны стремятся к этому. Наша страна готова участвовать совместно с другими заинтересованными государствами в решении таких проблем, как сохранение природной среды, освоение энергетических и других природных ресурсов...»*. Проблемы разумного освоения поверхности и недр литосферы — общечеловеческие проблемы. И они должны решаться в конечном итоге в общемировом масштабе.

Основоположники нового общественного строя понимали необходимость своевременного учета назревающих в будущем событий. «Возникла геология и обнаружила не только наличие образовавшихся друг после друга и расположенных друг над другом геологических слоев, но и сохранившиеся в этих слоях раковины и скелеты вымерших животных, стволы, листья и плоды не существующих больше растений. Надо было решиться признать, что историю во времени имеет не только Земля, взятая в общем и целом, но и ее теперешняя поверхность и живущие на ней растения и животные»**. Поэтому необходимо «уметь учитывать также и более отдаленные естественные последствия, по крайней мере, наиболее обычных из наших действий в области производства и тем самым господствовать над ними***».

Руководствуясь реальным пониманием сущности взаимоотношений человека с природой, страны социализма претворяют в жизнь предвидения создателей научного коммунизма. Советское правительство в последнее время приняло «Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик», «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик», постановление «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному

* Брежнев Л. И. Отчетный доклад ЦК КПСС XXIV съезду Коммунистической партии Советского Союза. М., Политиздат, 1971, с. 37.

** Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 348.

*** Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 436.

использованию природных ресурсов» (сентябрь 1972 г.), «Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах» (июль, 1975 г.).

Государственный комитет Совета Министров СССР по науке и технике, Академия наук СССР, Госплан СССР и другие научные организации разрабатывают комплексный прогноз по проблеме «Человек и биосфера», в том числе по вопросам, относящимся к освоению ресурсов недр страны и поверхности литосферы. Начиная с 1974 г. все промышленные отрасли включают в свои перспективные и годовые планы практические мероприятия по рациональному использованию естественных богатств и их охране.

Выявление и объяснение новых, подчас нежелательных, процессов, возникающих в сложной системе взаимодействия человека с литосферой, — первый этап. Когда они становятся понятными, наступает этап активного регулирования наших взаимоотношений с природой с целью устранения возникающих диспропорций. Мы всегда должны помнить, что «...ноосфера — биосфера (в понимании В. А. Вернадского. — Э. Н.), переработанная научной мыслью, подготавливаемая шедшим сотни миллионов, может быть миллиарды лет, процессом, создавшим *Homo Sapiens Faber*, — не есть кратковременное и преходящее геологическое явление» [19].

Рачительное отношение к естественным ресурсам — общенародное дело. Это залог нашего будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреасян Р. Сырьевой кризис и «третий мир». — «Известия», 1974, 29 августа.
2. Аренс В. Ж. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых. М., «Недра», 1975. 264 с.
3. Арманд Д. Л. Нам и внукам. Изд. 2-е, доп. М., «Мысль», 1966. 254 с.
4. Бажин Н. Проблемы горной геомеханики. — «Кузбасс», 1968, 5 января.
5. Байков У. М., Ефорова Л. В. Использование сточных вод в системе заводнений пластов. М., «Недра», 1968. 88 с.
6. Бахуров В. Г., Вечеркин С. Г., Луценко И. К. Подземное выщелачивание урановых руд. М., Атомиздат, 1969. 152 с.
7. Бахуров В. Г., Руднева И. К. Химическая добыча полезных ископаемых. М., «Недра», 1972. 136 с.
8. Берегите землю. Сборник. М., «Знание», 1971. 80 с. Авт.: А. И. Бараев, В. И. Румянцев, Е. С. Павловский и др.
9. Бетон ... без цемента. — «Правда», 1974, 26 апреля.
10. Благосклонов К. Н., Ипоземцев А. А., Тихомиров В. Н. Охрана природы. М., «Высшая школа», 1967. 442 с.
11. Богатства недр — достояние народа. — «Правда», 1975, 12 июля.
12. Богатырев А., Родионов П. Старым горнорудным районам — долгую жизнь. — «Эконом. газета», 1966, 3 января.
13. Будущее науки. Отв. ред. Е. Б. Этингф. М., «Знание», 1966. 230 с.
14. Буевский Н. М., Зорин Л. Ф. Рекультивация земель, нарушенных горными работами. Донецк, «Донбасс», 1969. 222 с.
15. Бумеранг экономики «свободного предпринимательства». — «За рубежом», 1973, № 34, с. 12—13.

16. Буюлов Н. И. В. И. Ленин и развитие нефтяной промышленности СССР. — «Сов. геология», 1969, № 8, с. 3—13.
17. Быховер Н. А. Экономика минерального сырья. М., «Недра», 1971. 192 с.
18. Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии. Вып. 2. О коренном материально-энергетическом отличии живых и косных естественных тел. М.—Л., изд. АН СССР, 1939. 33 с.
19. Вернадский В. И. Эволюция биосферы. — «Наука и жизнь», 1974, № 3, с. 40—43.
20. Виноградов А. П. Технический прогресс и защита биосферы. — «Наука и жизнь», 1973, № 10, с. 4—9.
21. Воздух стал чище. — «Известия», 1975, 21 января.
22. Вопросы географии городов. Волгоград, изд. Волгоградск. пед. ин-та им. А. С. Серафимовича, 1967. 180 с. Авт.: А. С. Крюков, К. И. Фаткин, А. Г. Журкина и др.
23. Восстановление земель после промышленных работ. М., «Колос», 1967. 143 с. Авт.: Л. В. Моторина, В. А. Овчинников, В. Н. Чекалина и др.
24. Встают новые города. — «Правда», 1972, 24 марта.
25. «Газовые подземелья» Москвы. — «Наука и жизнь», 1966, № 3, с. 13.
26. Гармонов И. В., Коноплянцев А. А., Котлов Ф. В. Оседания земной поверхности в связи с интенсивной откачкой подземных вод, эксплуатацией месторождений нефти и газа. Некоторые вопросы теории прогноза оседания М., ОНТИ ВИЭМС, 1965. 61 с. (Обзор по отдельным проблемам. Вып. 17).
27. Гельмгольц Г. Популярные речи. Т. 1. СПб, 1898. 145 с.
28. Географические аспекты урбанизации. М., «Знание», 1971. 80 с. Авт.: И. П. Герасимов, В. И. Козлов, Г. М. Лаппо и др.
29. Геологический словарь. Отв. ред. акад. К. Н. Паффенгольц. М., «Недра», 1973. т. 1, 486 с.; т. 2, 456 с.
30. Головков Б. Ю., Новиков Э. А. Калийной промышленности СССР — 40 лет. Пермь, изд. Уралкалий, 1974. 9 с.
31. Гольц С. И. Об антропогенных тектонических движениях в Москве и Подмосковье. — «Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол.», 1971, т. 46, вып. 1, с. 148.
32. Гофман К. Г. Экономическая эффективность выбросов вещества в окружающую среду. — «Изв. АН СССР. Сер. экон.», 1973, № 6, с. 5—16.
33. Деятельность человека и смещение земной коры. — «Наука и жизнь», 1967, № 11, с. 31.

34. Директивы XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 годы. — «Правда», 1971, 7 апреля.

35. Дмитриев Ф. Д. Крушение инженерных сооружений. Ист.-техн. очерки. М., Госстройиздат, 1953. 188 с.

36. Дорст Ж. До того как умрет природа. Пер. с франц. М., «Прогресс», 1968. 415 с.

37. Дрейер О. К. Развивающиеся страны и экономические проблемы. — «Народы Азии и Африки», 1974, № 5, 26—37.

38. Евладов Б. Ключи к богатствам Хибин. — «Правда», 1974, 9 апреля.

39. Живаго Н. В., Пиотровский В. В. Геоморфология с основами геологии. М., «Недра», 1971. 288 с.

40. Заугольников С. Д., Кочанов М. М. Охрана биосферы от вредных химических веществ. — «Природа», 1970, № 8, с. 24—27.

41. Земная кора и деятельность человека. — «Труды ВСЕГИНГЕО», 1967, № 74, вып. 4. 46 с.

42. Ивахнов А. Плотины строят поток. — «Известия», 1973, 27 декабря.

43. Инженерно-геологические процессы и явления, их значение для строительства. Отв. ред. Ф. В. Котлов. М., Госстройиздат, 1963. 156 с.

44. Использование и охрана природных ресурсов. Пер. с англ. Под ред. акад. И. П. Герасимова. М., «Прогресс», 1972. 296 с.

45. Каштанов С. Г. Формирование антропогенных отложений и изменение рельефа на территории Казани в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. — «Учен. зап. Казанск. ун-та», 1967, т. 126, кн. 2, с. 148—174.

46. Кедров Б. М. Естествознание и современная научно-техническая революция. — «Природа», 1966, № 5, с. 2—10.

47. Киселев И. Каким быть автомобилю? — «Известия», 1974, 7 декабря.

48. Колбасин А. А. Рекультивация земель и некоторые вопросы экономики. Днепропетровск, изд. Днепропетровск. сельскохозяйств. ин-та, 1972. 210 с.

49. Коломенский Н. В. О сфере воздействия сооружений на горные породы. — «Разведка и охрана недр», 1967, № 6, с. 38—40.

50. Котлов Ф. В. Изменения природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М., изд-во АН СССР, 1962. 263 с.

51. Котлов Ф. В., Брашнина И. А., Сипягина И. К. Город и геологические процессы. М., «Наука», 1967. 226 с.
52. Кравченко О. П., Мазуров А. А. Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами. М., Цветметинформация, 1973. 72 с.
53. Ларионов А. К. Занимательная инженерная геология. М., «Высшая школа», 1961. 236 с.
54. Леггет Р. Ф. Человек как геологический агент. — «Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол.», 1969, т. 44, вып. 1, с. 56—64.
55. Лемке К. Использование отходов каменноугольной промышленности США. — «Глюкауф», 1970, № 22, с. 36—37.
56. Ленёкова А. Оскальпированная Земля. М., «Прогресс», 1971. 288 с.
57. Логвинов В. Золотые отходы. — «Правда», 1974, 10 декабря.
58. Логинов В. П. Экономические проблемы технического прогресса в добыче минерального сырья. М., «Наука», 1971. 223 с.
59. Лукашев К. И. Кладовая планеты. М., «Знание», 1974. 137 с.
60. Львович М. И. Водные ресурсы будущего. М., «Просвещение», 1969. 176 с.
61. Любимов И. М. Полезные ископаемые СССР. М., «Просвещение», 1966. 256 с.
62. Мельников Н. В. Бережное отношение к земным недрам. — «Наука и жизнь», 1973, № 3, с. 56—58.
63. Мельников Н. В. Загадки извечной начинки Земли. — «Техника — молодежи», 1967, № 10, с. 26—27.
64. Мельников Н. В. Минеральные богатства СССР. — «Наука и жизнь», 1973, № 1, с. 12—13.
65. Мельников Н. В. Попутные, но не бросовые. — «Правда», 1971, 24 марта.
66. Мельников Н. В. Рациональное использование минеральных ресурсов. — «Горн. журнал», 1973, № 1, с. 3—7.
67. Милин С. Бесшумная смерть. — «Вокруг света», 1970, № 10, с. 73.
68. Моторина Л. В., Забелина Н. М. Рекультивация земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью. М., 1968. 89 с. (М-во сельск. хоз-ва СССР).
69. Найфельд Л. Р., Тарасов Н. А. Освоение неудобных земель под городскую застройку. М., Стройиздат, 1968. 223 с.
70. Народное хозяйство СССР в 1967 г. Статистический ежегодник. М., «Статистика», 1968. 1008 с.

71. Не в отвалы, а в дело. — «Правда», 1970, 21 января. Авт.: А. Волженский, А. Юровский, В. Гребенкин и др.
72. Нехорошев Ю. П., Коротков М. В. Выемка угля под магистральными железными дорогами. М., «Недра», 1968. 96 с.
73. Новиков Э. А. Планета загадок. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л., «Недра», 1974. 192 с.
74. Овчинников В. А. Восстановление поверхности при бестранспортных системах. Тула, Приокское книжное изд-во, 1967. 72 с.
75. Одинцов М., Рябенко В. Бережь сокровища. — «Известия», 1968, 27 января.
76. Олдак П. Г. О программе рационального природопользования. — «Экономика и организация пром. производства», 1974, № 2, с. 78—90.
77. Орнатский Н. В. Механика грунтов. М., Изд-во Моск. ун-та, 1962. 447 с.
78. Основные вопросы восстановления нарушенных территорий при открытой разработке угольных месторождений Урала и Кузбасса. Челябинск, изд. науч.-исслед. и проектно-констр. ин-та по добыче полезн. ископ. открытым способом, 1969. 110 с. Авт.: Ю. И. Денисов, А. П. Красавин, Ю. И. Шауфлер и др.
79. Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах. — «Известия», 1975, 10 июля.
80. Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик (1968). М., Юрид. лит., 1969. 35 с.
81. Основы советского градостроительства. Т. 3. М., Стройиздат, 1967. 194 с. Авт.: Н. Баранов, В. Шквариков, Н. Абрамов и др.
82. Отвалообразование на карьерах КМА. — «Труды НИИКМА им. Л. Д. Шевякова». 1969, вып. 8. 128 с.
83. Охрана подземных вод Украинской ССР от загрязнения и истощения. Киев, «Наукова думка», 1970. Вып. 1—5. (Матлы I Респ. науч.-техн. совещания).
84. Парсон Р. Природа предъявляет счет. (Охрана природных ресурсов в США). Пер. с англ. М., «Прогресс», 1969. 568 с.
85. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М., «Высшая школа», 1966. 390 с.
86. Песков В. Осень в Спокane. — «Комсомольская правда», 1974, 30 октября.
87. Петров Б. После сотворения моря. — «Известия», 1975, 21 января.

88. Печерин А. И. Еще о пляжах Черноморья. — «Правда», 1969, № 7, с. 121—122.

89. Поляк А. Важный фактор интенсификации производства. — «Вопр. экономики», 1971, № 1, с. 26—36.

90. Постнов В., Акбулатов Т. Щедрость поневоле. — «Правда», 1971, 7 февраля.

91. Потемкин Л. А. В. И. Ленин и развитие минерально-сырьевой базы страны. М., «Знание», 1969. 62 с.

92. Потемкин Л. А. Охрана недр и окружающей природы. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 1, с. 1—4.

93. Приклонский В. А. Грунтоведение. М., Госгеолиздат, 1952. 372 с.

94. Природные ресурсы и экономическая география СССР. М., «Знание», 1971. 64 с. Авт.: И. П. Герасимов, А. А. Минц, И. В. Комар и др.

95. Проблемы инженерной геологии. М., Изд-во Моск. ун-та, 1970. 448 с.

96. Рекультивация в Сибири и на Урале. Под ред. Р. В. Ковалева, С. С. Трофимова. Новосибирск, «Наука», 1970. 132 с.

97. Рекультивация земель, нарушенных горными работами. Киев. изд. Укр. НИИНТИ, 1968. 40 с. Авт.: Н. М. Коломийцев, Н. М. Бувеский, Л. Ф. Зорин и др.

98. Ресурсы биосферы на территории СССР. Под редак. И. П. Герасимова. М., «Наука», 1971. 296 с.

99. Роль водохранилищ в изменении природных условий. М., «Знание», 1968. 192 с. Авт.: С. Л. Вендров, А. Б. Авакян, К. Н. Дьяконов и др.

100. Ростовцев М. И., Рунова Т. Г. Добывающая промышленность СССР. М., «Мысль», 1972. 184 с.

101. Своеобразный рельеф на месте горных выработок. — «Природа», 1963, № 10, с. 103—104. Авт. Г. В. Чарушин, Ф. С. Хабибулина, В. П. Сперанский и др.

102. Семенов Н. Об энергетике будущего. — «Наука и жизнь», 1972, № 10, с. 16—23; № 11, с. 25—32.

103. Сидоренко А. В. Проблема комплексного использования минерального сырья. — «Вест. АН СССР», 1961, № 2, с. 16—21.

104. Сидоренко А. В. Человек, техника, земля. М., «Недра», 1967. 67 с.

105. Синцов В. Шлак становится удобрением. — «Известия», 1974, 3 сентября.

106. Сипягина И. К. Геологические процессы и явления на территории Ленинграда, вызванные деятельностью человека. —

В кн.: Инж.-геол. процессы и явления, их значение для строительства. М., Госстройиздат, 1963, с. 27—34.

107. Сквалецкий Е. Н. Просадочные явления в районах ирригационного строительства Таджикистана. — В кн.: Гидрогеология и инж. геология аридной зоны СССР, Вып. 10. ч. 1. Ташкент, «Фан», 1969, с. 217—227.

108. Снобкова А. И. Динамические факторы оседания территории г. Москвы. Мат-лы к науч.-техн. конференции ПНИИС. М., 1965, ротапринт.

109. Современные конструктивно-географические проблемы больших городов. — «Изв. АН СССР. Сер. географ.», 1974, № 1, с. 5—17. Авт.: И. П. Герасимов, Г. М. Лаппо, С. В. Басс и др.

110. СССР в цифрах в 1974 году. М., «Статистика», 1975. 224 с.

111. Сыродоев Н. А. Правовой режим недр. М., «Юрид. лит-ра», 1969. 168 с.

112. Татаринов П. М. Развитие учения о месторождениях неметаллических полезных ископаемых в СССР за 50 лет. — «Геология рудн. м-ний», 1967, № 5, с. 20—34.

113. Терновская В. Т., Артюшков Е. В., Славянов В. Н. Палеогеоморфологический метод прогноза деформаций горных пород. М., «Наука», 1966. 114 с.

114. Терцаги К. Теория механики грунтов. Пер. с нем. М., Госстройиздат, 1961. 507 с.

115. Терцаги К., Пек Р. Механика грунтов в инженерной практике. Пер. с англ., М., Госстройиздат, 1958. 608 с.

116. Техничко-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр. М., «Недра», 1974. 312 с. Авт.: М. И. Агошков, В. И. Никаноров, Е. И. Панфилов и др.

117. Тихонов Н. А. О мерах по дальнейшему усилению охраны недр и улучшению использования полезных ископаемых и о проекте Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах. — «Правда», 1975, 9 июля.

118. Тормоз прогресса. — «За рубежом», 1974, № 20 (725), с. 10—11.

119. Трубе Л. Л., Хорев Б. С. Новые города на карте Родины. М., «Знание», 1970. 48 с.

120. Трусков Ю. П. Понятие о ноосфере. — В кн.: Природа и общество. М., «Наука», 1968, с. 28—47.

121. Федоров Е. К. Взаимодействие общества и природы. Л., Гидрометеониздат, 1972. 88 с.

122. Федоров Е. К., Новик И. Б. Проблема взаимо-

действия человека с природной средой. — «Вопр. философии», 1972, № 12, с. 46—58.

123. Федоровский Е. Закон сохранения материи. — «Неделя», 1974, № 44, с. 6—7.

124. Ферсман А. Е. Геохимия. Т. II. М., 1934. 354 с.

125. Хазанов М. И. Искусственные грунты, их образование и свойства. М., «Наука», 1975. 136 с.

126. Харитонычев А. Т. Роль хозяйственной деятельности человека в изменении ландшафтов Горьковского правобережья. Горький, 1960. 150 с. (Горьковск. гос. пед. ин-т им. А. М. Горького).

127. Хейердал Т. Уязвимое море. Пер. с норвежск. Л., Гидрометеиздат, 1973. 16 с.

128. Хруслова Т. Н., Марьина В. В. Шахтные воды Донецкой области и возможности их использования для орошения. — «Гидротехника и мелиорация», 1970, № 6, с. 92—94.

129. Худайбергенов А. М. Антропогенные типы грунтов на территории Ташкента. — «Узб. геол. журнал», 1963, № 2, с. 53—57.

130. Хэммонд Р. Аварии зданий и сооружений. Причины и уроки аварий современных сооружений различных типов. Пер. с англ. М., Госстройиздат, 1960. 188 с.

131. Цытович Н. А. Механика грунтов. Изд. 4-е. М., Госстройиздат, 1963. 636 с.

132. Шебек Ф. Вариации на тему одной планеты. Будапешт, «Корвина», 1972. 271 с.

133. Щеглов А. Д. Искать там, где все найдено. — «Наука и жизнь», 1974, № 4, с. 113—114.

134. Щербо А. П. Гигиенические аспекты получения и реализации продукции мусороперерабатывающего предприятия. — «Тр. Ленингр. сан.-гигиен. мед. ин-та», 1974, т. 105, с. 149—152.

135. Эрнфельд Д. Природа и люди. Пер. с англ. М., «Мир», 1973. 254 с.

136. Юрников Б. Океанская сокровищница. — «Известия», 1974, 21 ноября.

137. Яуман А. Снабжение сырьем и окружающая среда. — «Глобауф», 1972, № 25, с. 62—68.

138. Bauer L., Weinitschke H. Landschaftspflege und Naturschutz, 2 Aufl. Yena, VEB Gustav Fischer Verlag, 1967. 302 S.

139. Detwyler T. R. Man's impact on environment. New York, Mc-Graw Hill Book Co., 1971. 731 p.

140. Evans D. M. The Denver area earthquakes and the Rocky Mountain Arsenal disposal well. — «Mountain Geologist», 1966, № 3, p. 37—42.

141. Forrester Y. W. Industrial dynamics. 3^d print. Cambridge, Mass., MYT Press., 1964. 464 p.

142. Franke H. G. Zu Fragen der Wiederurbarmachung im Erz- und Steinkohlenbergbau der DDR. — «Bergakademie», 1969, № 1, S. 48—50.

143. Harris F. R., Eugene H. Harlow. Subsidence of the Terminal Island-Long Beach area, California. — «Trans. Amer. Soc. Civil Engineers.», 1948, vol. 113, № 2338, p. 375—396.

144. Kasper W. L. Power from trash. — «Environment», 1974, vol. 16, № 2, p. 34—38.

145. Kluge Ch. Die Anwendung des Koyne-Verfahrens zur Wiederurbarmachung der Abraumförderbückenkippe des Tagebaus Kleinleipisch des VEB KK Lauchhammer. — «Bergbautechnik», 1970, № 7, S. 360—363.

146. Macau V. F. El fundamento del Suelo en la ciudad de Mexico y su repercucion en los sistemas desimentacion. — «Rev. obras publicas», 1957, vol. 105, № 9, p. 473—484.

147. Marsh G. P. Man and nature. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1965. 473 p.

148. Marsden S. S., Davis S. N. Geological subsidence. — «Sci. Amer.», 1967, vol. 216, № 6, p. 93—104.

149. Poland I. F., Davis G. H. Subsidence of the land surface in the Tulare-Wasco (Delano) and Los Banos-Kettleman city area. San Yoaquin Valley, California. — «Trans. Amer. Geophys. Union», 1956, vol. 37, № 3, p. 287—296.

150. Smith G. H. Conservation of natural resources, 3rd ed., The Ohio State University, 1956. 553 p.

151. Stearn E. W. Environmental geology — a science and a point of view. — «Rock Prod.», 1970, vol. 73, № 6, p. 69—71.

152. The limits to growth. New York, Universe Book, 1972 D. H. Meadows, D. L. Meadows, Y. Randers, e. a.

153. Till L. Aspekte des Sauerstoffes und Energie — bedarfs der Erde. Teil II. — «Wissenschaft und Fortschritt», 1971, № 9, S. 404—407.

154. «Tisting world.», Winter 1969—1970, № 23, p. 10—11.

155. Wilson G., Grace H. The settlement of London due to underdrainage of the London. — «Clay Inst. of Civil Engineers», 1942—1943, № 2, Paper № 5294, p. 100—127.

156. Winslow A. G., Doyel W. W. Land-surface subsidence and its relation to the withdrawal of ground water in the Houston-Galveston region, Texas. — «Econ. Geol.», 1954, vol. 49, p. 413—422.

157. Zimmermann E. W. Conservation in the production of petroleum. New Haven, Conn., Yale University Press, 1957, 417 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
ЧАСТЬ I	
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА — ПОТРЕБИТЕЛЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ	7
Глава 1. Минеральные ресурсы и научно-технический прогресс	8
Главные особенности и циклы использования минеральных ресурсов	12
Минеральные ресурсы — основной фактор экономического развития	24
Глава 2. Обеспеченность минеральными ресурсами	30
Главные группы и взаимосвязь минеральных ресурсов	32
Основные виды полезных ископаемых, их добыча и запасы	39
Глава 3. Главные принципы охраны минеральных ресурсов	51
Использование первичных ресурсов	55
Использование вторичных ресурсов	64
ЧАСТЬ II	
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА КАК ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР	75
Глава 4. Изменения в строении земной коры	76
Влияние инженерно-строительной деятельности	77
Влияние горнотехнической деятельности	82
Совместное влияние инженерно-строительной и горнотехнической деятельности	87
Глава 5. Изменения в составе земной коры	97
Целенаправленные изменения	—
Стихийные изменения	106
Новые типы земных образований	110

Глава 6. Изменения на поверхности земной коры . . .	115
Влияние инженерно-строительной деятельности . . .	116
Влияние горнотехнической деятельности . . .	121
Влияние сельскохозяйственной деятельности . . .	127
Глава 7. Восстановление поверхности земной коры . . .	130
Горнотехническая рекультивация	135
Биологическая рекультивация	137
Результативность рекультивации	139
Заключение	143
Список литературы	148

Энергий Алексеевич Новиков

ЧЕЛОВЕК И ЛИТОСФЕРА

Редактор издательства Б. П. Пустынцев.

Обложка художника Б. Н. Осенчакова.

Технический редактор А. Б. Ящуржинская.

Корректор М. И. Витис.

Сдано в набор 8/XII 1975 г. Подписано в печать 10/V 1976 г.
Т-09251. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Печ. л. 5.
Усл. п. л. 8,4. Уч.-изд. л. 7,99. Тираж 45 000 экз.
Заказ № 464/355. Цена 24 коп.

Издательство «Недра». Ленинградское отделение.
193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 12.

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
600610, г. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

24 коп.

1801

НЕДРА

