

НЕТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

курсом
ускорения
научно—
технического
прогресса

НЕДРА

5103

НЕТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**курсом
ускорения
научно-
технического
прогресса**

Серия
основана в 1985 году



МОСКВА
"НЕДРА"
1988



ББК 26.325

Н 57

УДК 553.04:62.001.7

Авторы: *А. А. Арбатов*, д-р экон. наук, *А. С. Астахов*, д-р экон. наук, *Н. П. Лаверов*, акад. АН СССР, *М. В. Толкачев*, д-р экон. наук

Рецензент д-р геол.-минер. наук *В. П. Федорчук*

**Нетрадиционные ресурсы минерального сырья/ А. А. Ар-
Н 57 батов, А. С. Астахов, Н. П. Лаверов, М. В. Толкачев. — М.:
Недра, 1988. — 253 с.: ил. (Курсом ускорения научно-техни-
ческого прогресса)**

ISBN 5—247—00184—2

Предложены основы классификации нетрадиционных видов минерального сырья; дано их описание. Показана роль нетрадиционных ресурсов в сырьевом обеспечении. Рассмотрены особенности экономической оценки проявлений нетрадиционного сырья, сделан прогноз развития сырьевой базы, даны рекомендации по использованию минеральных ресурсов.

Для инженерно-технических работников геологоразведочных, горнодобывающих предприятий и научно-исследовательских институтов.

Н $\frac{1904050000-266}{043(01)-88}$ 108—88

ББК 26.325

ISBN 5—247—00184—2

© Издательство «Недра», 1988

Добыча полезных ископаемых развивается высокими темпами. За последние десять лет она практически удвоилась. Это вызывает истощение целого ряда месторождений, расположенных в освоенных районах, залегающих в благоприятных горно-геологических, климатических и транспортных условиях, и заставляет все чаще задумываться над проблемой долгосрочной обеспеченности минеральным сырьем.

По мере совершенствования знаний о геологическом строении Земли, под воздействием достижений научно-технического прогресса ежегодно неуклонно увеличиваются не только абсолютное число вовлекаемых в производство полезных ископаемых, но и их ассортимент. На объективный характер этого процесса обращал внимание В. И. Ленин, который писал: «Не только открытые уже источники сырья имеют значение для финансового капитала, но и возможные источники, ибо техника с невероятной быстротой развивается в наши дни, и земли, непригодные сегодня, могут быть сделаны завтра пригодными, если будут найдены новые приемы, ...если будут произведены большие затраты капитала. То же относится к разведкам относительно минеральных богатств, к новым способам обработки и утилизации тех или иных сырых материалов и пр. и т. п.»¹.

Научно-технический прогресс невиданными темпами расширяет существующие представления о минерально-сырьевых ресурсах. Началось освоение ближнего космоса, шельфа и дна Мирового океана. Поиски месторождений нефти и газа, руд цветных и благородных металлов, алмазов и других видов минерального сырья ведутся сегодня практически на всех континентах. Добыча их все шире осуществляется в экстремальных географических и климатических зонах. Все дальше в недра проникают разведчики и разработчики полезных ископаемых. Глубина карьеров при открытой добыче достигает иногда 700 м, а отдельных шахт — 4 км. Кольская сверхглубокая скважина в СССР превысила отметку 12 км. Разведочное бурение в морях и океанах проводится сквозь толщу воды в несколько километров, а промышленная добыча нефти и природного газа — при глубине моря свыше 350 м.

Рост потребностей в минеральном сырье и современный уровень развития науки и техники создали условия для рентабельного использования ресурсов, которые ранее учитывались лишь для отдаленной перспективы. С недавних пор они получили наимено-

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 27, с. 381.

вание нетрадиционных (альтернативных, необычных). К ним относятся различные виды топливно-энергетических ресурсов — тяжелая высоковязкая нефть, битуминозные породы, углеводородный газ, содержащийся в углях, растворенный в подземных водах, залегающий в газогидратной форме, геотермальные ресурсы, а также многочисленные виды твердых полезных ископаемых и минеральных вод. В их числе железомарганцевые конкреции Мирового океана (комплексное сырье для получения марганца, железа, никеля, меди, кобальта, ванадия, хрома, титана, молибдена и др.), морские конкреции фосфоритов, нефелин, некимберлитовые алмазы, оолитовые лептохлорит-гидрогетитовые железные руды западносибирского типа, ванадийсодержащие нефти, битумы с промышленными концентрациями титана, циркония и урана, оловянные и золотоносные россыпи шельфовой зоны, а также различные виды рассолов, минеральные новообразования зон глубинных разломов морского дна и многие другие.

В общем случае под нетрадиционными минеральными ресурсами авторы понимают комплекс природных, антропогенных и техногенных видов сырья, которые в современных технико-экономических и социальных условиях пока не нашли широкого применения. Несмотря на сравнительно недавнее введение термина «нетрадиционные минеральные ресурсы» в научную литературу, сам объект исследования имеет многовековую историю. Каждый новый вовлекаемый в освоение вид минерального сырья, по существу, нетрадиционен, поскольку ранее он не применялся и для его получения необходимы новые технологии или значительное преобразование существующих методик и техники.

В последнее время усилился практический и теоретический интерес к нетрадиционным минеральным ресурсам. Это объясняется тем, что длительный период добыча и использование полезных ископаемых велись ускоренными темпами, в результате чего в региональном, а иногда и в глобальном масштабе отдельные традиционные виды минерального сырья истощались и возникала потребность в поиске новых источников необходимых химических элементов и соединений. Таким образом, освоение нетрадиционных ресурсов минерального сырья — неотъемлемая часть общего процесса развития производительных сил общества, и оно требует своего осмысления и теоретического обобщения.

Ресурсная доля нетрадиционной составляющей минерально-сырьевой базы СССР и мира в целом весьма значительна. По отдельным видам полезных ископаемых она соизмерима с традиционной, а по некоторым из них — превышает ее. Например, мировые нетрадиционные ресурсы жидкого углеводородного сырья, заключенные в сланцах и битуминозных породах, в несколько раз больше ресурсов традиционной нефти. Ресурсы газовых гидратов мира превышают потенциальные ресурсы свободного природного газа. Количество меди в железомарганцевых конкрециях Мирово-

го океана соизмеримо с прогнозными ресурсами этого металла капиталистических и развивающихся стран.

Во многих случаях линия раздела между традиционными и нетрадиционными источниками минерального сырья весьма условна. В их классификационных признаках находят отражение как объективные их различия, так и сложившиеся на определенном историческом этапе развития экономики, науки и техники субъективные представления о методах геологоразведочных работ, добычи и извлечения полезных ископаемых. Новые подходы к проблеме обеспеченности минеральным сырьем нашли отражение в программах развития народного хозяйства нашей страны. В Энергетической программе СССР [39] наряду с требованиями повышения нефте- и газоотдачи пластов, полного и рационального использования попутного нефтяного газа, комплексного использования природного газового сырья (раздельного извлечения гелия, серы, этана, углекислого газа и других компонентов) впервые крупномасштабно поставлена задача определения перспектив освоения нетрадиционных источников жидких и газообразных углеводородов. Намечено шире использовать нетрадиционные возобновляемые источники энергии (солнечную, геотермальную, ветровую, приливную, энергию биомассы), за счет которых уже в 1990 г. необходимо сэкономить 20—40 млн т топлива (условного).

Реализация Продовольственной программы СССР также требует нового подхода в выявлении и использовании прежде всего местных нетрадиционных видов минеральных агроресурсов [48].

Разработка теоретических и практических вопросов геологии и экономики нетрадиционных видов минерального сырья — важное направление комплексных геолого-экономических исследований, нацеленных на создание эффективной сырьевой базы народного хозяйства. Оно базируется на трудах советских и зарубежных ученых, посвященных различным аспектам учения о полезных ископаемых, комплексным проблемам освоения недр, экономике природопользования и минерального сырья.

Потребность в исследовании геолого-экономических особенностей нетрадиционных минеральных ресурсов закономерно проявляется в настоящее время и в связи с активным внедрением в практику долгосрочного перспективного планирования.

Предлагаемая книга является попыткой комплексного обобщения разрабатываемых теоретических вопросов и практических результатов в области геологии и экономики нетрадиционных видов минерального сырья. Она не претендует на исчерпывающее изложение всех вопросов данной темы. Внимание концентрируется на наиболее важных с точки зрения авторов геолого-экономических особенностях освоения нетрадиционных источников минерального сырья.

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ В ЭКОНОМИКЕ СССР И ДРУГИХ СТРАН МИРА

Минеральные ресурсы представляют собой ограниченный и невозобновимый источник энергии, а также разнообразных материалов и веществ. Рост промышленного производства на всех континентах сопровождается постоянным ростом добычи и переработки огромных количеств минерального сырья. К настоящему времени в сферу промышленного использования вовлечена преобладающая часть традиционных видов полезных ископаемых, обнаруженных в верхних горизонтах земной коры. Деятельность по разведке, добыче и переработке сырья во многих странах существенно влияет на общую структуру экономики, определяет распределение капитальных вложений, концентрацию основных производственных мощностей, характер регионального развития и занятости населения. Разработка минерального сырья требует крупных затрат не только в добывающих, но и в сопряженных с ними отраслях народного хозяйства. Поэтому рационализация и интенсификация добычи, а также использования природных ресурсов топлива и сырья имеют большое значение для повышения эффективности всего общественного производства [52, 54]. Для понимания роли нетрадиционных видов минеральных ресурсов в этом процессе необходимо рассмотреть минерально-сырьевую сферу как неотъемлемую составную часть экономики отдельной страны и всего мирового хозяйства.

1. ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Минеральные ресурсы — это сложный природный продукт, играющий важную роль в технико-экономическом и социальном развитии общества. Значение минеральных ресурсов как объективной природной субстанции, с одной стороны, и как одного из важнейших факторов общественного развития, фокусирующего на себе различные технические, экономические, политические, экологические и социальные проблемы, с другой стороны, обусловило их специфичность, характеризующуюся целым рядом особенностей. Важнейшими из них являются ограниченность минеральных ресурсов и возможность их истощения.

Вопрос о насущных и будущих источниках минерального сырья и энергии при всем разнообразии и неоднородности экологических проблем, глобальных прогнозов, перспектив и реальных решений наших дней — один из важнейших, сложнейших и, вероятнее всего, основополагающих. Рассмотрение его в рамках нашего сложно

построенного мира имеет не только практическое значение; оно позволяет проанализировать один из аспектов философских представлений, связанных с проблемой познаваемости мира.

Эволюционно-финитивные концепции, согласно которым развитие общественного производства должно якобы непременно привести человечество к состоянию дефицита природных ресурсов, основываются на представлениях об эволюционном «старении» Земли. От Демокрита и Лукреция до И. Канта, на протяжении огромного исторического периода прослеживаются выводы о том, что процесс старения Земли с физической точки зрения так же закономерен и естествен, как рождение и смерть всего живого.

Лукрециевский тезис о возрастании «бесплодия матери-земли», развитый В. Круксом, в синтезе с представлениями Т. Р. Мальтуса и его последователей закрепили в философии пессимистические тенденции. Позднее они значительно усилились и привели к формированию различных направлений философского идеализма, отрицающих закономерный характер природных явлений и процессов, показывающих невозможность познания, а значит, и использования в целях человечества объективных законов развития природы.

В настоящее время в трудах ряда зарубежных философов отмечается определенная тенденция превращения мальтузианства в составной элемент современных буржуазных эколого-футурологических концепций: теории «пределов роста», «органичного роста» и др.

В концепции народонаселения Т. Мальтуса важную роль играл так называемый «закон убывающего плодородия почвы», сформулированный впервые Р. Андерсеном. Сейчас трудно установить, кто первым высказал мысль о действии аналогичного по тенденции «закона убывающих запасов минерально-сырьевых ресурсов природы», но можно отметить большое сходство в позициях сторонников и противников этих «законов». В. И. Ленин, критикуя сторонников «закона» убывающего плодородия почвы (С. И. Булгаков и др.), подчеркивал, что этот закон «до некоторой степени... применим в том смысле, что неизменное состояние техники ставит очень узкие сравнительно пределы добавочным вложениям труда и капитала. Вместо универсального закона мы получаем, следовательно, в высшей степени относительный „закон“, — настолько относительный, что ни о каком „законе“ и даже ни о какой кардинальной особенности земледелия не может быть и речи»¹.

В этом же смысле о «законе убывающих минерально-сырьевых ресурсов природы» можно говорить лишь для условий неизменного уровня техники и фиксированного состояния общественных отношений.

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 5, с. 101—102.

Таким образом, борьба В. И. Ленина против абстрактного, внеисторического подхода, против перенесения общих биологических понятий в область общественных наук показала, как надо подходить к анализу явлений и тенденций развития нашего сложного мира.

Концепция относительной неисчерпаемости минерально-сырьевых ресурсов выступает как закономерное развитие идей К. Маркса, Ф. Энгельса и В. И. Ленина о бесконечности познания природы. Она опирается на ленинские представления о неисчерпаемости материи, а в методическом плане — на критику В. И. Лениным сторонников «закона убывающего плодородия». Практической базой позитивного развития процесса использования природных ресурсов служат достижения научно-технической революции, сознание того, что человечество вслед за Землей освоит другие планеты и миры Вселенной.

Абсолютная ограниченность минеральных ресурсов обусловлена ограниченными размерами нашей планеты и в первую очередь земной коры. Однако когда говорят об исчерпаемости минеральных ресурсов, прежде всего имеют в виду ограниченность запасов полезных ископаемых, использование которых рентабельно в настоящее время при существующем уровне развития техники и технологии.

На современном этапе развития науки и техники минимальное содержание полезного компонента (химического элемента или соединения) в добываемой руде, как правило, во много раз превышает их среднюю концентрацию в породах литосферы. В зависимости от вида полезных ископаемых эта величина изменяется от 2,2—3,4 (для алюминия и железа) до 4100—11 110 (для вольфрама и ртути). Земная кора содержит значительные ресурсы многих химических элементов. В связи с этим сторонники точки зрения о практической неисчерпаемости минеральных ресурсов полагают, что когда будут отработаны месторождения с самыми низкими концентрациями, тенденция к переходу на которые прослеживается уже сейчас, человечество, овладеющее к тому времени неисчерпаемыми источниками энергии, будет способно перейти к извлечению элементов из обычных пород земной коры или из воды Мирового океана.

Говоря об абсолютной ограниченности минеральных ресурсов, можно выделить следующие типы их истощения: физический, экологический и экономический. Физическое истощение вполне реально для целого ряда полезных ископаемых — золота и серебра в коренном залегании, нефти, малахита и др. Значительно более отдалено оно для горных пород, содержащих минеральные соединения в рассеянном виде, и практически недостижимо — для отдельных химических элементов, слагающих основной объем пород литосферы.

Экологическое истощение связано со все усиливающимся влиянием горнодобывающей и перерабатывающей промышленности на окружающую среду. Здесь целесообразно учитывать принимаемые в настоящее время и необходимые в будущем меры по охране и улучшению окружающей среды. Экологические пределы истощения в результате деятельности геологоразведочной отрасли и горнодобывающей промышленности будут довольно широкими, хотя уже можно привести примеры прекращения эксплуатации месторождений по экологическим соображениям. Этот тип истощения может приобрести большие масштабы при разработке месторождений бедных руд с концентрациями полезного компонента, приближающимися к среднему его содержанию в земной коре, когда потребуются перемещение и переработка огромных масс пород.

Наиболее сложный, часто встречающийся и реально существующий тип истощения минеральных ресурсов — экономический, связанный с экономическими ограничениями. Минеральные ресурсы на протяжении всей своей истории использовались на фоне истощения отдельных месторождений и горнодобывающих районов, с одной стороны, и перехода к новым месторождениям и типам месторождений, а также к новым горнодобывающим регионам — с другой. История освоения отдельных месторождений и районов показывает, что по мере их истощения в разработку вовлекались участки и месторождения со все худшими условиями (низкая концентрация полезного ископаемого, большие глубины, более сложные горно-геологические условия). Соответственно при этом возрастали и издержки разведки и эксплуатации. Возобновлению или усилению разработки подобных объектов способствовали научно-технический прогресс или рост цен на сырье, позволяющие вовлечь в освоение новые значительные ресурсы, количество которых нередко превышало запасы, учитываемые до повышения цен или в период, предшествующий новому витку научно-технического прогресса.

В ряде случаев издержки и цена на какой-либо вид сырья могут стать столь высокими, что целесообразнее будет заменить его другим видом сырья с более низкими затратами на добычу при аналогичном характере использования. При отсутствии заменителя экономическим пределом применения ресурса будет такая его стоимость, выше которой общество не может компенсировать издержки на его производство.

Целесообразно упомянуть еще целый ряд особенностей минеральных ресурсов, играющих важную роль в процессе их освоения и использования. К ним относятся: практическая невозобновляемость большинства видов минерального сырья; неравномерное распределение повышенных концентраций полезных ископаемых по планете; изменение во времени их абсолютной и относительной ценности; качественные различия минерального состава и агрегат-

ного состояния одного и того же вида сырья на различных месторождениях; полифункциональность применения и взаимозаменяемость многих видов природного сырья; постоянное появление новых видов минеральных ресурсов и их источников.

Приведенный далеко не полный перечень особенностей минеральных ресурсов и та важная роль, которую они играют в экономике любой страны, в ее внешней политике, оказывают определяющее воздействие на формирование концепции топливно-сырьевого обеспечения, служащей основой для принятия долгосрочных крупных хозяйственных и политических решений.

Доминирующее положение собственной минерально-сырьевой базы, взаимосвязь и условность разделения традиционных и нетрадиционных ресурсов делают целесообразным предварительное рассмотрение обеспеченности экономики страны собственным сырьем и топливом.

Традиционным критерием такой обеспеченности является показатель соотношения количества тех или иных разведанных запасов с величиной их текущей или прогнозируемой годовой добычи. Основное положительное качество такого показателя, называемого специалистами «кратностью запасов», — конкретность. Он показывает то количество лет, в течение которых народное хозяйство в принципе может быть обеспечено уже установленными запасами различных видов минерального сырья. Вместе с тем такие упрощенные расчеты не учитывают целый ряд важных факторов, которые могут существенно повлиять на реальную величину обеспеченности сырьем.

Во-первых, сейчас, в эпоху технологических и экономических структурных сдвигов, уже хорошо известно, как трудно предсказать потребность на перспективу. Она может быть сильно преувеличена или приуменьшена. Для давно используемых видов сырья наиболее вероятно первое, для сравнительно новых — второе. Вместе с тем не исключается возможность роста потребления традиционных видов сырья и материалов, если в ходе научно-технического прогресса будет найден способ придания им новых свойств или выявлены новые области их применения.

Во-вторых, не учитывается разница в затратах на освоение различных месторождений одного и того же вида минерального сырья. Уже сейчас на отдельных месторождениях они отличаются в десятки раз. Между тем, именно размеры затрат могут стать решающим фактором для принятия решения об освоении того или иного месторождения. Если затраты будут выше, чем при альтернативных путях обеспечения сырьем (экономика, замена, вторичные и нетрадиционные ресурсы и т. д.), то месторождение осваиваться не будет и соответственно изменится величина обеспеченности (показатель кратности). Хотя считается, что затраты на освоение и эксплуатацию любого разведанного месторождения можно ориентировочно подсчитать, по нашему мнению, задача

эта трудноразрешима. Достаточно строгий и надежный подсчет можно сделать лишь для месторождений, осваивающихся одновременно, что никак не отвечает действительности. В случаях же последовательного ввода месторождений оценки будут несопоставимы и бесполезны, поскольку мы не будем иметь данных о типах и стоимости технологий на время строительства и отработки месторождения и в большинстве случаев будем недостаточно хорошо знать горно-геологические условия отработки. Реальные затраты устанавливаются только после отработки месторождения. В лучшем случае можно ранжировать известные на сегодня месторождения, но это не дает возможности сделать вывод, какие из них будут на время освоения находиться за пределами замыкания по затратам, ценам на сырье или потребности в нем.

В-третьих, относительный характер геологической изученности месторождения позволяет оценить запасы даже высокой категории с ошибкой $\pm 5\%$. И, наконец, количество разведанных запасов, используемое для получения показателя кратности, безусловно, нефиксированная величина. Она постоянно изменяется, и даже в том случае, когда погашение запасов на одном из месторождений превосходит их прирост, общее количество накопленных запасов может возрасти как за счет открытия новых месторождений, так и за счет их прироста в процессе эксплуатационной разведки и добычи.

Таким образом, наиболее общий показатель обеспеченности — кратность разведанных запасов — представляет собой лишь частный случай вариантов расчетов, выполненных в условиях ряда ограничений (при постоянном уровне потребностей, неизменных ценах на сырье и определенном не без погрешностей количестве разведанных запасов полезного ископаемого). Использование этого показателя возможно лишь для самых ориентировочных подсчетов оценки ситуации с тем или иным видом сырья. В целом же исследование проблемы обеспеченности должно включать рассмотрение значительно более широкого круга вопросов, отражающих значение сырья в социально-экономическом развитии.

1.1. Минеральные ресурсы и их роль в социально-экономическом развитии общества

Используемые в настоящее время природные ресурсы представляют собой взаимосвязанные составляющие лито-, гидро- и атмосферы. Материально-энергетические процессы этих оболочек биосферы неразрывно связаны с существованием и развитием человечества. Горнодобывающая промышленность, сельское хозяйство, важнейшие технологии получения материалов и продуктов питания, здравоохранение и гигиена, развитие городских и региональных систем, международная торговля и политика теснейшим образом связаны с природными ресурсами и базируются на достиже-

ниях целого комплекса фундаментальных и прикладных наук естественного, технического и гуманитарного направлений. В современных условиях усложняющихся взаимодействий природы и общества в целях рационального природопользования необходим синтез всех этих областей человеческой деятельности и научных дисциплин, исходящий из концепции единства и взаимосвязи природы и общества.

В определенном смысле природные ресурсы — понятие историческое, зависящее как от научно-технического, так и от экономического потенциала общества. Чем этот потенциал выше, тем шире ассортимент используемых природных ресурсов.

Минеральные ресурсы — неотъемлемая часть других природных ресурсов, но среди них они занимают особое положение. Именно их широкое использование давало все новые импульсы развитию человечества.

Минеральные ресурсы представляют собой комплекс месторождений полезных ископаемых — участков литосферы, в которых в результате тех или иных геологических процессов произошло накопление минерального вещества, по количеству, качеству и условиям залегания пригодного для промышленного использования. Чаще всего месторождения отличаются от вмещающих пород повышенной концентрацией отдельных видов полезных ископаемых. Это характерно для руд металлов, большинства видов химического сырья, углеводородов. Выход на поверхность или неглубокое залегание широко распространенных осадочных, магматических или метаморфических пород позволяет использовать их в качестве сырья для производства строительных материалов.

Промышленные концентрации топлива и других видов полезных ископаемых распространены по планете неравномерно. Раньше такую неравномерность объясняли в значительной мере различной степенью изученности стран и континентов. Хотя до сих пор имеются страны, геологическая изученность которых значительно слабее, чем многих других (особенно промышленно развитых стран), тем не менее неравномерность распределения месторождений полезных ископаемых носит объективный характер. Не исключено, что геологическая разведка последующих десятилетий внесет определенные коррективы в картину распределения месторождений полезных ископаемых, однако общий ее характер, если иметь в виду месторождения, пригодные для разработки в рамках традиционных технологий и современную степень изученности недр, не изменится, несмотря ни на инвестиции любых размеров, ни на изощренную технику разведки. Любое месторождение полезных ископаемых — исключительно природное явление. Для его формирования и сохранения необходимо благоприятное сочетание большого числа природных факторов как в пространстве, так и во времени. По существу, история развития Земли — это история концентрации, рассеяния и перераспреде-

ния различных элементов. На всем ее протяжении месторождения создавались, разрушались и создавались вновь. Неравномерность распределения месторождений по планете и по отдельным странам сыграла значительную роль в существенных различиях уровней потребления минерального сырья отдельными странами и предопределила важность международной торговли и сотрудничества в этой области.

Можно с уверенностью сказать, что уровень использования минеральных ресурсов определяет уровень промышленного развития стран и регионов. Промышленно развитые капиталистические страны используют сейчас от 50 до 93% общего количества различных видов минерального сырья, потребляемого несоциалистическим миром.

Темпы потребления минеральных ресурсов, используемых на доиндустриальных стадиях развития общества, в общем были близки к темпам роста населения земного шара. Совершенно иная картина наблюдается в индустриальный период развития человечества. Если в 1913 г. доля минеральных ресурсов в общем количестве потребляемых природных ресурсов составляла в массовом отношении 11,3%, то в начале 60-х годов она уже достигла 57%.

В настоящее время доля минерального сырья в общем балансе используемых природных ресурсов превышает 70%, причем она постоянно увеличивается. Рост промышленного производства во всем мире базируется на использовании громадных количеств минерального сырья, извлекаемого из земных недр. По расчетам Г. А. Мирлина [30], из всего количества минерального сырья, извлеченного из недр нашей планеты за столетний период, около 47% добытого угля, почти 58% железной руды, 81% добытой нефти, а также свыше 85% природного газа приходится на послевоенное двадцатилетие. При этом рост производства сырья настолько велик, что даже в течение последних 25 лет мировая добыча нефти увеличилась в 5,6 раза, а добыча природного газа — более чем в 7 раз. Мировое производство стали возросло за этот период в 3,3 раза, несмотря на широкое развитие заменителей. Высокими темпами росли добыча и производство многих других металлов, особенно алюминия, меди, никеля, титана.

Существуют различные оценки будущего роста производства минерального сырья. Хорошо известны «алармистские» (от английского слова *alarm* — тревога) оценки некоторых авторов, в основу которых положена экстраполяция существующих тенденций в темпах роста. Согласно этим оценкам, человечество столкнется со значительными трудностями в обеспеченности сырьем уже на пороге грядущего столетия. Для большинства специалистов сейчас очевидна ошибочность таких взглядов, не учитывающих ни научно-технический прогресс, ни государственное регулирование, ни подлинный ресурсный потенциал планеты, ни возможности альтернативных источников обеспечения сырьем [26].

Естественно, что столь быстрый рост производства минерального сырья вызвал истощение многочисленных месторождений дешевого сырья, т. е. руд высокой концентрации, залегающих в благоприятных горно-геологических условиях. И хотя прирост запасов полезных ископаемых до настоящего времени характеризовался опережающими темпами по сравнению с их разработкой, трудности с некоторыми видами сырья, а также в ряде случаев сокращающийся разрыв между приростом запасов и производством заставляли все чаще задумываться над проблемой долгосрочной обеспеченности минеральным сырьем. Этот вопрос остро встал после нефтяного кризиса 1973 г., который, хотя и не был вызван физическим истощением ресурсов, но тем не менее наглядно продемонстрировал, что произойдет с мировой экономикой в случае затруднений в снабжении одним из важнейших видов сырья. Согласно оценке, разделяемой многими исследователями, к 2000 г. можно ожидать увеличения потребления минерального сырья в 2,5 раза при росте населения в 1,6 раза.

В любом случае человечество стоит перед серьезной проблемой обеспечения своих все возрастающих потребностей в минеральном сырье. Имеющиеся на сегодня данные свидетельствуют, что на нашей планете еще имеются колоссальные запасы различных видов минерального сырья. Однако в подавляющем большинстве— это относительно труднодоступные источники (шельф морей и океанов, бедные руды и т. п.), требующие крупных капиталовложений и разработки новых технологий. Поэтому проблема будущей обеспеченности минеральным сырьем в значительной степени представляет собой проблему наличия достаточных инвестиционных и трудовых ресурсов, соответствующих темпов научно-технического прогресса, адекватного экономического механизма и структуры управления.

Важная проблема, связанная с обеспеченностью минеральными ресурсами,— взаимодействие минерально-сырьевого сектора с экономикой в целом. Эта проблема специфична для каждой страны, но в конечном итоге оказывает сильное влияние на глобальную проблему обеспечения сырьем.

Под минерально-сырьевым сектором понимается совокупность отраслей и предприятий, осуществляющих поиски, добычу и переработку минерального сырья. Объем данного сектора и его удельный вес в экономике различных стран далеко не одинаков, что зависит от природных условий, уровня технико-экономического развития, внутренней и внешней политики государства. В целом ряде социалистических и развитых капиталистических стран рассматриваемый сектор занимает важное, а иногда и доминирующее место в экономике по объему капитальных вложений, концентрации основных производственных фондов; играет он заметную роль и в балансе занятости населения. Снижающаяся доля продукции минерально-сырьевого сектора в валовом национальном продукте,

отмечаемая в настоящее время повсеместно, вовсе не говорит о снижении его роли по вышеназванным показателям. Такая тенденция вызвана в первую очередь увеличением доли других секторов, производящих конечную продукцию, в основе которой преобладают минеральные ресурсы. Снижение доли этого сектора подчеркивает в данном случае повышение эффективности использования сырья.

В последние десятилетия в экономике многих развивающихся стран минерально-сырьевой сектор стал играть еще большую роль. Хотя объем их производства по многим видам сырья пока уступает производству развитых стран, роль этого сектора в развивающихся странах имеет особое значение. Преобладающая часть производимого развивающимися странами сырья предназначена для экспорта, что придает им особую роль в международном разделении труда.

Анализ различных аспектов минеральных ресурсов позволяет сформулировать определение понятия объекта нашего исследования с учетом его сложности, изменчивости во времени и многообразия связей. Минеральные ресурсы — это совокупность специфических форм скопления в земной коре минерального вещества, являющегося источником энергии, различных материалов, химических элементов и соединений, отвечающих на момент оценки требованиям: технической возможности и экономической рентабельности добычи, транспортировки и переработки; экологической допустимости разработки и использования; благоприятности социальной, политической и международно-экономической ситуации; возможности изменения объемов и видов получаемого сырья за счет научно-технического прогресса и в связи с появлением новых потребностей.

В этом определении и в кратком рассмотрении различных сторон проблемы обеспеченности сырьем заключены две важнейшие особенности минеральных ресурсов: с одной стороны, это природные образования, составная часть биосферы, а с другой — основа развития производительных сил, объект экономических, социальных и международных отношений.

1.2. Минеральные ресурсы как элемент производительных сил

История развития человечества неотделима от добычи и использования минерального сырья. Недаром этапы развития цивилизации получили названия главных материалов, определяющих уровень техники и культуры той или иной эпохи, — каменный век, медный век, бронзовый век, железный век. Современный этап развития человечества все чаще называют ядерным веком. Отдельные этапы развития человечества получили наименования по используемым источникам энергии — век леса, век угля, век нефти, атомный век. Хотя эти названия первично связываются с тем или

иным источником энергии, в их основе лежат минеральные (кроме леса) ресурсы.

Применение тех или иных материалов и источников энергии определяло технико-экономический уровень развития общества, способствовало развитию соответствующего типа общественных отношений. По мере совершенствования и усложнения человеческой культуры и цивилизации росло число используемых полезных ископаемых и их экономическое значение. Совершенствование применения различных видов сырья приводило к крупным сдвигам в технико-экономической структуре и вызывало потребность в новых сырьевых материалах.

Система обеспечения минеральным сырьем в различных странах складывалась под влиянием экономических, природных и исторических факторов. Экономическое развитие и мировая торговля требовали различных полезных ископаемых. Страны с достаточно обильными и легко обнаруживаемыми ресурсами развивали свою минерально-сырьевую базу для удовлетворения собственных потребностей и получения валюты или необходимых товаров и услуг за продаваемое сырье. Другие страны, не столь богатые ресурсами, но нуждающиеся в них, ориентировали свою экономику на производство тех товаров или оказание тех услуг, которые можно было бы обменять на необходимое сырье. Одновременно в этих странах развитие экономики приспосабливалось к ограниченности ресурсов — быстрыми темпами росло использование вторичных ресурсов, снижался удельный расход сырья и топлива. Многие страны, обладающие ресурсами, но в силу сложившихся исторических причин отставшие в своем экономическом развитии, были превращены различными путями в сырьевые придатки развитых стран. Таким образом закладывались и развивались специфические черты мировой структуры обеспечения минеральным сырьем.

На первых порах, при наличии дешевых и богатых месторождений, экстенсивный путь освоения собственной минерально-сырьевой базы давал определенные преимущества: обеспечение промышленности дешевым сырьем, экономическое и политическое влияние на зависящие от поставок сырья страны, с одной стороны, и собственная независимость — с другой; большое количество рабочих мест в сырьевом секторе. Примеры Англии времен 1-й промышленной революции, США — конца XIX — первой половины XX в., СССР — от начала индустриализации до настоящего времени прекрасно иллюстрируют важность и преимущества собственной минерально-сырьевой базы. Она позволила этим странам на определенном этапе их развития совершить крупное продвижение вперед вне зависимости от политических и экономических отношений с другими странами. Английский уголь, железная руда и цветные металлы сыграли главную роль в превращении Великобритании в «мастерскую мира», богатая минерально-сырьевая ба-

за позволила США стать крупнейшей индустриальной державой, а СССР — в кратчайшие сроки превратиться в ведущую индустриальную державу.

Развитые капиталистические страны, не обладающие сколько-нибудь значительными собственными минеральными ресурсами, достигли значительных успехов в своем промышленном развитии благодаря длительному использованию минерального сырья своих колоний, дешевого сырья мирового рынка 50—60-х годов и интенсивных факторов развития. Исключение составляет лишь послевоенная Япония, которая аккумулировала весь предшествующий опыт интенсивного развития, обладала относительно дешевой и квалифицированной рабочей силой и не несла бремени значительных военных расходов. Все это позволило ей в очень короткий срок достичь высокого уровня развития. Однако зависимость Японии от импорта сырья делает ее довольно уязвимой от различных политических изменений в мире и заставляет постоянно искать новые и резервные источники снабжения.

5103

Таким образом, собственная минерально-сырьевая база создает на определенных этапах предпосылки для ускоренного экономического развития. Этот этап, как правило, совпадает с достижением страной такого уровня социально-экономического развития, когда возникшая потребность в минеральном сырье может быть экономически эффективно удовлетворена за счет собственной минерально-сырьевой базы. Возможность получать большое количество дешевого минерального сырья из недр делает экономически малоэффективными интенсивные формы обеспечения. Данный период характеризуется быстрым ростом промышленного производства, базирующегося на обильном и дешевом сырье. По мере истощения собственной минерально-сырьевой базы эффективность ее эксплуатации падает. Требуется увеличение капитальных вложений для разработки ухудшающихся по качеству месторождений. Причем капитальные вложения в этот сектор экономики характеризуются большим сроком окупаемости и значительным риском, что делает их при наличии определенного выбора экономически мало конкурентоспособными с некоторыми другими объектами приложения капитала и труда. Все более активно включаются интенсивные источники обеспечения — экономия и повторная переработка сырья, страна выходит на мировой рынок сырья как импортер, заинтересованный в эффективных внешних источниках обеспечения.

В настоящее время важный источник мирового обеспечения минеральным сырьем — развивающиеся страны. На первых порах (в 50-х годах) они не играли сколько-нибудь значительной роли в мировой торговле сырьем, будучи экономически привязанными к бывшим метрополиям. Однако к 70-м годам развивающиеся страны превратились в реальную силу и заняли важное место в системе международного разделения труда как поставщики



сырья. Рост значения этих стран — экспортеров минерального сырья обусловлен, с одной стороны, наличием крупных месторождений с низкими издержками освоения, а с другой — расширением национального освободительного движения, ростом национального самосознания и объединением усилий этих стран для защиты своих интересов, что, в частности, нашло выражение в создании сырьевых объединений стран-экспортеров (картели). Для этих стран экспорт сырья служит главным, а иногда и единственным источником средств для развития, что не оставляет им выбора в развитии различных по эффективности отраслей.

С учетом роли минерально-сырьевого сектора в экономике можно выделить следующие типы хозяйств: 1) сырьевой — ориентирован преимущественно на производство и экспорт сырья; 2) индустриальный автономный — обеспечивается сырьем главным образом из собственной минерально-сырьевой базы; 3) индустриальный импортный — ориентирован главным образом на импорт сырья; 4) индустриальный комбинированный — ориентирован как на импорт, так и на собственную минерально-сырьевую базу. Сейчас можно говорить о появлении нового типа хозяйства — индустриально-интенсивного, по своей сути — научно-промышленного, ориентированного прежде всего на создание новых прогрессивных технологий, производство принципиально новой продукции и в меньшей степени зависящего от наличия собственной сырьевой базы. Черты такого хозяйства наиболее явно просматриваются в экономике Японии [5].

Как уже отмечалось, минерально-сырьевой сектор играет неодинаковую роль в хозяйствах различного типа, причем далеко не всегда очевидную. Естественно, что при удорожании производства сырья внутри страны дальнейшее расширение минерально-сырьевого сектора замедляет темпы роста экономики, снижает его эффективность. С этим столкнулись уже в первой половине нашего века многие развитые страны. Несбалансированное увеличение добычи минерального сырья может отрицательно влиять на экономику развитых стран даже при условии ее высокой эффективности, особенно если производство ориентируется на экспорт сырья. Гипертрофированный минерально-сырьевой сектор, слабо связанный с общей структурой национальной экономики, требующий значительных ресурсов для своего поддержания и развития в случае некомпенсированности через международный обмен, может привести к перекосам и диспропорциям в экономике, замедлению темпов ее роста. Об этом свидетельствуют, например, высокий рост инфляции (более 12% в год на протяжении 70-х годов) и снижение темпов экономического роста до 2,5% в 1982 г. в Австралии. Значительная часть прибыли от капитальных вложений в минеральное производство этой страны уходит за границу, поскольку горнодобывающий сектор развивается в значительной степени за счет иностранных инвестиций. Основная часть остающихся

ся в стране доходов от этого производства вновь вкладывается в минерально-сырьевой сектор, который, таким образом, работает по отношению к национальной экономике в основном на себя, порождая при этом инфляционные процессы.

Особенно остро диспропорция между минерально-сырьевым сектором и национальной экономикой проявляется в некоторых развивающихся странах — экспортерах сырья. Даже Мексика — экспортер такого важнейшего сырьевого товара, как нефть (75% суммарного экспорта страны), находится сейчас в затруднительном экономическом положении. Несмотря на возросшие поступления от нефти, внешняя задолженность Мексики приближается к 100 млрд долл., а инфляция составляет 30% в год. Увеличение добычи и экспорта нефти подорвало другие отрасли мексиканской экономики и прежде всего сельское хозяйство. Завышенный курс песо сделал неконкурентоспособными другие немногочисленные экспортные товары, зато потребность в импорте сельскохозяйственной продукции и других товаров значительно возросла. Покрытие растущего сальдо платежного баланса требует от Мексики увеличения добычи нефти, что ведет к новым диспропорциям. Подобные трудности испытывают и многие другие развивающиеся страны — экспортеры минерального сырья. Особенно трудное положение возникло после 1982 г., когда в мире произошло перепроизводство сырья и образовался избыток добывающих мощностей, а цены на нефть резко снизились.

Взаимодействие между минерально-сырьевым сектором и экономикой отдельных стран — производителей сырья вносит свои коррективы в развитие минерально-сырьевой базы планеты, которое подчиняется некоторым регулирующим механизмам. Можно выделить два типа таких механизмов.

Первый тип регулирующего механизма характерен для развитых и развивающихся стран с рыночной экономикой. С позиции минерально-сырьевого сектора этот тип сформировался в существующем виде в послевоенное время, когда ряд освободившихся от колониальной зависимости стран в поисках ресурсов для своего развития включился в международное разделение труда. Часто не имея ничего кроме природных и в первую очередь минеральных ресурсов, эти страны стали расширять их эксплуатацию для обмена, главным образом с капиталистическими странами, к экономике которых они были тесно ранее привязаны. Минеральное сырье из развивающихся стран становилось одним из важнейших источников обеспечения капиталистической экономики. Следует также отметить, что та небольшая доля сырья, которая поставляется развивающимися странами в социалистические государства, проходила раньше преимущественно через обычные каналы мировой торговли, характерные для рыночной экономики. Лишь в последнее время в отношениях между ними расширяются некоторые безвалютные формы обмена.

Основной регулятор обеспечения минеральным сырьем экономики первого типа в настоящее время и в близкой перспективе — мировой рынок и мировые цены на сырье, которые формируются под влиянием множества факторов, различных по значению и длительности действия. Прежде всего цена сырья зависит от соотношения потребности в нем и состояния минерально-сырьевой базы (количества эксплуатируемых и подготовленных к эксплуатации запасов того или иного вида полезного ископаемого). При этом определяющими являются индивидуальные издержки на замыкающих месторождениях, занимающих последние места в группе месторождений, ранжированных по убыванию эффективности. Эти издержки¹ вместе с нормой прибыли формируют «элементарную мировую цену» на тот или иной вид ресурса.

Элементарная мировая цена — это тот ориентир, по которому определяется нижний предел эффективности месторождений, которые экономически целесообразно разрабатывать. В каждый рассматриваемый момент времени элементарная цена минимальна. В большинстве случаев конкретная мировая цена различных видов сырья превышает элементарную, что обусловлено влиянием таких факторов, как степень монополизации, дефицитность сырья, темпы роста потребления, размер транспортных затрат и др. Определенное влияние на элементарную мировую цену оказывает международная политическая ситуация.

Наиболее отчетливо воздействие указанных факторов проявилось в недавнем повышении цен на нефть. Высокая степень монополизации наряду с высокими темпами роста потребления позволила странам — членам ОПЕК в течение незначительного времени поднять цены на нефть во много раз. Этому способствовало также обострение политической ситуации на Ближнем Востоке. Рост напряженности и локальные конфликты в Южной Африке были причинами резких скачков цен на кобальт, хром, медь.

При повышении текущих цен на сырье по отношению к элементарным становится рентабельной эксплуатация месторождений с более высокими индивидуальными издержками. Однако эту возможность получения дополнительной рентабельной продукции трудно реализовать. Во-первых, длительность ввода в действие новых производственных мощностей в добывающей промышленности не позволяет быстро и эффективно отреагировать на сложившиеся условия — ввод новых месторождений в эксплуатацию будет происходить уже в иных ценовых условиях. Во-вторых, расширение даже рентабельного производства жестко ограничивается размерами потребления — перепроизводство быстро вернет текущую цену к элементарной и может даже повлиять на снижение последней.

¹ За аналогом таких затрат в советской экономике закрепился термин «замыкающих» или «предельно допустимых народнохозяйственных затрат».

Если элементарная цена в любой наблюдаемый период является минимальной и всегда меньше или в крайнем случае равна текущей, то в динамике она может не только расти, но и уменьшаться. Ее рост обусловлен ухудшением горно-геологических и географических условий на новых месторождениях, удорожанием рабочей силы и оборудования, а снижение — вводом в эксплуатацию месторождений с индивидуальными издержками, значительно более низкими, чем замыкающие. При стабильной потребности или потребности, растущей медленнее роста производства сырья, за пределами рентабельности может оказаться целый ряд ранее прибыльных месторождений. В этом случае элементарная цена может снизиться, если не будет предпринято каких-либо согласованных действий. Элементарная цена может уменьшиться также под влиянием научно-технического прогресса, при внедрении заменителей и сокращении потребления.

Следует отметить, что повышение цены на сырье устраивает в краткосрочном плане абсолютно всех производителей¹. В последние годы все более доминирующей становится тенденция к номинальному росту цен, что обусловлено инфляцией, ухудшением технико-экономических условий добычи, некоторыми успехами координированных действий производителей и тем обстоятельством, что повышение цены на сырье не всегда явно и весомо отражается на потребителе. Последнее объясняется тем, что повышение цены на сырье начальный потребитель переносит на свою продукцию и в рассредоточенном виде компенсирует у следующих потребителей, вплоть до конечных. Это прекрасно демонстрирует практика международных нефтяных монополий, которые, несмотря на многократное повышение цены на нефть странами — членами ОПЕК, значительно увеличили свою прибыль за счет перекладывания своих издержек на плечи потребителя нефтепродуктов. В связи с этим тенденция номинального роста цен в ближайшей перспективе кажется более вероятной, чем их снижение.

Второй тип регулирующего механизма свойствен странам с централизованно планируемым хозяйством и наиболее отчетливо проявляется в СССР. С точки зрения обеспечения сырьем для него наиболее характерно стремление к самообеспечению, ограниченные импортные возможности и довольно слабое регулирующее значение цены на сырье. Две первые особенности взаимосвязаны. Стремление к самообеспечению сформировалось на основе достаточной минерально-сырьевой базы в условиях экономической и политической изоляции (в течение значительной части своей истории), необходимости ускоренной индустриализации, напряжен-

¹ В долгосрочном плане повышение цены на сырье не несет преимуществ производителям, а в ряде случаев имеет обратный эффект. Эти вопросы рассмотрены в работе [9].

ности внутренней экономической ситуации и неразвитости несырьевых экспортных отраслей. Ограниченная регулирующая роль цены на сырье в социалистической экономике обусловлена характером отношений между предприятиями и отраслями в условиях, когда издержки планируются на базе государственных цен.

Сложившийся цикл вовлечения сырья в хозяйственный оборот для социалистической экономики характеризуется отраслевым разделением труда и ориентирован на конечный передел руды для получения определенного ассортимента продуктов переработки, свойственного той или иной отрасли. Основные капитальные вложения и совершенствование технологий добычи, обогащения и переработки в каждой отрасли направлены на повышение экономической эффективности производства продукции отраслевой номенклатуры.

Критерии развития минерально-сырьевой базы СССР отличаются от тех, которые используются в экономике первого типа. Если для последней степень освоения собственной минерально-сырьевой базы определяется соотношением мировой цены и индивидуальных издержек освоения своих месторождений, то для экономики СССР это прежде всего общественно необходимая потребность в сырье. Она складывается из потребностей нашего народного хозяйства и части потребности социалистических стран, которая не может быть удовлетворена более эффективным путем. В ряде случаев в эту общественно необходимую потребность включается также определенный объем сырья, предназначенный для экспорта в страны с экономикой первого типа (для развитых и развивающихся стран). Необходимость сырьевого экспорта обычно обосновывается высокой эффективностью зарубежных технологий, которые можно будет приобрести на полученные от продажи средства.

Для определения объема хозяйственного вовлечения запасов сырья в разработку установленная общественно необходимая потребность сопоставляется с минерально-сырьевой базой — совокупностью эксплуатируемых и разведанных месторождений. В идеальном случае из всего списка месторождений, ранжированных в порядке увеличения индивидуальных затрат на производство единицы сырья, выбираются те, которые в сумме могут удовлетворить потребность с минимальными издержками. В реальной жизни возможны отклонения, связанные с неизбежным падением эффективности на последних стадиях отработки месторождений или невозможностью вовлечения в разработку более рентабельных новых месторождений по экологическим и другим серьезным соображениям. При полном и правильном учете всех факторов на народно-хозяйственном уровне можно добиться минимального расхождения между идеальным и реальным вариантами вовлечения запасов минерального сырья в хозяйственный цикл.

В последние годы установилась тенденция роста издержек в горнодобывающих отраслях для всех групп стран и в особенности для стран с централизованно планируемым хозяйством. Так, если в 1970 г. доля капитала, используемого вдобывающей промышленности от всего капитала, составляла для развитых стран с рыночной экономикой 1,05%, для развитых стран с централизованно планируемой экономикой 2,45%, для развивающихся стран 3,67%, то в 1980 г. эти соотношения оценивались соответственно в 1,56; 5,37 и 5,02% [3].

Такая тенденция обусловлена спецификой развития минерально-сырьевой базы. Процесс освоения любого локализованного невозобновляемого вида сырья может быть разделен на три стадии в зависимости от эффективности его использования. Первая стадия (начальная) характеризуется большим объемом капитальных вложений при сравнительно небольшом объеме получаемой продукции, что обычно бывает при освоении новых месторождений или добывающих регионов. Показатели эффективности, сначала невысокие и неустойчивые, постепенно приобретают тенденцию к стабильному росту, доля капитальных вложений падает и начинается следующая, зрелая стадия освоения источника сырья. Показатели эффективности второй (зрелой) стадии устойчиво растут по мере выхода горнодобывающих предприятий на проектную мощность и стабилизации установленных максимальных объемов добычи.

Завершается процесс освоения определенного вида сырья постепенным снижением производительности, вызванным истощением отдельных месторождений, и новым повышением капитальных вложений, направляемых на расширение и модернизацию горнодобывающих предприятий для предотвращения резкого снижения производительности. В это время начинается третья (завершающая) стадия, характеризующаяся ростом текущих затрат и капитальных вложений на поддержание уровня добычи, устойчивого снижения производительности и эффективности. Эта стадия обычно продолжается до уровня издержек, соизмеримых с общественно необходимыми затратами для производства данного вида сырья.

Процесс освоения локализованного ресурса протекает во взаимодействии двух противоположно направленных тенденций — снижения экономической эффективности за счет естественного ухудшения качества сырья, а также условий отработки (по мере перехода к отработке более глубоких горизонтов) и повышения эффективности за счет научно-технического прогресса и роста цен на сырье. Локализованность и невозобновимость ресурса делают неотвратимым возобладание первой тенденции и заставляют переходить к новому объекту. При переходе к новым объектам с достаточно высокой эффективностью производства начинают играть роль другие факторы снижения эффективности — затраты

на транспорт, обустройство новых предприятий, другие виды производственной и непроизводственной инфраструктуры.

Существенную роль в обеспечении экономики почти всех без исключения государств топливом и минеральным сырьем играют внешнеэкономические и торговые отношения. В их основе лежат такие объективные закономерности, как неравномерность распределения ресурсов по планете и странам, их истощаемость, различные потребности в сырье промышленно развитых и развивающихся стран, некоторые товарные особенности сырья (в первую очередь независимость качества от способа производства, что нередко делает его единственным конкурентоспособным товаром в экспорте отсталых в промышленном отношении стран).

К настоящему времени сложились определенные механизмы международно-экономических отношений в области сырья. К ним относится свободная рыночная торговля, осуществляемая через биржи и рынки наличного товара (спотовые сделки), долгосрочные соглашения между отдельными поставщиками и потребителями, международные объединения экспортеров различных типов, компенсационные и концессионные соглашения. Названные и им подобные формы международных отношений в области сырья регулируют существующую диспропорцию в производстве и потреблении сырья в основном стихийно. Эффективность такой регуляции часто бывает далека от природных и технических возможностей. В настоящее время, когда международная минерально-сырьевая ситуация усложняется, издержки на производство сырья возрастают и ложатся тяжелым бременем на экономику большинства стран, возникает настоятельная необходимость совершенствования международного разделения труда в области обеспечения сырьем в целях наиболее эффективного использования минерально-сырьевого потенциала планеты с учетом интересов и ограничений всех участников.

Учитывая все это, необходимо расширить работы по выявлению принципиально новых источников сырья, первые стадии освоения которых, как и в случае с традиционными видами сырья, будут характеризоваться высокой экономической эффективностью и смогут дать новый импульс экономическому развитию.

2. ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫМ СЫРЬЕМ — ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА

Происходящий на всех континентах рост промышленного производства сопровождается непрерывно ускоряющейся добычей и переработкой громадных количеств минерального сырья. С 1900 г. его мировое потребление увеличилось в 12 раз. К настоящему времени человечество вовлекло в сферу своей промышленной деятельности преобладающую часть месторождений и залежей по-

лезных ископаемых, обнаруженных в верхних горизонтах земной коры. За последние 25—30 лет в мире было использовано столько же сырья, сколько за всю предшествующую историю человечества.

Помимо непрерывно возрастающей потребности в минеральных ресурсах при относительной ограниченности природной их базы (что обуславливает всеобщий — глобальный характер проблемы обеспеченности топливом и сырьем), сырьевая проблема переплетается и осложняется еще целым рядом проблем. Среди них в первую очередь следует назвать энергетическую, поскольку в современном энергообеспечении ведущее место (более 95%) принадлежит ископаемому топливу — нефти, углю, природному газу, урану. Хотя обеспеченность ископаемыми энергоресурсами в мире достаточно высока, неравномерность распределения наиболее широко используемых из них, а также относительно высокие цены на этот вид продукции делают проблему энергообеспеченности многих стран и прежде всего развивающихся, не обладающих значительными запасами собственных энергоресурсов, весьма сложной (Бразилия, Аргентина, Чили, Доминиканская Республика, ряд стран Центральной Америки и Карибского бассейна). Если промышленно развитые капиталистические страны, не имеющие месторождений нефти, угля, газа, обеспечивают себя энергоресурсами за счет международного разделения труда, то целый ряд развивающихся стран не имеет такой возможности. Многие из них тратят на покупку энергоносителей значительную часть доходов от экспорта, вынуждены прибегать к займам, увеличивая свою внешнюю задолженность.

Данная тенденция будет сохраняться, так как экономика большинства стран в течение многих лет ориентируется на дорогой и дефицитный сейчас вид энергоносителей — нефть и продукты ее переработки. В свою очередь, переход на другие источники энергии требует колоссальных капитальных вложений и существенной перестройки всей экономики. А это может себе позволить далеко не каждая страна. Успеют ли за этот срок все страны осуществить ее — вопрос, который уже сейчас остро стоит перед человечеством.

Все больше внимания уделяется в последнее время проблеме влияния добычи и использования минеральных ресурсов на окружающую среду. Выяснилось, что разработка резервов многих видов полезных ископаемых (нефтяные пески, битуминозные сланцы, бедные руды, месторождения на шельфе и др.) приведет к существенному нарушению окружающей среды. В связи с этим проблема обеспечения растущих потребностей производства тем или иным видом полезных ископаемых нередко зависит от возможности их освоения экологически приемлемыми методами. Следует также отметить некоторые специфические стороны проблемы обеспеченности минеральным сырьем.

Более очевидной становится зависимость обеспечения минеральным сырьем от решения проблемы ослабления международной напряженности, обуздания гонки вооружений и разоружения. Гонка вооружений требует все больших количеств различных ресурсов, в том числе и минеральных. На военные цели сейчас расходуется 11,1% общего мирового потребления меди, 8,1% — свинца, 6,3% — алюминия и никеля, 6% — цинка, 5,7% — платиноидов, 5,1% — олова, 5% — нефти [5]. При этом расход алюминия, меди, никеля и платиноидов на эти цели превосходит их общее потребление в Африке, Азии (включая КНР) и Латинской Америке вместе взятых, а расход нефти составляет половину потребностей всех развивающихся стран. Кроме того, гонка вооружений мешает экономическому и научно-техническому сотрудничеству, развитию внешней торговли сырьем и топливом, освоению новых видов ресурсов.

Существенно зависит от состояния минерально-сырьевой базы и решение проблемы обеспечения продовольствием растущего народонаселения мира, так как одним из главных путей повышения урожайности является применение минеральных удобрений — фосфорных, калийных и азотных, производство которых связано с переработкой значительных количеств различных полезных ископаемых и энергии. Кроме того, невозможность приобретения развивающимися странами в достаточном количестве резко подорожавшего ископаемого топлива приводит к уничтожению огромных массивов тропических лесов, где обитает более 1/3 всех видов животного мира Земли (в развивающихся странах находится 70% мирового генофонда). Если учесть, что за последние 30 лет около 1/3 прироста сельскохозяйственной продукции развитых капиталистических стран обеспечивалось новыми видами и сортами, созданными на основе селекции генетического и племенного материала из тропических и субтропических районов, то можно представить те тяжелые экологические последствия для производства продовольствия, которые вызываются энергосырьевой проблемой.

Конец 60-х — начало 70-х годов характеризовались быстрым ростом потребления минерального сырья. При существовавших тогда темпах экономического роста на базе расширяющегося использования сырья к 2000 г. ожидалось трехкратное увеличение спроса на минеральные ресурсы. Такие высокие темпы при их экстраполяции на последующий период создавали реальную угрозу истощения многих видов сырья. В этой связи в 70-е годы появился ряд оценок, согласно которым обеспеченность такими видами сырья, как марганец, бокситы, платина, титан, сурьма, сера, молибден, никель, бериллий, нефть, природный газ, приходилась на период времени от 25 до 50 лет, медь, свинец, олово, цинк, вольфрам, барит — 15—25 лет, а ртуть, серебро, золото — 10—15 лет.

Решающую роль в изменении оценки обеспеченности сыграли не открытия новых крупных месторождений полезных ископаемых

(они происходят один раз в 5—10 лет), а переход в 70-е годы ведущих потребителей — США, Западной Европы и Японии — к ресурсосберегающему типу производства. Это существенно отразилось на их годовом уровне потребления и заставило пересмотреть всю перспективную потребность в важнейших видах сырья. Ретроспективный анализ, проведенный американской организацией «Ресурсы для будущего», показал, что фактическое потребление основных металлов развитыми капиталистическими странами существенно отличается в последнем десятилетии от значений, полученных в результате экстраполяции прошлых тенденций.

Для первой половины 80-х годов обеспеченность медью, золотом, свинцом, молибденом, серебром, серой, асбестом, оловом, вольфрамом, ртутью, цинком, нефтью оценивалась уже периодом 25—70 лет. Реальна ли перспектива исчезновения этих и некоторых других видов сырья в течение нескольких ближайших десятилетий? Для ответа на этот вопрос необходимо рассмотреть некоторые факторы, не принимавшиеся во внимание при расчете подобных прогнозов. Во-первых, необходимо уточнить базу прогнозных ресурсов, которая, по нашему мнению, в несколько раз превышает существующие оценки промышленных запасов. Например, крупнейшей кладовой меди, никеля, кобальта являются железомарганцевые конкреции Мирового океана, концентрация никеля и кобальта в которых превосходит их среднее содержание в месторождениях суши. Велики также ресурсы углеродородов, содержащихся в битумных сланцах и нефтяных песках, метана — в газовых гидратах и т. д. Кроме того, при определении ресурсной базы необходимо принимать во внимание накопление металлов и возможность их повторного использования [24, 46]. Таким образом, освоение прогнозных и нетрадиционных ресурсов, а также использование вторичного сырья существенно продлят срок обеспеченности экономики мира сырьем.

Большое влияние на этот срок оказывает и возможность эффективной замены того или иного вида сырья [62]. Медь в настоящее время часто заменяют алюминием, кобальт — керамическими и силиконо-карбидными материалами, олово — алюминием, стеклом и пластмассой, золото в зубном протезировании — титаном, сплавами на хромовой основе, пластмассой, фарфором, серебро (в фотографии) — органическими светочувствительными пленками. Практически почти любой металл имеет заменитель, и вопрос о его внедрении и широком распространении носит чисто экономический характер — насколько это выгодно? Значительное количество заменителей в качестве источника энергии имеет нефть. Это — уголь, природный газ, а также нетрадиционные виды энергии — солнечная, приливная, ветровая, биомасса и т. д.

Такое сырье, как сера, если учитывать месторождения самородной серы, имеет сравнительно малый срок обеспеченности (порядка 35 лет), однако ее количество, попутно извлекаемое на

месторождениях углеводородного природного газа, выбрасываемое с отходящими газами на металлургических заводах и теплоэлектростанциях, содержащееся в отходах различных химических и металлургических процессов, по самым приблизительным подсчетам, в несколько раз превосходит учтенные ресурсы. Многие из этих источников рентабельны уже сейчас, а другие могут использоваться по мере совершенствования технологий.

Важным фактором, влияющим на обеспеченность минеральным сырьем, является возрастающая зависимость минерально-сырьевого сектора экономики от научно-технического прогресса [1]. Поэтому учет достижений НТР при оценке эффективности использования тех или иных видов природных национальных богатств должен включать не только данные о пригодных к разработке и разрабатываемых сейчас ресурсах и традиционной ориентации потребления, но также сведения о новых областях использования минерального сырья, различных изменениях в существующих отраслях хозяйства, появлении новых технологий, разведке, добыче, транспортировке и переработке полезных ископаемых.

Кроме того, следует иметь в виду, что некоторые области использования дефицитных видов сырья не являются жизненно важными и от них можно или отказаться, или заменить выполняемую ими функцию. Например, потребность в меди для производства телефонных проводов может быть резко понижена при введении радиотелефонов. Необходимо отметить, что ни один из критических видов сырья не содержит элементы, определяющие существование человека как биологического вида. К таким элементам относятся только фосфор, калий, азот, натрий и некоторые другие. Обеспеченность сырьем, в котором они содержатся, пока не вызывает беспокойства. В связи с этим наибольшего внимания заслуживает детальное изучение всех имеющихся на Земле источников фосфора (кости рыб и животных; породы, обогащенные фосфором; морские конкреции и т. д.), поскольку его обеспеченность доказанными запасами не столь уж высока (порядка 80—90 лет).

В целом можно считать, что на современном этапе и на обозримую перспективу не существует реальной угрозы физического истощения основных видов полезных ископаемых. Ведущие факторы, обуславливающие остроту современной сырьевой проблемы в мире, носят ярко выраженный экономический характер. В ряде случаев ограничителем развития добычи минерального сырья выступают главным образом экологические причины. Решающую роль в формировании издержек на производство сырья играют величина инвестиционного капитала и место минерально-сырьевого сектора среди других сфер экономики по эффективности его приложения.

Целесообразно рассмотреть особенности решения минерально-сырьевой проблемы отдельными капиталистическими странами и

их сообществами. Ранние периоды развития машинной индустрии отличались большими (по тем временам) объемами использования отечественных ресурсов. Это было характерно для Англии XVIII — первой половины XIX в., США — конца XIX — первой половины XX в. Широкому вовлечению местных природных ресурсов в капиталистический воспроизводственный цикл способствовали крупные запасы сырья и благоприятные условия их эксплуатации (близость к потребителю и т. д.). По мере истощения наиболее экономически эффективных месторождений полезных ископаемых внутри страны, совершенствования транспортных средств и роста борьбы рабочего класса за улучшение условий оплаты труда эксплуатация отечественных ресурсов теряла свою привлекательность. Начался период активного ограбления природных ресурсов колоний. Компании наиболее развитых капиталистических стран развернули ширококомасштабные разработки минеральных богатств стран Латинской Америки, Азии и Африки.

С началом процесса деколонизации многие освободившиеся страны связывали прекращение эксплуатации бывшими метрополиями природных ресурсов этих стран. Однако такое не произошло, поскольку достижение политической независимости не означало экономической самостоятельности. Деколонизация в 50—60-е гг. практически не нарушила движения сырьевых потоков из развивающихся стран в индустриальные центры капиталистического мира. Вплоть до 70-х годов нашего столетия освоение природных богатств развивающегося мира находилось в руках частных иностранных компаний. Эти компании заключали долгосрочные концессионные соглашения с представителями государств, на территории которых ими велась эксплуатация месторождений. В соответствии с концессионными договорами компании развитых капиталистических стран становились полноправными хозяевами природных богатств, определяя по собственному усмотрению объем производства и экспорта сырья. Концессионные соглашения, заключенные со многими государствами Латинской Америки, Азии и Африки, стали прямым продолжением политики колониализма, так как они гарантировали отчуждение собственности на природные богатства в пользу другой страны или частных лиц на весь срок действия концессионного договора.

Такое положение объясняется достаточной прочностью и инерционностью экономических связей, которые создавались десятками лет между метрополиями и колониями. Высокая степень зависимости от иностранного капитала, западной технологии, управленческого и коммерческого опыта, отсутствие в большинстве случаев сколько-нибудь развитой национальной промышленности, разобщенность в политических и экономических действиях не позволяли освободившимся государствам эффективно использовать свои природные богатства в качестве важного рычага социально-экономического развития в течение длительного времени, а для

многих стран — вплоть до настоящего времени. Развивающиеся страны продолжали оставаться сырьевой базой индустриального развития капиталистического Запада. В 70-х годах при незначительном внутреннем потреблении они поставляли на мировой рынок около 84% нефти, 80% — фосфатов, 78% — олова, 71% — бокситов, 53% — меди, 49% — марганцевой руды и т. д. [5].

Промышленно развитые капиталистические страны Северной Америки, Западной Европы, Япония и Австралия, несмотря на ряд циклических кризисов, пережили период реконструкции и модернизации во многом благодаря стабильным поставкам сырья. Они сохранили доминирующие позиции на рынках продукции конечного потребления и продовольствия даже после большого экономического спада второй половины 70-х — начала 80-х годов, продолжая обеспечивать себя дешевыми природными ресурсами. Не следует считать, что это было достигнуто легко и без потерь. Достаточно вспомнить «нефтяной кризис», который хотя и был инспирирован в значительной степени империалистическими кругами (прежде всего транснациональными нефтяными корпорациями и правящими кругами США), вызвал инфляцию и серьезную дестабилизацию экономики некоторых западных стран. Частично умышленно спланированный, частично в силу объективных экономических законов этот кризис разрешился существенной структурной перестройкой всего мирового хозяйства. И, несмотря на то что от этой перестройки в целом выиграли развитые капиталистические страны, для них она не прошла безболезненно (прежде всего для трудящихся и для отдельных отраслей экономики).

Ведущие капиталистические страны сейчас уже не стремятся к юридическому владению источниками природных ресурсов в развивающихся странах. Причин тут немало. Это и усиливающаяся борьба молодых государств за свою экономическую и реальную политическую независимость, нередко приводящая к конфликтным ситуациям в процессе национализации добывающей промышленности и приносящая существенный урон престижу капиталистических держав. К ним можно отнести и сравнительно меньшую привлекательность для инвестиций сырьевого сектора, связанную с большим сроком окупаемости и риском. Более того, благодаря глубокой структурной реконструкции западным странам удалось существенно уменьшить долю традиционных индустриальных отраслей в своем хозяйстве и значительно увеличить объемы новейших высокотехнологичных отраслей, таких, как авиакосмическая, производство вычислительной техники, средств автоматизации, микропроцессоров, робототехника и лазерная техника, волоконная оптика и некоторые другие. Одновременно с этим снижались энерго- и материалоемкость продукции. Так, в США за последние 10 лет удалось снизить удельную энергоемкость валового национального продукта (ВНП) страны почти на 30%, а его удельную материал- и металлоемкость — на 20 и

16 % соответственно. Производство стали сократилось со 137 млн т (высший уровень) в 1978 г. до 75 млн т в 1986 г. [33]. Подобные же тенденции, может быть не столь ярко выраженные, происходят и в странах Западной Европы.

Все это заставило индустриальные государства отказаться от традиционной политики «консервирования» развивающихся стран в качестве аграрно-сырьевой периферии мирового хозяйства и перейти к стимулированию их индустриализации. Такой порядок предполагает новую форму зависимости. Если раньше развивающимся странам отводилась роль сырьевых придатков, то теперь им предлагается выполнять функции не только сырьевой, но и промышленной периферии развитых капиталистических государств, экономика которых переходит на более высокий технологический уровень, связанный с достижениями НТР. В Латинской Америке это особенно заметно на примере Мексики, Бразилии, Аргентины.

Происходит перестройка всей географии мирового хозяйства. Возникает новая иерархия государств, в основе которой — овладение новейшими технологиями и соответствующее развитие наиболее перспективных отраслей производства. Для многих стран капиталистического мира возникла угроза «технологической колонизации» более развитыми партнерами. Причем в число этих стран попадают не только освободившиеся молодые государства, но и ряд европейских стран, поздно вставших на путь коренной модернизации некогда достаточно развитой традиционной индустрии. Иллюстрацией этой тенденции является рост продукции традиционных индустриальных отраслей во многих развивающихся странах. Так, мощности сталеплавильного производства в этих странах составили 96 млн т в 1984 г. против 81 млн т в 1980 г. В 1983 г. почти 40% производственных мощностей черной металлургии Бразилии было занято выпуском продукции на экспорт. Именно увеличение производства стали в развивающихся странах вернуло общемировой выпуск стали в 1984 г. на прежний высокий уровень.

В связи с этим во многих развивающихся странах происходит ускоренный рост производства сырья. Так, Мексика менее чем за 10 лет превратилась в одного из крупнейших производителей нефти и заняла в 1985 г. четвертое место в мире (140 млн т). Бразилия вышла на третье место в мире по экспорту марганцевой руды. Она является также одним из крупнейших производителей бериллия и ниобия. Все более заметную роль приобретают кобальт Заира, медь Замбии и Чили, фосфаты Марокко, марганец Габона. Из стран африканского континента Западная Европа импортирует 37% хрома, 34% — меди, 80% — марганца, 70% — фосфатов, 75% — кобальта, 45% — нефти. По-прежнему ведущие позиции по производству и экспорту нефти сохраняют страны Персидского залива. Юго-Восточная Азия вместе с Боливией относится

ж крупнейшим поставщикам олова. Ведущее место в производстве бокситов принадлежит Гвинее и странам Карибского бассейна. В целом доля развивающихся стран в производстве неэнергетического минерального сырья в мире достигла 40% и продолжает расти, а по нефти эта доля в отдельные годы значительно превышала половину мировой добычи [51].

Хотя сложилось общераспространенное мнение, что обладание крупными запасами минерального сырья и большие объемы его производства делают страну богатой, реальное положение вещей не совсем отвечает такому представлению. Можно видеть, что многие развивающиеся страны, имеющие большие запасы того или иного сырья и производящие его в больших количествах, не в состоянии решить свои самые насущные социально-экономические проблемы и преодолеть бедность, голод, болезни, неграмотность и т. д., тогда как страны, преимущественно импортирующие сырье, стабильно повышают свой уровень жизни и увеличивают разрыв с развивающимися странами — производителями сырья.

Сложившаяся сейчас для них ситуация показывает, что ускоренный рост минерально-сырьевого сектора их хозяйства в течение последних 10—15 лет создал ряд серьезных проблем экономического и социального характера. Глубинные причины возникновения таких проблем были заложены уже тогда, когда эти страны встали на путь наращивания производства сырья. Проявились же они отчетливо в последние годы в связи с изменением топливно-сырьевой ситуации, вызванным структурной перестройкой мировой экономики. Прежде всего это сказалось на устойчивом падении цен на минеральное сырье, включая нефть. Даже недавнее оживление мировой экономики и увеличение спроса на сырье не привели к значительному повышению цен на большинство их видов, а на некоторые из них цены в реальном выражении находятся на рекордно низком или близком к нему уровне. Больше всего пострадали от этого развивающиеся страны, вынужденные продолжать производство сырья в условиях неустойчивой экономической конъюнктуры в целях сохранения занятости и получения валюты. Благоприятные геолого-экономические условия многих месторождений, обеспечивающие низкую себестоимость производства, позволяли расширять выпуск даже при снижении цены. Например, многие страны — производители меди считают, что цена на этот продукт должна быть низкой для предотвращения разработки и внедрения его заменителей. Такая точка зрения высказывалась на IX сессии Комитета по природным ресурсам Экономического и социального совета ООН, состоявшейся в апреле 1985 г.

Развитие добывающей промышленности требовало крупных капитальных вложений, источники которых были в основном вне развивающихся стран-производителей. При этом поглощались

также значительные внутренние ресурсы, что не давало возможность развивать производство многих видов конечной продукции. Потребность в них удовлетворялась в значительной степени увеличением импорта на основе неэквивалентного обмена с развитыми странами (во второй половине 70-х годов экспортные цены снизились по отношению к импортным). Когда же надежды, связанные с топливно-сырьевым бумом середины 70-х годов, не оправдались, подавляющее большинство развивающихся стран — экспортеров сырья попало в очень тяжелое положение из-за стремительно растущего внешнего долга. Особенно значительна внешняя задолженность в странах Латинской Америки, четыре из которых — Бразилия, Мексика, Аргентина и Венесуэла — входят в первую пятерку крупнейших должников развивающегося мира. Среди них два ведущих производителя и экспортера нефти — Мексика и Венесуэла — связывали свои надежды на развитие, приведение в порядок финансов преимущественно с доходами от этого вида сырья.

Неблагоприятная рыночная ситуация, конечно, нанесла существенный ущерб развивающимся странам — экспортерам сырья. Между тем имеются все основания полагать, что даже при благоприятной рыночной ситуации экономическое положение этой группы стран было бы достаточно тяжелым. Односторонняя сырьевая ориентация промышленности и экспорта предопределяет такую структуру экономики, для которой характерен неэквивалентный обмен. Производя базовые для всего производственного процесса субстанции, — материалы и энергоносители, эти страны вынуждены импортировать произведенный на их основе большой спектр конечной продукции, в которой аккумулирована стоимость всех производственных процессов, а доля стоимости сырья является ничтожной. Удовлетворение внутренних потребностей требует производства новых количеств сырья, идущего на обмен. Эффективность его производства в пределах отдельных государств падает, что требует роста затрат на поддержание минерально-сырьевого сектора, достигаемого в значительной степени за счет расширения добычи. Образуется замкнутый производственный цикл с падающей эффективностью, которая в долгосрочном аспекте не всегда компенсируется научно-техническим прогрессом.

Таким образом, в условиях структурных сдвигов в мировом капиталистическом хозяйстве имеются два разнонаправленных процесса: первый (для сырьевых стран) — увеличение затрат на производство единицы сырья и второй (для стран, производящих конечную продукцию) — относительное уменьшение доли стоимости сырья в единице производимой стоимости. Косвенно подтверждает неблагоприятное положение стран — производителей сырья то обстоятельство, что из всех развивающихся стран меньше всего от последних кризисов пострадали страны Юго-Восточной Азии, имеющие незначительную сырьевую составляющую в экономике

по сравнению с другими регионами развивающегося мира. Конечно, развивающиеся страны, не обладающие значительными ресурсами сырья, усугубляют свое и без того тяжелое экономическое положение, тратя на приобретение необходимых энергоресурсов и материалов большую часть бюджета и опутывая себя долговыми обязательствами. В такой ситуации важную роль начинают играть условия, на которых используется сырье производителями и потребителями, сбалансированность экономики последних, учет контекста мирового развития.

Каковы же пути преодоления этой неблагоприятной для производителей сырья ситуации? Одним из них является эффективное использование форм международного товарообмена между самими странами — производителями сырья, а также усиление внутрирегиональной кооперации на базе собственных ресурсов. Такая политика может привести к увеличению обеспеченности более масштабным объемом различных товаров, снизить потребность в импорте и стабилизировать обмены сырьевого сектора. Кроме того, в значительной степени может быть снята напряженность, связанная с неустойчивостью и ухудшением положения на сырьевых рынках, поскольку все большая часть производимого сырья будет направляться в собственную индустрию по долгосрочным соглашениям. Положительную роль могло, видимо, сыграть расширение сотрудничества с Советским Союзом и другими социалистическими странами, что способствовало бы созданию в развивающихся странах более диверсифицированной индустрии.

Необходимо подчеркнуть, что в глобальной сырьевой проблеме сейчас усиливаются внутригосударственные и внутрирегиональные аспекты и успешность ее решения будет во многом зависеть от того места, которое удастся занять развивающимся странам — производителям сырья в складывающейся новой структуре мирового хозяйства. Это, в свою очередь, обуславливает важность справедливого международного разделения труда, разработку новых форм сотрудничества в решении сырьевой проблемы между странами-экспортерами и странами-импортерами.

3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО СЕКТОРА СССР И ДРУГИХ СТРАН

СССР была единственной в мире промышленно развитой страной, которая обеспечена собственной разветвленной минерально-сырьевой базой [27, 43, 53]. На долю нашей страны приходится более четверти мирового производства топлива и сырья. Особенно быстро их добыча росла во второй половине текущего столетия. За период с 1960 по 1986 год производство угля в СССР выросло на 47%, а в среднем в мире — на 67%, нефти (включая газовый конденсат) соответственно в 4,1 и 2,7 раза, природного газа — в 15,1 и 3,8 раза, железной руды — в 2,3 и 2 раза [33].

Для такого форсированного развития минерально-сырьевой базы существовали веские основания: необходимость быстреей индустриализации, ограниченность средств для импорта, враждебное окружение. Открытие и освоение крупных месторождений полезных ископаемых способствовали невиданной по своим темпам индустриализации, превращению нашей страны в одну из ведущих промышленных держав мира. Такие хозяйственные мероприятия, как освоение железорудных ресурсов Магнитки и КМА, апатитов Хибин, месторождений нефти и газа Волго-Уральского бассейна и Западной Сибири, медно-никелевых руд Норильска, углей Кузнецкого, Карагандинского и Канско-Ачинского бассейнов, рассматривались как имеющие первостепенную важность и пользующиеся приоритетом в распределении инвестиций. Форсированная нагрузка на минерально-сырьевую базу, осуществляемая на основе принципиально не меняющихся технологий, не могла не сказаться на экономических показателях отраслей этого сектора, которые в последние годы добычи ухудшились. Характерная тенденция развития минерально-сырьевого сектора (МСС) нашей страны — отсутствие компенсации темпов ухудшения технико-экономических условий добычи достижениями научно-технического прогресса и существенное превышение темпов ухудшения некоторых аналогичных показателей для промышленности в среднем. Так, в 1976—1980 гг. увеличение приростной капиталоемкости МСС было почти в 2,7 раза выше, чем в среднем по промышленности, и продолжало расти ускоренными темпами в течение одиннадцатой пятилетки. За 10 лет (1970—1980 гг.) основные фонды топливной промышленности выросли в 2,1 раза, а по сравнению с 1960 г. — в 4,3 раза. Особенно быстро увеличивались вложения на создание фондов в газовой промышленности. Соответственно темпы снижения фондоотдачи в добывающем секторе опережали таковые в промышленности в целом в 1,7 раза в десятой пятилетке и почти в 2 раза в одиннадцатой [56].

Во многом это объясняется специфическим характером производственных фондов добывающих отраслей. Большая их часть — пассивные фонды (здания, сооружения, горные выработки, скважины и т. д.), тогда как технико-экономические показатели отрасли в первую очередь зависят от активной части фондов (машины и оборудование), составляющей в добывающих отраслях значительно меньшую долю, чем в машиностроении и в среднем по промышленности.

Функциональные особенности пассивных фондов добывающих отраслей обуславливают их более быстрое выветывание. Горные выработки и скважины требуют значительных затрат на их создание и поддержание в безаварийном состоянии. После отработки запасов угля, руды, нефти и газа они выбывают, оставаясь при этом физически и морально недоамортизированными.

Все большие средства идут на поддержание добычи или сни-

жение темпов ее падения, а не на прирост. В Донбасс, где многие годы наблюдается снижение добычи угля, направляется около 1/3 всех капитальных вложений угольной промышленности. В нефтедобыче в среднем за пятилетку только 5% капитальных вложений шло на обеспечение прироста добычи, остальные 95% направлялись на компенсацию выбывающих мощностей. Многие из негативных явлений экономического развития, на которые указывалось на XXVII съезде КПСС, относящиеся в первую очередь к экстенсивному характеру развития, структурной несбалансированности, ведомственной разобщенности, низким темпам роста производительности труда, зачастую обусловлены сложившейся структурой обеспечения экономики минеральным сырьем, значительной и все увеличивающейся долей добывающих отраслей в капитальных вложениях и производственных фондах.

Отрасли, добывающие и перерабатывающие сырье, имеют обширные и сложные связи с другими отраслями промышленности, определяют значительную часть потребностей в сырье и оборудовании, влияют на работу транспорта, региональное развитие и миграцию трудовых ресурсов. В СССР на развитие топливно-энергетического хозяйства требуется 65% труб и 20% другой продукции черной металлургии, 15% производимой в стране меди и алюминия, 13—18% цемента, более 15% продукции машиностроения. В свою очередь, на производство 1 т стали расходуется энергии (в пересчете на сырую нефть) — 6—8 т, 1 т алюминия — 11—15 т и т. д. [3].

Продукция МСС играет большую роль в экспорте нашей страны. В то же время этот сектор — крупный потребитель импортных машин, оборудования, труб и другой техники. Необходимость такого импорта снижает эффективность использования экспортных поступлений, заставляет значительную их часть тратить на поддержание требуемых объемов экспортных поставок, делает функционирование минерально-сырьевого сектора экономики зависимым от международной политической и экономической ситуации.

При сопоставлении уровня развития МСС с другими показателями, характеризующими степень экономического развития, возникает ряд методических трудностей. Вместе с тем даже ориентировочное сравнение доли МСС в 27 странах по таким показателям, как валовой национальный и внутренний продукт на душу населения и на одного занятого, показывает, что страны, имеющие малую (до 10%) долю МСС в ВВП, занимают ведущие места по этим показателям, причем Япония с незначительной долей МСС в ВВП устойчиво находится на высоком месте, приближаясь к США. В то же время промышленно развитые страны, имеющие более высокую долю МСС (Австралия, Канада, СССР), занимают по данным показателям места во втором и третьем десятке. Развивающиеся страны с высокой долей МСС в ВВП существенно отстают по этим показателям. Из такого сопоставления мож-

но заключить, что прямой связи между степенью развития МСС и общим уровнем экономического развития не наблюдается.

Наиболее развитые в промышленном отношении страны характеризуются относительно, а многие из них и абсолютно невысокой долей производства минерального сырья в общем промышленном производстве. Причем в последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция снижения этой доли, что связано с опережающим увеличением в общем объеме производства продукции конечного потребления, уменьшением удельной материало- и энергоемкости продукции и в ряде случаев с абсолютным сокращением объемов выпуска сырья наиболее развитыми капиталистическими странами. Последнее объясняется как истощением благоприятных по технико-экономическим параметрам месторождений, так и расширением более привлекательных для инвестирования сфер экономики.

В отличие от капиталистических развитых стран в последние два десятилетия многие развивающиеся страны, не имея других средств для решения своих социально-экономических проблем, активно развивали добывающую промышленность, включившись в международное разделение труда.

Имеющиеся по этому вопросу материалы свидетельствуют о существенном изменении географии этой сферы мирового хозяйства, выражающейся в стремлении наиболее промышленно развитых стран уменьшить долю МСС в своей экономике, переложив производство сырья на плечи менее развитых в экономическом отношении партнеров.

В истории известны случаи, когда богатая минерально-сырьевая база давала мощный импульс промышленному развитию некоторых стран, обеспечивала их быстрый экономический рост и лидирующее положение в мире. Наша страна в первые десятилетия после революции в условиях политической и экономической изоляции, отсутствия средств для импорта смогла в короткие сроки осуществить программу индустриализации и социалистического строительства во многом благодаря открытию и быстрому освоению крупных месторождений полезных ископаемых.

И сейчас имеется ряд промышленно развитых стран, экономическое положение и благосостояние которых во многом зависят от функционирования МСС. К ним относятся Канада, Австралия, ЮАР, которые имеют мощную добывающую промышленность, ориентированную в значительной, хотя и в различной степени на экспорт, поступления от которого играют существенную роль в их экономике. В этих странах развито горнодобывающее машиностроение, что позволяет (в отличие от многих развивающихся стран — экспортеров сырья) большую часть экспортных поступлений использовать на развитие «верхних» этажей экономики, а не на поддержание и расширение МСС.

Для понимания характера влияния уровня развития МСС на экономический рост, по нашему мнению, следует рассмотреть особенности конкретных исторических и природных условий периодов крупномасштабного использования сырья той или иной страной.

В общем случае периоды крупномасштабного использования сырья собственной минерально-сырьевой базы совпадали с этапами становления тяжелой промышленности и структурными перестройками транспорта. Начальные стадии освоения минерально-сырьевой базы характеризуются обилием месторождений (относительно потребностей тех периодов) с благоприятными технико-экономическими условиями эксплуатации, что обеспечивало высокую эффективность производства минерального сырья. Часто это совпадало по времени с началом широкомасштабной реализации принципиальных технологических нововведений, таких, как паровая машина, производство чугуна и стали с использованием угольного топлива, машинное производство в текстильной промышленности для Великобритании времен первой промышленной революции, развитие производства двигателей внутреннего сгорания, автомобилестроение, химизация сельского хозяйства для США конца XIX — первой половины XX в. Такие новые технологии играли роль «локомотивов», резко ускоряющих развитие всей экономики.

Изменение эффективности производства минерального сырья в пределах отдельной страны при принципиально не меняющихся технологиях подчиняется определенным закономерностям. На первых порах ухудшение условий производства сырья в той или иной мере компенсируется научно-техническим прогрессом в рамках сложившихся традиционных технологий добычи и переработки. Потребители сырья приспосабливались к меняющимся условиям — разрабатывали менее ресурсоемкие технологии, начинали применять альтернативные виды сырья, использовать другие источники сырья (отходы, вторичные ресурсы, импорт, заменители и т. д.). Следует подчеркнуть, что научно-технический прогресс в рамках традиционных технологий самих добывающих отраслей при достаточно быстром увеличении их продукции не только не компенсирует ухудшающихся условий добычи, но и становится удорожающим фактором, поскольку рост стоимости новой техники уже не компенсируется приростом мощности.

Промышленно развитые капиталистические страны особое значение придавали использованию минерально-сырьевой базы развивающихся стран. Имея вдвое меньше площадь и почти втрое меньше население, чем развивающиеся страны, они используют их потенциал в рамках международного капиталистического разделения труда, получая при этом выигрыш во времени для реализации достижений научно-технического прогресса, перекладывая на плечи развивающихся стран всю сумму негативных экологических последствий и первичной переработки сырья.

Важным элементом решения сырьевой проблемы для некоторых стран является изменение структуры экономики благодаря внедрению достижений научно-технического прогресса. Сейчас ускоренно развиваются электроника, вычислительная техника, биотехнология, генная инженерия и некоторые другие относительно мало материалоемкие и энергоемкие отрасли, вытесняющие в отдельных странах (прежде всего в США и Японии) традиционные отрасли промышленности. Последние либо испытывают стагнацию и сворачиваются внутри страны, развивающей наукоемкие технологии, либо переносятся в другие страны вместе с соответствующими потребностями в сырье.

Очевидно, что топливо и минеральное сырье необходимо для функционирования любой, тем более индустриальной, экономики. И вряд ли приведенные факты и соображения о негативных последствиях для экономики гипертрофированного минерально-сырьевого сектора приведут к мысли о ликвидации производства минерального сырья. Важно только подчеркнуть, что его количество, пути получения, глубина и комплексность переработки и эффективность использования должны соответствовать конкретной стадии экономического развития государства.

Глава II

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Прогнозирование тенденций развития минерально-сырьевой базы мира, как и разработка основных направлений перспективного обеспечения экономики любого отдельно взятого государства топливом и сырьем требуют надежной статистической геологической информации. Достоверная, на единой методической основе статистика минеральных ресурсов в масштабе всей планеты, насколько нам известно, не ведется. Среди причин, мешающих ее осуществлению, не последнюю роль играют значительные различия национальных систем классификации минерального сырья.

Высокие темпы добычи полезных ископаемых во всем мире вызвали истощение целого ряда крупных месторождений, расположенных в освоенных районах и залегающих в благоприятных горно-геологических и географических условиях. Это заставляет все чаще задумываться над проблемой долгосрочной обеспеченности минеральным сырьем и совершенствовать методы учета и систематизации различных его видов.

Научно обоснованная систематизация разведанных запасов и даже эксплуатируемых месторождений — весьма трудная и в своей основе сугубо индивидуальная задача. Ее противоречия и ограничения объективно отражают некоторые специфические особен-

Таблица 1

Распределение мировых известных извлекаемых ресурсов нефти (включая газовый конденсат) и природного газа по месторождениям.
По Р. Нерингу

Месторождения	Запасы одного месторождения по классификации, принятой в США (в пересчете на нефть*), млн м ³	Общее число месторождений в мире	Доля месторождений к общему числу, %	Ресурсы (общие)			
				нефть		природный газ	
				млрд м ³	доля к общему числу, %	трилл м ³	доля к общему числу, %
Гигантские	80 (500 млн баррелей)	400	1,3	135,1	77	73,6	70
В том числе:							
супергигантские	800 (5 млрд. баррелей)	52	0,17	90,5	52	42,5	41
крупнейшие	1000 (10 млрд. баррелей)	30	0,1	75,5	43	31,8	30
Крупные (большие)	8—80 (50—500 млн. баррелей)	1400	4,7	27,8	16	21,2	20

*При пересчете запасов природного газа на жидкие углеводороды в США принят стандартный переводной эквивалент: 6000 кубических футов газа ($28,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$) = 1 баррелю нефти ($158,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$).

ности минеральных ресурсов, к важнейшим из которых относится неравномерный характер распределения полезных компонентов в недрах нашей планеты. В большинстве случаев основные запасы региона, провинции или бассейна сосредоточены в нескольких месторождениях-гигантах. Запасы месторождений-гигантов составляют большую часть запасов не только отдельных регионов, но и мира в целом. Изучение распределения мировых извлекаемых ресурсов нефти (включая газовый конденсат) и природного газа позволяет сделать вывод, что 77 % ресурсов нефти и около 70 % природного газа сконцентрировано в гигантских (с запасами более 80 млн м³) месторождениях¹ (табл. 1). Крупные месторождения полезных ископаемых формируются в результате наиболее благоприятного сочетания различных геологических факторов, проявившихся в исторически определенное время. Учесть эти факторы при исследовании слабо изученной территории чрезвычайно трудно, и это вносит большую неопределенность в прогнозные оценки.

Важной особенностью минеральных ресурсов можно считать изменение во времени относительной ценности одних полезных

¹ В мире известно всего около 30 тысяч месторождений нефти и природного газа.

ископаемых по отношению к другим и переход из группы нерентабельных (забалансовых) в рентабельные. Это бывает вызвано как появлением новых областей применения какого-либо сырья, так и внедрением более эффективных заменителей или новой технологии получения сырья. При этом его ценность может как увеличиваться, так и резко падать. Примером может служить уран, который сорок лет назад практически не использовался, а был лишь побочным продуктом при получении радия. Интересна и судьба железа. По его находкам в ранних египетских захоронениях можно сделать вывод, что оно ценилось в те времена дороже золота. После широкого распространения методов выплавки железа из руды цена на него резко упала. Аналогичная история произошла с алюминием в конце XIX — начале XX в.

К особенностям минеральных ресурсов, активно влияющим на систематизацию их разведанных запасов, относятся также качественные различия минерального сырья на месторождениях одного и того же генезиса. Практически не существует двух месторождений одного и того же вида сырья, одинаковых по концентрации полезного ископаемого, по составу и содержанию сопутствующих компонентов и вмещающих пород, по горно-геологическим и гидрогеологическим условиям.

Из специфических особенностей минеральных ресурсов следует отметить также взаимоисключаемость совместной переработки и раздельного извлечения ряда природных минералов или парагенетических ассоциаций химических элементов. Эти особенности существенно влияют на оценку обеспеченности добычи минеральными ресурсами.

И, наконец, отметим еще одну особенность минеральных ресурсов — неисчерпаемость минеральных форм и природных ассоциаций полезных ископаемых, которая проявляется в постоянном выявлении новых их видов и источников. Рассмотрим на конкретном примере историю освоения природных ресурсов сурьмы (рис. 1).

Добыча сурьмы была начата в 1860 г. на жильных месторождениях Германии, Франции, Боливии и Мексики. Интенсивный рост производства в конце прошлого столетия был связан с вводом в эксплуатацию уникальных пластообразных месторождений юга КНР, на долю которых до 1940 г. приходилось более половины среднегодовой добычи. Оксидные и оксидно-хлоридные сурьмяные руды молодых вулканогенных жильных месторождений были третьим по времени появления промышленным типом. С начала века в течение нескольких последующих десятилетий заметную роль в мировой добыче (до 10 %) играли экзогенные россыпные месторождения долины р. Юцзян на юге КНР, истощение которых совпало по времени с началом освоения жильных золото-сурьмяных и комплексных месторождений. Во время второй мировой войны растущие потребности в сурьме стали удов-

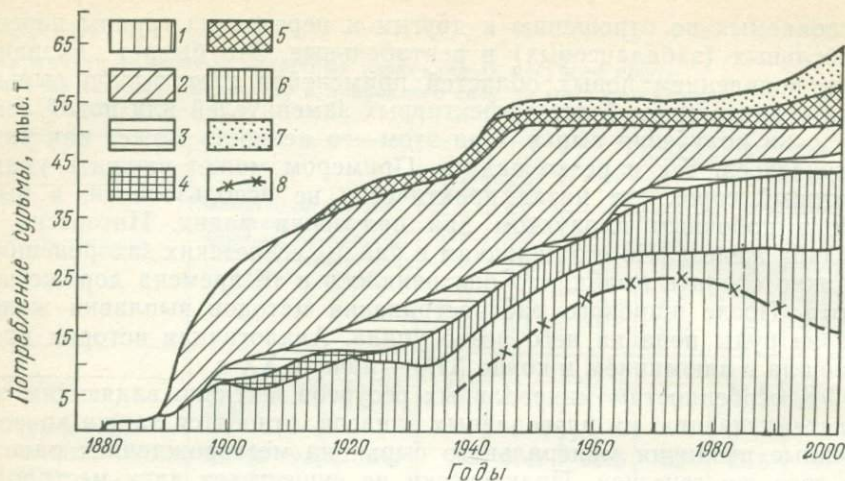


Рис. 1. Динамика потребления различных типов сурьмяных руд (без СССР). По Н. В. Федорчук.

Промышленные типы руд, выделяемые на технологической основе: 1 — жильные кварц-антимонитовые, 2 — пласто- и плащеобразные джаспероидно-антимонитовые, 3 — жильные вулканогенные с оксидными и оксихлоридными сурьмяными рудами, 4 — остаточные россыпи, 5 — жильные комплексные с W, Sn и Au, 6 — жильные золото-сурьмяные, 7 — сурьму содержащие полиметаллические и др.; 8 — потребление вторичной сурьмы

летворяются частично за счет комплексных свинцово-цинковых и других руд, а также вторичной сурьмы, максимальное использование которой пришлось на семидесятые годы.

По данным Н. В. Федорчук, практически все разрабатываемые в настоящее время сурьмяные месторождения относятся к гидротермальной генетической группе, в которой выделяются три основных класса: плутоногенный (собственно гидротермальный), теллотермальный и вулканогенный. Известны два ведущих геолого-промышленных типа месторождений: согласные пластовые джаспероидно-антимонитовые залежи в известняках на контакте с экранирующими их сланцами и жильные кварц-антимонитовые месторождения в терригенных породах различного возраста. Для сырьевой базы промышленно развитых капиталистических и развивающихся стран (за исключением Мексики и частично Алжира) характерно преобладание жильных собственно сурьмяных месторождений, доля которых в суммарной добыче этих стран составляет 85%. Пластообразные месторождения Мексики и вулканогенные месторождения оксидных руд Алжира и Турции покрывают остальную часть добычи — 15%. [42].

Комплексные сурьмяные месторождения известны в США и КНР (вольфрам-сурьмяные Йеллоу-Пайн, Воси и др.), Австралии (золото-сурьмяные Хилгров, Уилуна и др.), Алжире (свинцово-сурьмяные Хаммам-Н'Байль и др.). В отдельные годы

добыча сурьмы из этого источника была весомой. В настоящее время она составляет не менее 5 % общемировой добычи сурьмы. Всего из руд комплексных месторождений получено примерно 4 % суммарной мировой добычи. Перспективы этой группы месторождений могут возрасти в связи с намеченным освоением большого числа комплексных золото- и серебросодержащих месторождений, вызванным резким повышением спроса на благородные металлы.

Основными производителями сурьмянистого свинца, выплавляемого из содержащих сурьму руд свинцово-цинковых месторождений, являются Австралия и США, небольшое количество его производится в ФРГ и Финляндии. Годовая добыча сурьмы в промышленно развитых капиталистических и развивающихся странах за счет этого источника (в виде сплава со свинцом) составляет около 2—3 % мировой. Крупный и перспективный источник получения сурьмы — вторичное сырье, на долю которого в общем балансе потребления в промышленно развитых капиталистических государствах приходится до 70 %. По абсолютному объему вторичная сурьма иногда превышает количество используемого в промышленности первичного металла. Однако наметившаяся с начала 70-х годов тенденция роста производства оксидных соединений и резкое снижение содержания сурьмы в аккумуляторных сплавах играют отрицательную роль в развитии этого источника. Дальнейшее расширение использования оксидных соединений (в основном для производства огнестойких соединений и пропиток) не позволит в будущем рассчитывать на широкое использование вторичного сырья.

В целом к концу столетия основная добыча сурьмы в промышленно развитых капиталистических и развивающихся странах будет осуществляться за счет жильных месторождений кварц-антимонитовой золотосодержащей формации и частично за счет комплексных и сурьмосодержащих месторождений. Определенный резерв прироста производства сурьмы заключен в нетрадиционных — бедных окисленных рудах, которые сейчас не добываются из-за отсутствия эффективной схемы их переработки.

Запасы сурьмы сосредоточены преимущественно в развивающихся странах, а основные ее потребители — промышленно развитые капиталистические государства. Это определяет неустойчивость конъюнктуры сурьмы и ее соединений на мировом рынке. Так как запасы большинства известных месторождений исчерпаны, что обусловлено близповерхностными условиями их залегания, с одной стороны, и ростом потребления этого металла в основном в виде безвозвратно теряющихся оксидных соединений — с другой, дефицит сурьмы в будущем может увеличиться, что, безусловно, скажется на экономических классификационных признаках руд.

Для иллюстрации исторически переходного характера качественных изменений минерально-сырьевой базы остановимся на рет-

Таблица 2

Мировая добыча и производство энергоресурсов на душу населения
(в нефтяном эквиваленте), млрд т

Годы	Энергоресурсы						Итого	Население мира, млрд. чел.	Удельное го- довое энерго- потребление, т/чел
	нефть	природ- ный газ	уголь	гидро- энергия	ядерная энергия	прочие			
1900	0,021	0,007	0,504	0,014	—	0,35	0,896	1,617	0,554
1920	0,098	0,021	0,938	0,021	—	0,42	1,498	1,811	0,827
1940	0,315	0,084	1,316	0,049	—	0,42	2,254	2,295	0,982
1960	0,959	0,441	1,463	0,196	—	0,42	3,549	2,982	1,190
1970	2,149	1,029	1,596	0,322	0,021	0,455	5,572	3,635	1,533
1980	2,978	1,574	2,285	0,421	0,169	0,5	7,927	4,6	1,72
1990*	3,5	2—3	2,5	0,5	1	0,5	10—11	5,7	1,75—1,9
2000	4	4—5	2,7—3	0,7	1—1,5	0,6	13—14,8	7,4	1,75—2

*Для 1990 и 2000 гг. дан прогноз.

роспективе используемых в мире источников энергии. В 1800 г. преобладающим видом топлива были дрова и отходы сельского хозяйства. Уголь в энергобалансе мира составлял лишь около 5 %. В 1880 г. доля угля повысилась до 50 %, а к 1925 г. она достигла своего максимума (74 %). Во второй половине текущего столетия произошел очередной структурный сдвиг — теперь уже в пользу нефти и природного газа, объем потребления которых в топливно-энергетическом балансе индустриально развитых стран за последние 80 лет возрос с 3 до 75 %. Прогноз дальнейших структурных сдвигов в пользу более широкого использования ядерной энергии, угля и природного газа приведен в табл. 2.

Особенно ярко тенденция замены одних источников природного атомного сырья другими, более экономичными, видна на примере урана. В настоящее время основная его часть добывается из месторождений следующих основных промышленных типов: экзогенных — инфильтрационных в платформенном чехле, древних метаморфизованных россыпей (золото-урановых конгломератов), из полигенных месторождений собственно урановых и полиметалльных руд (так называемых зон несогласий), ураноносных альбититов и апогранитов, гидротермальных жильных месторождений.

На рис. 2 показано, как за 40 лет развития атомной промышленности изменилась структура добычи урана в капиталистических и развивавшихся странах [23]. Отчетливо видна периодичность в ее изменении. На раннем этапе — в 40—60-х годах, когда основная часть радиоактивного сырья использовалась для военных целей, уран в основном добывался из выявленных еще в предвоенные годы источников радиевых руд — жильных пятиметалльных и экзогенных урановых и ванадий-урановых месторождений Кана-

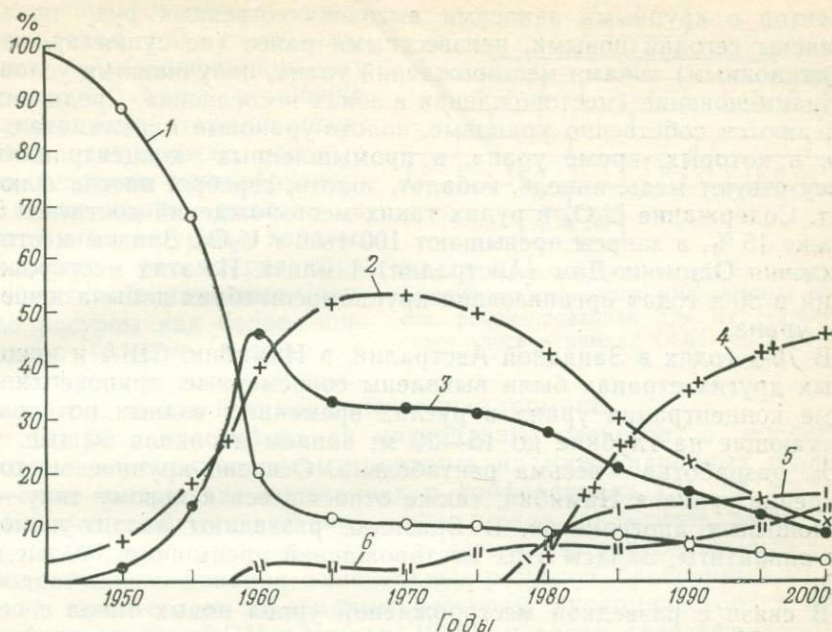


Рис. 2. Динамика добычи урана из месторождений различных типов в капиталистических и развивающихся странах (для 1945—1985 г. приведены фактические данные, для 1990—2000 гг. — прогнозные оценки).

Типы месторождений: 1 — жильные гидротермальные, 2 — экзогенные, 3 — древние золото-урановые конгломераты, 4 — полигенные «зон несогласия», 5 — порфировые (ураноносные апограниты и альбититы), 6 — пегматитовые и скарновые, ураноносные калькриты, гипскриты, фосфориты и др.

ды, США, Заира, Франции и других стран. К концу 50-х годов важным источником урана стали золото-урановые конгломераты ЮАР и Канады. Доля дорогостоящего урана, добываемого из гидротермальных месторождений, к 1960 г. уменьшилась до 15 % против 98 % в 1945 г. Новые (нетрадиционные) виды более дешевого уранового сырья — золото-урановые конгломераты и инфильтрационные в песчаниках заняли ведущее место. Из этих месторождений в конце 50-х годов добывалось более 80 % урана.

В связи с ускоренным развитием атомной энергетики в конце 60-х и особенно в 70-х годах были значительно расширены поиски новых месторождений урана [23, 40]. В результате были открыты крупнейшие по запасам месторождения собственно урановых и комплексных богатых руд, в первую очередь в Австралии, Канаде и Бразилии. Существенно изменились наши представления о возможных источниках природного урана. В 50-х—60-х годах к категории крупных относились месторождения с запасами U_3O_8 в 10—15 тыс. т при содержании в рудах 0,1 %. Большинство новых

объектов с крупными запасами высококачественных руд представлены сегодня новыми, неизвестными ранее (по существу, нетрадиционным) типами месторождений урана, получившими условное наименование «месторождения в зонах несогласия». Среди них выделяются собственно урановые, золото-урановые и полиметалльные, в которых, кроме урана, в промышленных концентрациях присутствуют медь, никель, кобальт, золото, серебро, иногда флюорит. Содержание U_3O_8 в рудах таких месторождений достигает 5 и даже 15 %, а запасы превышают 100 тыс. т U_3O_8 . Запасы месторождения Олимпик-Дам (Австралия) 1 млн т. Из этих месторождений в 80-х годах организована крупномасштабная добыча дешевого урана.

В 70-х годах в Западной Австралии, в Намибии, США и некоторых других странах были выявлены современные, приповерхностные концентрации урана в руслах временных водных потоков, залегающие на глубине до 15—20 м; запасы их около 50 тыс. т U_3O_8 , разработка — весьма рентабельна. Освоено крупное месторождение урана в Намибии, также относящееся к новому типу — ураноносных апогранитов. В Бразилии разведаны апатит-урановые альбититы. Запасы этих месторождений превышают 100 тыс. т U_3O_8 .

В связи с разведкой месторождений урана новых типов с середины 70-х годов в мире началась кардинальная перестройка сырьевой базы атомной промышленности. В середине 80-х годов производство урана из богатых комплексных руд Атабаски (Канада) и Австралии стало сопоставимым с его производством из руд месторождений традиционных типов. При этом себестоимость добычи 1 т металла на новых объектах оказалась в 2,5—3 раза меньше, чем на предприятиях, созданных ранее. Именно поэтому при прогнозных оценках развития горнодобывающей атомной промышленности до конца XX в. большинство специалистов отводит основное место месторождениям новых типов — богатым комплексным рудам урана как главным источникам сырья. Доля традиционных источников природного урана неуклонно уменьшается (см. рис. 2).

В перспективе, в связи с увеличением доли энергетических установок на быстрых нейтронах потребности в первичном природном уране будут уменьшаться, и их удовлетворение, по-видимому, в основном будет осуществляться за счет весьма рентабельных месторождений комплексных руд.

1. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Проблему учета минеральных ресурсов мира можно успешно решить лишь на базе унифицированной международной их классификации. Создание такой классификации требует последователь-

ного согласования и сопоставления ряда национальных классификационных схем, а также уточнения применяемой терминологии. Речь идет прежде всего о закреплении единообразного методического подхода к терминам ресурсы и запасы, которые рассматриваются то как соподчиненные (когда ресурсы как более широкое понятие включает в себя запасы полезных ископаемых), то как взаимоисключающие термины.

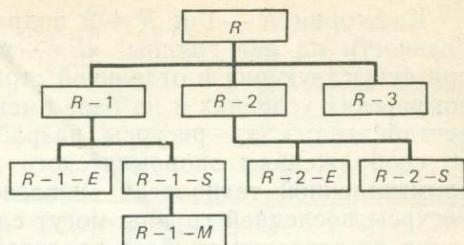


Рис. 3. Принципиальная схема международной классификации минеральных ресурсов, рекомендованная для их статистического учета в рамках ООН (1979 г.)

Вопросы классификации минеральных ресурсов в последние годы неоднократно рассматривались на международных геологических конгрессах, совещаниях и конференциях [31, 62, 63, 69]. Итоги этих обсуждений закрепились в ряде документов, из которых целесообразно выделить доклад группы экспертов по международной классификации минеральных ресурсов, одобренный VI сессией Комитета по природным ресурсам Экономического и социального совета ООН (Анкара, 1979), и схему классификации ресурсов углеводородного сырья, принятую на Международной конференции по долгосрочным энергетическим ресурсам (Монреаль, 1979), организованной Институтом ООН по обучению и исследованиям (ЮНИТАР). Наиболее полный обзор современных классификаций, принятых в развитых капиталистических и развивающихся странах, сделан В. Н. Полуэктовым и А. Г. Воробьевым, а также К. П. Кавуном, К. В. Мироновым, М. С. Моделевским и др.

Принципиальная схема международной классификации минерального сырья [16], разработанная на конференции экспертов ООН в начале 1979 г., была рекомендована для внедрения при статистическом учете всех видов минеральных ресурсов. В ней выделены три категории геологической достоверности ресурсов (рис. 3): $R-1$ — ресурсы детально изученных месторождений, для которых установлены условия залегания, морфология и качество полезного ископаемого отдельных рудных тел; $R-2$ — предварительно оцененные ресурсы, геологические параметры которых измерены лишь в некоторых точках и являются резервом для прироста ресурсов категории $R-1$; $R-3$ — невыявленные ресурсы известных промышленных типов, оцениваемые на основе геологической экстраполяции, геофизических и геохимических данных или с помощью статистических методов, которые используются для выбора направлений поисковых работ и оценки перспектив отдельных районов.

Категории $R-1$ и $R-2$ подразделяются по степени рентабельности на две группы: « E » — ресурсы, эксплуатация которых при существующих в отдельной стране или регионе социально-экономических условиях и на базе имеющейся технологии возможна и рентабельна; « S » — ресурсы, разработка которых нецелесообразна по соображениям экономического интереса или из-за отсутствия промышленной технологии извлечения полезных компонентов. Ресурсы последней группы могут служить основой для проектирования их освоения на базе прогнозируемых изменений экономических условий или технологических решений. В зависимости от длительности временных интервалов ожидаемых изменений в экономике и технологии добычи и переработки ресурсов категории $R-1-S$ могут иметь более дробное строение.

Термин «запасы» в указанной классификации не употребляется. Предусматривается учет общего количества минеральных ресурсов в недрах. Для классификации их извлекаемой части рекомендовано пользоваться параллельной системой классификации, в которой вместо R используется буква « r ».

На основе описанной международной классификации К. П. Кавуном [16] был разработан вариант систематизации так называемых «новых» видов минеральных ресурсов, под которыми он понимает «ресурсы недр, а также продукцию их добычи и переработки, использование которых в народном хозяйстве может стать экономически эффективным и целесообразным в результате использования достижений научно-технического прогресса». В состав новых видов минерального сырья при этом включаются забалансовые запасы известных месторождений ($R-1-S$ и $R-2-S$) и забалансовые прогнозные ресурсы ($R-3-S$). Все многообразие минеральных ресурсов К. П. Кавуном подразделяется на известные и новые промышленно-генетические типы, размещенные в четырех сферах: на континентах, в Мировом океане, в космосе и зоне техногенеза (табл. 3).

Среди зарубежных классификаций запасов и ресурсов полезных ископаемых наибольшее распространение получила схема, предложенная в 1972 г. В. Маккелви. Разработанная в 1974 г. на ее основе унифицированная классификация Горного бюро и Геологической службы США была основана на учете стадийных изменений двух основных показателей — промышленной ценности и геологической изученности минеральных ресурсов. При этом понятие общие ресурсы включает как выявленные месторождения полезных ископаемых, так и не обнаруженные, но теоретически обоснованные, предполагаемые проявления природного минерального сырья. По степени промышленной ценности ресурсы подразделялись на рентабельные и условно рентабельные.

В 1980 г. в США введена новая классификация запасов и ресурсов минерального сырья, в большей степени пригодная для практической деятельности и целей долгосрочного планирования.

Таблица 3

Классификация потенциальных минеральных ресурсов [16]

Промышленно-генетические типы потенциальных минеральных ресурсов <i>F</i>	Факторы, препятствующие вовлечению ресурсов в хозяйственный оборот	Сфера приложения достижений научно-технического прогресса, имеющая основное значение для перевода ресурсов в разряд «балансовых»*	Сфера размещения				
			Континенты <i>L</i>	Мировой океан <i>O</i>	Космос <i>C</i>	Зона техногенеза <i>W</i>	
Известные	Залегание в сложных горнотехнических условиях (в том числе на значительной глубине)	Добыча полезных ископаемых из недр <i>m</i>	<i>FL—m</i>	<i>FL—s</i>	<i>FO—m</i>	<i>FW—m</i>	
	Низкое качество ресурсов (в том числе низкое содержание полезных компонентов)	Обогащение и переработка минерального сырья <i>p</i>					<i>FL—p</i>
	Расположение в труднодоступных районах и неблагоприятных природно-климатических условиях	Транспортировка минерального сырья и продуктов его переработки <i>t</i>		<i>FL—t</i>	<i>FO—t</i>	<i>FC</i>	<i>FW—t</i>
	Ограниченная область применения	Изучение потребительских свойств полезных ископаемых <i>u</i>		<i>FL—u</i>	<i>FO—u</i>		<i>FW—u</i>
Новые	Отсутствие информации о местонахождении и свойствах	Методы обнаружения анализа и оценки ресурсов <i>d</i>		<i>FL—d</i>	<i>FO—d</i>	<i>FW—d</i>	

Основное отличие новой классификации — выделение в составе выявленных ресурсов категории «ресурсная база», в которую кроме доказанных ресурсов включена также часть условно рентабельных ресурсов, названная в классификации предельными. Таким образом, в ресурсной базе учитываются ресурсы, использование которых было бы возможным при определенных изменениях экономических и технологических факторов.

Термин запасы в указанной классификации определен более узко: рентабельно извлекаемая часть доказанных ресурсов, не включающая в свой состав предварительно оцененные ресурсы. Используемый в СССР термин «извлекаемые запасы» в США является в связи с этим излишним.

Рассмотрение глобальных проблем состояния и перспектив развития мирового минерально-сырьевого потенциала потребовало разработки и использования такого варианта классификации, который позволил бы обобщить на единой методологической основе опубликованные разрозненные сведения о минеральных ресурсах нашей планеты. Применяемая классификационная схема должна была отражать наиболее типичные и существенные стороны исследуемого комплекса природных ресурсов. При этом прямое использование принятых в нашей стране классификаций для твердых полезных ископаемых [20] и углеводородного сырья [19, 21] в качестве основы для справки о минерально-сырьевом потенциале традиционных и нетрадиционных природных ресурсах мира оказалось неприемлемым из-за их значительных отличий от национальных классификаций других стран. Содержание принятых за рубежом классификационных понятий не всегда тождественно русским терминам (рис. 4).

К промышленному типу месторождений, по мнению В. М. Крейтера, разделяемому большинством советских ученых и специалистов, можно отнести такое природное геолого-минералогическое проявление полезного ископаемого, разработка которого позволяет осуществлять добычу, выражающуюся целыми процентами или составляющую не менее одного процента мирового производства этого вида минерального сырья. Понятие «промышленный тип месторождения» предполагает также возможность длительной (как минимум — в пределах срока амортизации установленного основного оборудования), устойчивой и рентабельной эксплуатации разведанных запасов сырья.

Планировать прирост разведанных запасов полезных ископаемых целесообразно с учетом срока вовлечения их в хозяйственный оборот. Простое увеличение абсолютного количества промышленных запасов минерального сырья, числящихся на балансе геологоразведочных предприятий, не гарантирует устойчивое развитие народного хозяйства. Необходим дифференцированный подход к планированию стадийности геологоразведочного процесса, в основе которого должны быть заложены анализ перспектив раз-

Классификационная схема		Категории запасов				Категории ресурсов		
СССР (1983 г.)		Разведанные			Предварительно оцененные	Перспективные	Прогнозные	
		A	B	C ₁	C ₂	C ₃	D ₁	D ₂
США	Американский нефтяной институт	Открытые				Неоткрытые		
		Доказанные		Вероятные		Возможные		Умозрительные (предполагаемые)
					Гипотетические (теоретически обоснованные)			
	Горное бюро и геологическая служба	Измеренные (разведанные)				Неоткрытые		
Измеренные (возможная ошибка ± 20 %)		Расчетные	Подразумеваемые		Гипотетические	Умозрительные (предполагаемые)		
Разбуренные		Неразбуренные	Отмеченные				(теоретически возможные)	

Рис. 4. Схема сопоставления классификаций ресурсов нефти, принятых в СССР и США

вития экономических районов и территориально-производственных комплексов страны, учет потребностей в том или ином виде минерального сырья каждого действующего или намеченного к строительству горного предприятия, соображения о сроках окупаемости капитальных вложений в освоение разведываемого вида минерального сырья.

Стадийность геологоразведочных работ в направлении от региональных к детальным исследованиям предопределяет различную степень достоверности получаемых конечных результатов, определенное соотношение групп и категорий запасов полезных ископаемых. Один из возможных вариантов схемы взаимосвязи этапов и стадий геологоразведочных работ и их конечных результатов приведен в табл. 4.

В общем случае под термином «освоение минерально-сырьевых ресурсов» подразумевается цикл последовательных стадий и этапов изучения геологического строения исследуемых территорий, поисков, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Такая трактовка термина не противоречит принятым в нашей стране мнениям. Обзор зарубежных литературных источников, выполненный Э. Рывкиным, позволяет получить представление о составе типичного для США и других развитых капиталистических государств производственного цикла освоения полезных ископаемых. Выделяются шесть стадий: 1) региональная оценка, 2) региональная работа в области, 3) детальное наземное исследо-

Таблица 4

Схема взаимосвязи стадий геологоразведочных работ и их конечных результатов для твердых полезных ископаемых и подземных вод.

По [19, 25] с изменениями

Стадии геологоразведочных работ	Конечные результаты		Группы запасов
	Соотношение категории запасов	Оценка запасов применительно к геологическим объектам	
Региональные геологосъемочные и геофизические работы масштаба 1 : 200 000 (1 : 100 000)	P_2, P_3 (100 %)	Прогнозная оценка запасов полезных ископаемых в пределах крупных перспективных территорий (рудных районов и зон, металлогенических поясов и провинций). Назначение — обоснование перспективных площадей и определение условий проведения поисково-съемочных работ	Прогнозные
Поисково-съемочные работы	P_2, P_1 (50—80 %)	Прогнозная оценка запасов полезного ископаемого в пределах оконтуренных рудных узлов и полей. Назначение — обоснование постановки поисково-оценочных работ в целях дальнейшего изучения выявленных или предполагаемых проявлений минеральных образований	
Поисково-оценочные работы	P_1 (50—80 %) C_2 (20—50 %)	Предварительная оценка запасов полезного ископаемого в пределах геологически обоснованных границ месторождения или благоприятных структур. Назначение — обоснование постановки предварительной разведки месторождения или отбраковки минеральных проявлений, не имеющих промышленного значения	Предварительно оцененные
Предварительная разведка	C_2 (50—80 %)	Оценка предварительно разведанных запасов полезного ископаемого в	

Продолжение табл. 4

Стадии геологоразведочных работ	Конечные результаты		Группы запасов
	Соотношение категории запасов	Оценка запасов применительно к геологическим объектам	
	C_1 (20—50 %)	пределах установленного контура месторождения или отдельных его рудных тел. Назначение — выяснение промышленного значения месторождения и обоснование постановки детальной разведки	Разведанные
Детальная разведка	C_1 (50—80 %)	Оценка разведанных запасов полезного ископаемого в контурах изученных рудных тел месторождения или их частей.	
	$A+B$ (20—50 %)	Назначение — составление технического проекта разработки месторождения или его части	
Эксплуатационная разведка	$A+B$ (100 %)	Оценка подготовленных к выемке разведанных запасов полезного ископаемого в контурах эксплуатационных блоков. Назначение — текущее планирование добычи полезного ископаемого требуемого качества	

вание выборочных зон, 4) детальное трехмерное опробование выборочных зон, 5) обустройство месторождения, 6) добыча полезного ископаемого. На двух последних стадиях проводятся бурение эксплуатационных скважин, строительство рудника, заводов, вспомогательных объектов, дорог, линий электропередач, трубопроводов, бытовых объектов и т. д., а также эксплуатация месторождений (открытая или подземная), промысловых скважин и вспомогательных сооружений и объектов.

Таким образом, представления о содержании термина освоение месторождений, принятом в нашей стране и за рубежом, совпадают.

Важная отличительная сторона геологоразведочных процессов — их растущая во времени изученность (информационная обеспеченность), положенная в основу принятой в СССР схемы рас-

РЕСУРСЫ, ЗАПАСЫ		Общие ресурсы					
		Открытые				Неоткрытые	
		Разведанные (промышленные) запасы		Предвари- тельно оцененные запасы	Перспек- тивные ресурсы	Прогнозные ресурсы	
		Измеренные	Расчетные			Теорети- чески обос- нованные (гипоте- тические)	Предпола- гаемые (умозри- тельные)
Рентабель- ные		A + B	C ₁	C ₂ на место- рождениях	C ₃ на перспек- тивных структурах	D ₁ (P ₁ и P ₂)	D ₂ (P ₃)
Условно рентабельные	Близкие к рента- бельным						
	Близкие к нерента- бельным						
Нерентабель- ные							

← Геологическая изученность и достоверность →

↑ Рентабельность ↑

Рис. 5. Схема классификации минерального сырья.

Категории ресурсов P₁, P₂ и P₃ установлены для твердых полезных ископаемых; C₃, D₁ и D₂ — для нефти и горючих газов

членения минеральных ресурсов на категории ресурсов и запасов (рис. 5).

Комплексный систематический общегосударственный учет предварительно оцененных запасов, перспективных и прогнозных ресурсов налажен в настоящее время лишь в СССР и странах — членах СЭВ. Именно на эти категории запасов и ресурсов приходится основная масса нетрадиционного минерального сырья.

До недавнего времени оценка ресурсов урана, например, вообще ограничивалась запасами открытых месторождений, сейчас учитываются и прогнозные ресурсы. Специальная консультативная группа специалистов, созданная при участии Международного агентства по атомной энергетике при ООН, рекомендовала ввести в классификацию ресурсов урана новую категорию — «дополнительно оцененные ресурсы второй очереди», которая включает прогнозные ресурсы урана, подсчитываемые за пределами известных месторождений и рудных полей.

Объективный характер постоянного качественного изменения минерально-сырьевой базы экономики обусловит целесообраз-

ность периодических пересмотров классификационных схем запасов месторождений полезных ископаемых. В нашей стране с 1927 г. классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых изменялась и утверждалась вновь шесть раз. В последних редакциях классификации (для твердых полезных ископаемых 1981 г., для нефти и газа 1983 г.) предусмотрен ряд новых прогрессивных положений, учитывающих современные требования о более комплексной и всесторонней оценке минерального сырья, повышены требования к изученности состава и технологических свойств руд, исследованию возможностей использования пород вскрыши и отходов будущего производства, охране природы.

2. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

В принятых в СССР классификациях запасов месторождений нефти и газа [20], а также твердых полезных ископаемых [19] нетрадиционные ресурсы не рассматриваются. Первый опыт такого рода разработок имеется лишь для битумов [21]. Целесообразность дальнейших исследований, нацеленных на изучение особенностей нетрадиционных видов минерального сырья, обусловлена сегодня прежде всего практикой освоения природных ресурсов, примеры из которой уже приводились.

При разработке основ систематизации природных минеральных ресурсов необходимо постоянно соблюдать адекватность устанавливаемых классификационных ступеней объективным закономерностям изменения состава, строения, параметров исследуемого вещества и природных минеральных ассоциаций, а также коренным интересам устойчивого и поступательного развития народного хозяйства. Классификация запасов должна быть наиболее точной формой научного и инженерного отображения реального состояния разведанной, перспективной и прогнозируемой частей минерально-сырьевых ресурсов.

Не затрагивая все детали предложений, которые были высказаны в литературе по поводу целесообразности тех или иных изменений, предлагаемых в целях совершенствования действующей классификации запасов месторождений нефти и газа, отметим, что наиболее часто выдвигалось требование о целесообразности отражения их добычных возможностей [63]. При этом предлагалось дифференцировать разведанные месторождения по степени истощения запасов — неразрабатываемые, разрабатываемые в период растущей, стабильной и падающей добычи (рис. 6), а также подразделять извлекаемые запасы нефти на две группы — активные (запасы залежей с проницаемостью коллекторов более $50 \cdot 10^{-3}$ мкм², вязкостью нефти менее 30 МПа·с) и трудноизвлекаемые (запасы подгазовых и водонефтяных зон с малой нефте-



Рис. 6. Схема классификации нефтяных ресурсов. По Э. М. Халимову и М. В. Фейгину

насыщенной мощностью, с проницаемостью коллекторов менее $50 \cdot 10^{-3}$ мкм², вязкостью нефти более 30 МПа·с).

Научно обоснованная классификация минеральных ресурсов в нашей стране и в большинстве стран мира основывается на двух классификационных признаках — степени геологической изученности и сведениях о промышленной ценности природного сырья, данные о которых фиксируются по итогам завершенных этапов и стадий геологоразведочных работ. Классификация минеральных ресурсов должна также учитывать возможность и очередность перехода различных типов нерентабельных и слабоизученных ресурсов в промышленные запасы, т. е. иметь динамический характер.

Термин «минеральные ресурсы» применяется в геологической литературе обычно в двух значениях. В широком смысле к категории минеральных ресурсов относятся все виды полезных ископаемых, экономичная разработка которых возможна в настоящее время или в будущем. В более узком значении под минеральными ресурсами понимается сумма неоткрытых (прогнозных) проявлений полезных ископаемых.

По мнению ряда советских [16] и зарубежных исследователей, первоочередное внимание должно быть обращено на такие ресурсы, которые могут оказаться рентабельными в течение двух-трех ближайших десятилетий.

Исследование переходных процессов в ряду нетрадиционных источников сырья требует на первом этапе определения принципиальной схемы освоения минерально-сырьевых ресурсов, согласованной с их классификацией. Результаты такой попытки, принятой на базе отечественных опубликованных материалов с учетом схем других стран мира, приводятся на рис. 7.

В состав нетрадиционных ресурсов предлагается включать новые проявления, которые закономерно выявляются в процессе геологического поиска, умозрительные (предполагаемые), гипотетические (теоретически возможные) ресурсы, некондиционные, забалансовые, остаточные и вторичные, а также частично предварительно оцененные и разведанные запасы (рис. 8).

Возможность существования в реальном масштабе времени среди многообразия геогенных и космогенных природных ресурсов определенного количества непознанного минерального сырья подтверждается практикой исторического развития представлений о практической значимости и пригодности тех или иных природных ресурсов. Достаточно вспомнить руды радиоактивных металлов, железомарганцевые конкреции Мирового океана, металлоносные осадки и рассолы рифтовых зон, залежи природного газа в твердом газогидратном состоянии, бесхлорные калийсодержащие породы (сынныриты) и многие другие примеры закономерного открытия принципиально новых видов и ассоциаций природных веществ.

По мере развития наук о Земле и Космосе не познанные человечеством ресурсы переходят в группу умозрительных — наименее изученную часть природного сырья, исследование которого продолжается в процессе геологоразведочных и научно-исследовательских работ на региональной стадии.

Неразведанная еще часть общих запасов минерального сырья региона, определяемая в границах предполагаемых нефтегазоносных и рудосодержащих районов, представляет собой следующую, более изученную группу гипотетических ресурсов. На стадии поисково-оценочных и детализационных работ, в процессе структурно-поискового и поискового бурения и проходки легких горных выработок уточняются контуры развития перспективных или предварительно оцененных запасов.

Количественная оценка прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых в соответствии с принятой методикой [59] производится комплексно согласно условиям (требованиям к качеству и технологическим свойствам полезных ископаемых), утвержденным для известных аналогичных месторождений, а также с учетом возможных изменений указанных требований в

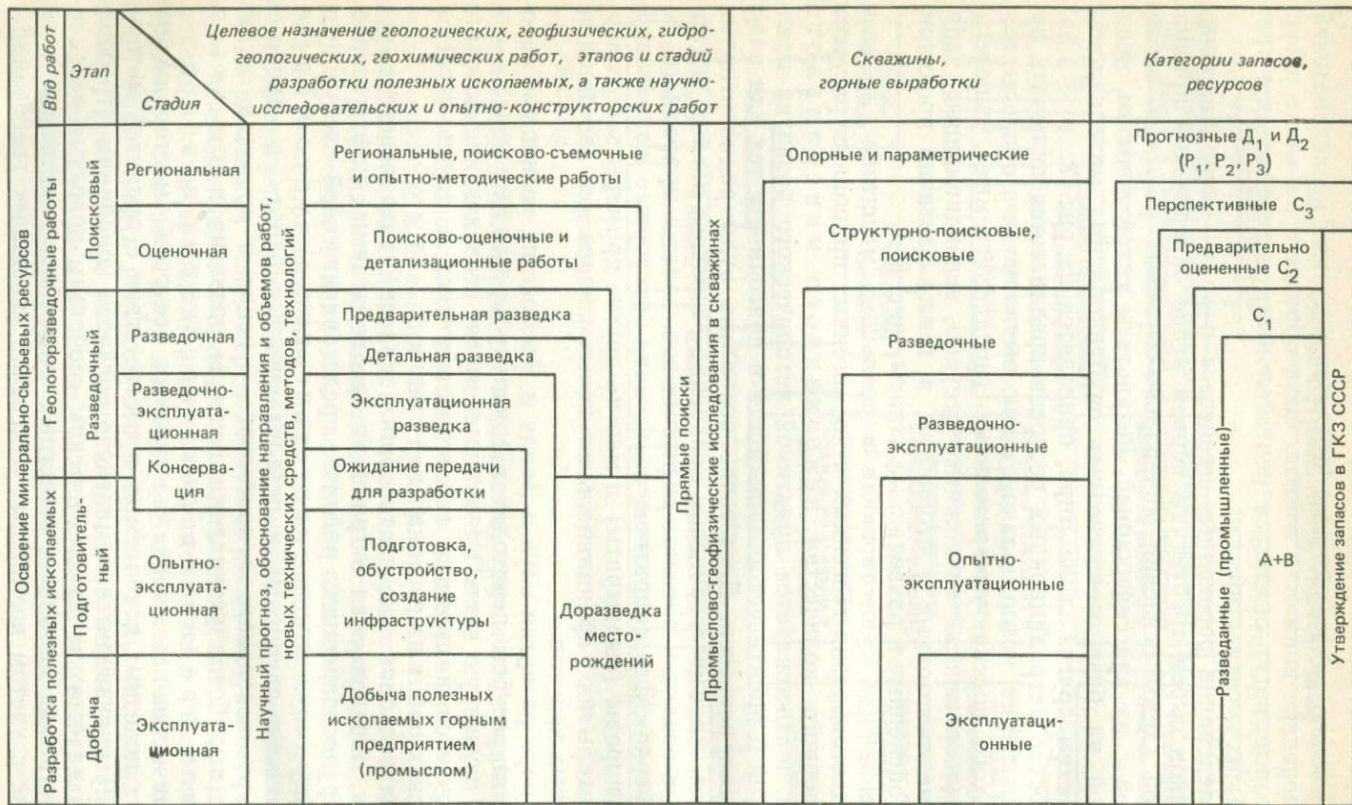


Рис. 7. Схема освоения минерально-сырьевых ресурсов

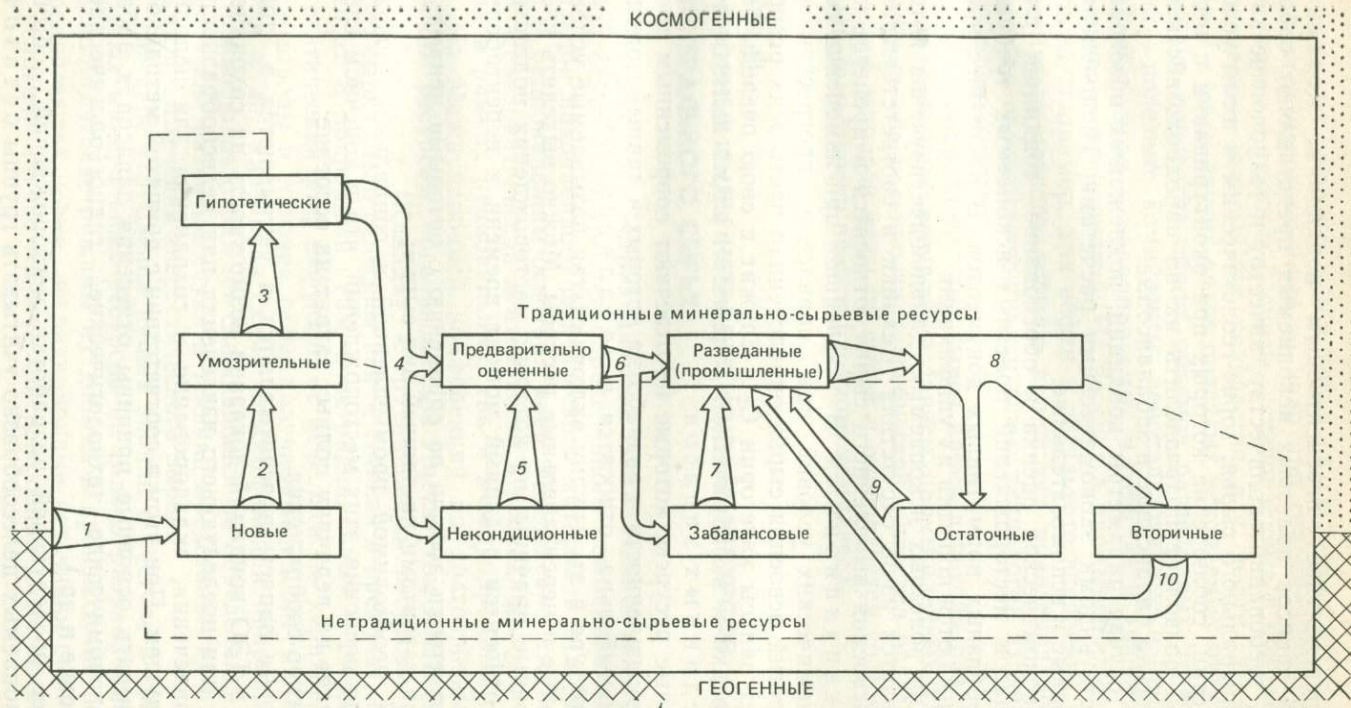


Рис. 8. Принципиальная схема формирования промышленных запасов минерального сырья:

1 — развитие наук о Земле и Космосе; 2 — современное состояние науки, техники и технологии; 3 — региональные геолого-географические и опытно-методические работы; 4 — поисково-разведочные и детализационные работы на основе временных кондиций; 5 — новые социально-политические и экономические условия, появление новых технологий освоения минерального сырья; 6 — разведка и экономическая оценка месторождений; 7 — изменение социально-экономических и технологических условий освоения месторождений; 8 — добыча и переработка минерального сырья; 9 — внедрение вторичных и третичных методов добычи; 10 — появление новых потребностей и новых технологий извлечения полезных компонентов

ближайшей перспективе — перспективным кондициям. Кондиция для подсчета запасов полезных ископаемых представляют собой совокупность требований к количеству, качеству и технологическим свойствам минерального сырья, горно-геологическим и иным условиям разработки, соблюдение которых при оконтуривании и подсчете запасов позволяет подразделить их по народнохозяйственному значению на балансовые и забалансовые.

В общем случае параметры кондиций, подлежащих обоснованию соответствующими экономическими расчетами, подразделяются на основные и вспомогательные.

Геолого-экономическая оценка и обоснование кондиций для подсчета запасов месторождений полезных ископаемых требуют учета разнообразных нормативных документов. В настоящее время предпринимаются попытки их унификации.

Проявления полезных ископаемых, дальнейшее изучение которых сдерживается из-за отсутствия техники и соответствующей технологии освоения выявленного сырья, относятся в процессе их оценки к некондиционным. В дальнейшем при изменении социально-экономических условий, при появлении прогрессивных новых технологий освоения сырья определенная часть этих ресурсов пополняет запасы категории C_2 и служит в свою очередь базой для разведки и экономической оценки промышленных или разведанных запасов.

Минеральные ресурсы, которые не отвечают современным требованиям промышленности и разработка которых в данный момент времени нерентабельна, относятся к забалансовым. В зарубежной литературе в эту группу включают так называемые условно рентабельные и нерентабельные ресурсы. Можно выделить следующие основные причины, по которым месторождения полезных ископаемых относятся в данный момент времени к нерентабельным:

высокие издержки добычи по сравнению с оптовыми ценами и замыкающими затратами на данный вид сырья;

отсутствие необходимой промышленной и социальной инфраструктуры для освоения этих месторождений, что в конечном счете также влияет на величину полных затрат на освоение;

экологические соображения.

Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При этом в соответствии с принятой методикой следует указывать основные причины отнесения запасов к забалансовым (экономические, технологические, гидрогеологические, горнотехнические и др.).

В процессе последующей разработки месторождений, добычи полезных ископаемых целесообразно учитывать группы остаточ-

ных и вторичных минеральных ресурсов. К первой относятся неизвлеченные из недр при современном уровне развития науки и техники ресурсы, установленные в недрах общие геологические запасы. Их количества для нефти, угля, калийных солей и ряда других видов полезных ископаемых могут составлять десятки процентов общих объемов разведанных запасов. Ко второй — полезные компоненты, неиспользованные в процессе переработки сырья и накапливаемые в отвалах и «хвостах» горнодобывающих предприятий. Их перевод в промышленные запасы возможен, например, для нефти в результате внедрения вторичных и третичных методов добычи, в процессе появления новых потребностей и соответствующих им новых технологий извлечения полезных компонентов.

Для конкретного типа сырья время перехода различных видов нетрадиционных ресурсов в запасы промышленных категорий зависит от обеспеченности потребностей общества разведанными запасами, мировой цены на сырье и определяется состоянием экономики, в частности инвестиционного комплекса.

Глава III

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ НЕТРАДИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Возросшая роль нетрадиционной составляющей минерально-сырьевой базы мира требует определенного осмысливания и систематизации накопленного фактического материала в целях укоренного и рационального освоения недр. Подведение итогов такого рода исследовательской деятельности в последние годы имело место как в рамках национальных, так и международных организаций.

На Международной конференции по долгосрочным энергетическим ресурсам, организованной Институтом ЮНИТАР в 1979 г. в г. Монреале (Канада), к традиционным ресурсам углеводородного сырья были отнесены нефть (легкая и средняя), газовый конденсат и природный газ; к нетрадиционным — твердые битумы (генетический ряд нафтидов от асфальта до керита), жидкие углеводороды и горючие газы, получаемые из битуминозных пород, угля и др. Указанная схема классификации природных ресурсов углеводородов отражает сложившиеся на определенном историческом этапе развития науки и техники представления о методах добычи и извлечения энергетического сырья.

По мере углубления наших знаний о составе и свойствах природных минеральных ресурсов не только разрабатываются новые технологические режимы их добычи и производства, но и нередко предлагаются новые, нетрадиционные источники сырья и энергии. В условиях научно-технической революции даже солнечная, давно

известная человечеству энергия может использоваться через новые, сегодня нетрадиционные технические и технологические средства (солнечные космические батареи, бесконвекционные солнечные пруды и др.), которые в будущем могут стать традиционными.

Рушатся традиционные представления о «специализации» отдельных регионов на строго фиксированный генетический комплекс полезных ископаемых. Открыты принципиально новые типы оруденения и продуктивные горизонты, ранее неизвестные в нашей стране: стратиформные залежи сульфидных руд среди сланцевых флишoidных толщ Главного Кавказского хребта, золото и оловорудные месторождения в Средней Азии, флюоритовые месторождения Забайкалья и Южного Казахстана, нефть и газ в меловых терригенных отложениях Западной Сибири, алмазы некимберлитового происхождения и др.

Влияние современной геологоразведочной практики на развитие геологической науки заключается прежде всего в том, что она требует пересмотра традиционных представлений об определенной (и только такой) «специализации» геологических регионов [65].

Идеи о поисках низкотемпературных гидротермальных месторождений сурьмы, ртуты, барита, флюорита в докембрийских областях, представления о более широком, чем это предполагалось ранее, распространении стратиформных свинцово-цинковых и шеелит-антимонитовых залежей в осадочных формациях уже получили практическое подтверждение в нашей стране и за рубежом. Следует усилить внимание к поискам и разведке месторождений порфирирового типа (меди, молибдена, олова, вольфрама, золота, серебра и др.), стратиформных месторождений меди, урана, золота, вольфрама (в терригенных и, в частности, черносланцевых комплексах), месторождений золота в докембрийских железорудных и марганценосных формациях, месторождений платины в дифференцированных массивах основных и ультраосновных пород. Заслуживают внимания сведения об обнаружении на смежной с СССР территории Финляндии нехарактерных для щитов медно-вольфрамовых месторождений, представленных трубками взрыва, в которых обломки докембрийских пород сцементированы турмалинсодержащей породой с шеелитом и халькопиритом.

Для решения Продовольственной программы СССР требуется выработка нового нетрадиционного подхода к выявлению и использованию давно известных местных и новых видов минеральных агресурсов. Речь идет об удобрениях, уже используемых без обогащения и переработки: торфовививаните, озерном иле (сапронель), глауконите, цеолитах, бесхлорных калийных породах (сынныритах). Последний вид минерального сырья, впервые выявленный геологами Бурятии в районе хр. Сыныр, позволяет получить в процессе промышленной переработки кроме нового вида калиевых удобрений (метасиликат калия) сырье для алюминиевой промышленности (глинозем).

Возможность обнаружения полезных ископаемых в нетрадиционных для них условиях залегания можно иллюстрировать многочисленными примерами из практики геологоразведочных работ на нефть и газ. Более 40 лет назад академик А. А. Трофимук начал поиски нефти в Башкирии на площадях, где отсутствовали традиционные по тем временам терригенные коллекторы. Это позволило открыть здесь Карлинское и Кинзебулатовское месторождения, приуроченные к зонам трещиноватых известняков, мергелей и доломитов (трещинный тип коллекторов), определить новое направление поисков нефти. В наши дни такое же значение, по мнению многих ученых и специалистов, имеет выявление нефтяных залежей в битуминозных глинах баженовской свиты Западной Сибири, которые являются для нефти не только материнскими, но и аккумулярующими толщами.

Битуминозные глины баженовской свиты залегают в Западной Сибири на глубине от 1 до 3 км на площади около 1 млн. км². Мощность свиты в среднем 30 м. Сложена она высокобитуминозными глинами, разбитыми сеткой трещин седиментогенеза, которые представляют собой своеобразный листовато-плитчатый трещинно-поровый коллектор — «баженит». Наиболее изучена Салымская площадь, расположенная в междуречье Оби и Иртыша, где глубина залегания продуктивного горизонта 2,8—3 км. Здесь пробурены десятки скважин, часть из которых находится в пробной эксплуатации. Из глин баженовского горизонта в процессе опытно-промышленной добычи получено более 1 млн т нефти. Дебит отдельных скважин при испытании достигал 180 м³/сут. Нефть высококачественная, с выходом светлых продуктов до 60 %, малосернистая, практически не содержит агрессивных солей, почти безводная. По данным ЗапСибНИГНИ, возможна ее транспортировка без предварительного обессоливания и обезвоживания [34].

Открытие промышленных запасов нефти в баженитах заставляет геологов нашей страны и других стран мира по-новому относиться к определению критериев поисков месторождений, учитывать при определении стратегии и тактики геологоразведочных работ возможность обнаружения месторождений нефти в высокобитуминозных глинах («доманикитах»), которые широко известны на всех континентах, практически по всему разрезу — от докембрия до эоцена включительно [14]. По мнению ряда ученых (Ф. Г. Гурари, И. И. Нестерова, А. А. Трофимука и др.), наиболее перспективны для поисков следующие толщи доманикитов: куонамская свита (нижний — средний кембрий) краевых частей Сибирской платформы; кукерские сланцы (средний ордовик) Русской платформы, развитые на обширной территории от Белого до Черного и Каспийского морей; собственно домаников (верхний девон) отложения Русской платформы и баженовская свита (верхняя юра — нижний мел) Западно-Сибирской платформы. Обнаружение промышленной нефти в отложениях баженовской свиты —

важный аргумент в пользу вывода о целесообразности изучения нефтегазоносности (поисков не только нефти, но и природного газа) в горючесланцевых и битуминозных породах любого возраста.

Для характеристики общей ситуации в развитии нетрадиционной составляющей минерально-сырьевого баланса приведены примеры выявления и освоения новых видов сырья, объединенные для удобства рассмотрения в укрупненные группы минерально-сырьевых ресурсов.

1. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Тяжелая нефть. В технологическом и экономическом разрезах она является, по существу, переходным звеном от легких и средних нефтей к природным битумам и битуминозным породам. Разработка месторождений тяжелой нефти во многих случаях рентабельна уже в настоящее время и может успешно осуществляться на основе тех же или близких к ним технологий, что и для обычных легких и средних нефтей. Понятие «тяжелая нефть» не имеет до сих пор четкого и однозначного определения. Параметры, по которым добываемая в мире нефть классифицируется как тяжелая, имеют зачастую региональное значение.

На Ближнем Востоке, где преобладает легкая нефть, в практике международной торговли к тяжелым нефтям относятся арабская нефть с плотностью $0,8927 \text{ г/см}^3$ и иранская нефть плотностью более $0,8708 \text{ г/см}^3$. В Канаде термин «тяжелая нефть» употребляется обычно для обозначения менее подвижной, более вязкой нефти с плотностью более $0,9340 \text{ г/см}^3$. Коэффициент извлечения такой нефти при первичной добыче редко достигает 10%. В литературе известны также примеры, когда канадские нефти плотностью $0,8871 \text{ г/см}^3$ и выше классифицируются как «тяжелые». Ни одно из этих определений не имеет строгого научного обоснования, а отражает в каждом конкретном случае границы технологической возможности добычи жидких углеводородов [4].

На Первой Международной конференции ЮНИТАР по перспективам использования тяжелых нефтей и битуминозных пород, которая состоялась в июне 1979 г. в г. Эдмонтоне (Канада), выявилось существенное различие взглядов национальных школ геологов в определении понятий природных битумов, средней и тяжелой нефтей. Делегация Венесуэлы предлагала, например, относить к тяжелым нефти с плотностью более $0,9042 \text{ г/см}^3$. Эксперты считали, что эта граница может быть установлена на рубеже $0,9340 \text{ г/см}^3$. Делегация СССР отмечала, что при классификации нефтей и битумов необходимо учитывать их вязкость в пластовых и поверхностных условиях, которая является одним из важнейших показателей при определении технологии добычи. В конечном итоге была выработана компромиссная рекомендация относить к тяжелым нефтям жидкие углеводороды с плотностью выше $0,9042$ —

0,9340 г/см³ и вязкостью более 60—100 МПа·с в пластовых условиях. При этом отмечалось, что наиболее общий и широко распространенный признак отличия тяжелой нефти от битумов — ее подвижность, мобильность при пластовых условиях, которая позволяет производить добычу нефти первичными, вторичными или третичными способами и которую наиболее полно характеризуют данные о кинематической вязкости (рис. 9).

Р. Ф. Мейер и В. Д. Дицман, авторы обзора «География месторождений тяжелой нефти» [69], запасы которой они определили в 7,7 (средние) и 2 млрд. м³ (тяжелые нефти), при подсчете доказанных запасов битумов и нефти мира относили к средним все сорта нефти, обладающие плотностью 0,9042—0,9340 г/см³, и к тяжелым — плотностью больше, чем 0,9340 г/см³ (табл. 5). Указанные авторы полагают, что рубеж в 0,9340 г/см³ — важный классификационный признак по соображениям, связанным с технологией добычи. В общем случае традиционное заводнение наиболее эффективно для залежей с легкой нефтью, плотность которой менее 0,9042 г/см³, и оно становится менее эффективным при добыче нефти с плотностью более 0,9042 г/см³. При плотности нефти выше 0,9340 г/см³ целесообразнее применение тепловых методов, а эффективность заводнения приближается к нулю. Отметим также, что большинство проектов теплового воздействия на пласт с помощью пара реализуется за рубежом на месторождениях с плотностью нефти 0,9340—0,9465 г/см³ и редко успешный результат достигается при плотности нефти свыше 1 г/см³ [51].

Разработка месторождений тяжелой нефти в США, Венесуэле, Мексике началась еще в первой декаде текущего столетия, но особенно интенсивно развивалась в 40-х годах. В настоящее время такие месторождения эксплуатируются почти в 20 странах, причем в ряде случаев они обеспечивают значительную часть общей до-

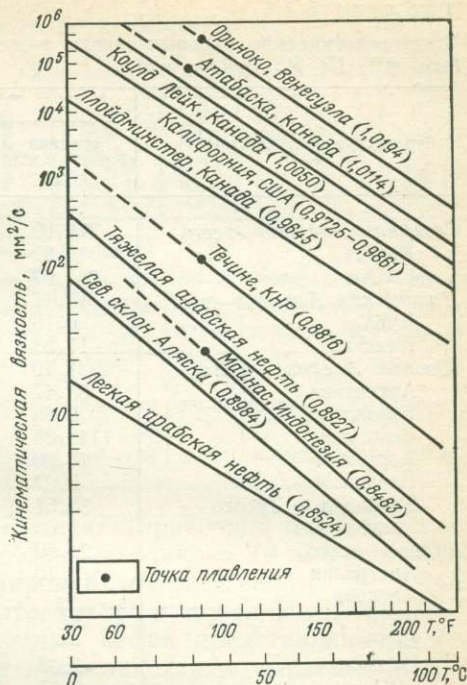


Рис. 9. Сравнительная характеристика кинематической вязкости основных типов нефти и битумов мира. По А. Слоэну и др.

В скобках даны значения плотности в г/см³

Таблица 5

Общегеологические мировые запасы тяжелой и средней нефти и битумов (млн м³). По Р. Мейеру и др.

Страна, регион, континент	Нефть			Битумы (извлекаемые)
	средняя (0,9042—0,9340 г/см ³)	тяжелая (бо- лее 0,9340 г/см ³)	всего	
<i>Северная Америка—всего</i>	379,99	369,33	749,32	53344,64
Канада	18,92	10,97	29,89	52945,26
США	361,07	358,36	719,43	399,38
<i>Латинская Америка—всего</i>	17,17	52,62	69,79	—
Куба	0,16	0,32	0,32	—
Мексика	17,33	52,31	69,47	—
<i>Южная Америка—всего</i>	1331,70	897,50	2229,20	15 900,9
Аргентина	83,47	27,19	110,66	—
Бразилия	9,86	—	9,86	—
Венесуэла	1148,38	861,88	2010,26	15 899,95
Колумбия	18,60	6,52	25,12	—
Перу	9,22	0,32	9,54	—
Тринидад и Тобаго	58,51	1,59	60,10	0,95
Чили	3,66	—	3,66	—
<i>Европа—всего</i>	24,49	116,7	141,18	0,95
Австралия	0,16	0,63	0,79	—
Албания	—	6,68	6,68	0,63
НРБ	—	0,95	0,95	—
ВНР	—	30,05	30,05	—
Италия	3,03	55,33	58,35	—
СРР	2,07	22,26	24,33	0,32
Франция	1,43	0,16	1,59	—
ФРГ	7,63	0,48	8,11	—
СФРЮ	10,17	0,16	10,33	—
<i>Африка—всего</i>	667,28	14,15	681,43	27,82
Ангола	193,50	0,16	193,66	—
Габон	11,92	5,25	17,17	—
Египет	72,34	—	72,34	—
Конго	59,46	—	59,46	—
Мадагаскар	—	—	—	27,82
Нигерия	330,06	8,74	338,80	—
<i>Ближний Восток—всего</i>	5208,35	560,92	5769,27	—
Ирак	604,16	238,49	842,65	—
Иран	2557,35	316,55	2873,90	—
Кувейт	953,94	—	953,94	—
Оман	1,91	—	1,91	—
Сирия	377,76	1,11	378,87	—
Турция	0,16	4,77	4,93	—
Другие	713,07	—	713,07	—
<i>Азия—всего</i>	101,75	13,83	115,58	—
Бруней	43,08	—	43,08	—
Индонезия	57,08	6,99	64,07	—
Пакистан	—	0,16	0,16	—
Таиланд	—	6,36	6,36	—
Япония	1,59	0,32	1,91	—
<i>Австралия и Океания</i>	Менее 0,16	—	Менее 0,16	—
Итого	7730,88	2025,05	9755,93	69 274,31

Таблица 6

Характеристика месторождений тяжелой нефти Венесуэлы.
По Д. Парра

Месторождение	Продуктивные отложения	Глубина залегания, м	Пористость, %	Проницаемость, $\mu \cdot 10^{-3}$ мкм ²	Пластовая температура, °С	Плотность, г/см ³	Вязкость в пластовых условиях, МПа·с
<i>Бассейн оз. Маракайбо</i>							
Боскан Тиа Хуана Лагунилла Бачакуэро	Корповен	2440	25,4	500—650	80—85	0,9861—0,9965	165—275
	Лаговен	610—1310	31—34	1250—3000	50—59	0,9465—0,9861	15—650
	Маравен	245—760	34—39,1	500—3000	37—51	0,9626—0,9930	100—15 000
<i>Восточный бассейн</i>							
Моричал Хово Пилон Мига Мелонес Овеха	Лаговен	895—1220	30—34	400—5000	56—64	0,9659—1,0107	40—2150
	Меневен	610—1830	18—36	1000—5000	54—71	0,9340—1,0071	20—600

бычи жидких углеводородов. По ориентировочной оценке, в конце 70-х годов в мире ежегодно добывалось около 70 млн т тяжелой нефти, или более 3 % всей мировой добычи нефти. К началу 1980 г. за рубежом было добыто 4 млрд т тяжелой нефти.

Следует отметить, что тяжелые нефти представляют интерес не только для энергетики, они являются также сырьем для получения эффективных смазочных материалов, находят применение в лакокрасочной и других отраслях промышленности.

Месторождения тяжелой нефти Венесуэлы (табл. 6) локализованы в Восточно-Венесуэльском (Оринокском) и Маракайбском нефтегазоносных бассейнах (рис. 10). Добыча тяжелой нефти (плотностью более 0,9659 г/см³) на побережье оз. Маракайбо началась более 40 лет назад, однако объемы ее сначала были небольшими и только с 1955 г. благодаря применению тепловых методов воздействия произошел интенсивный рост коэффициента ее извлечения от 0,11 до 0,32. При этом для производства 1 т пара расходуется около 95 л нефти, что позволяет получить 3,8 м³ дополнительной нефти (общий эффект затрат нефти и дополнительной дебит характеризуются соотношением 1 : 40) [69].

Крупнейшее скопление тяжелой нефти сосредоточено в пределах так называемого нефтеносного пояса Ориноко (НПО), расположенного в южной части Восточно-Венесуэльского (Оринокского) бассейна. Он протянулся в длину на 700 и в ширину на 60 км (общая площадь 42 000 км²). Нефтесодержащие слабосцементированные пески олигоцена и миоцена залегают на глубине от 180 до 2100 м. Плотность нефти колеблется от 0,9465 до 1,0217 г/см³. Геологические ресурсы тяжелой нефти колеблются, по оценкам различных исследователей, от 10 до 125 млрд т. Коэффициент

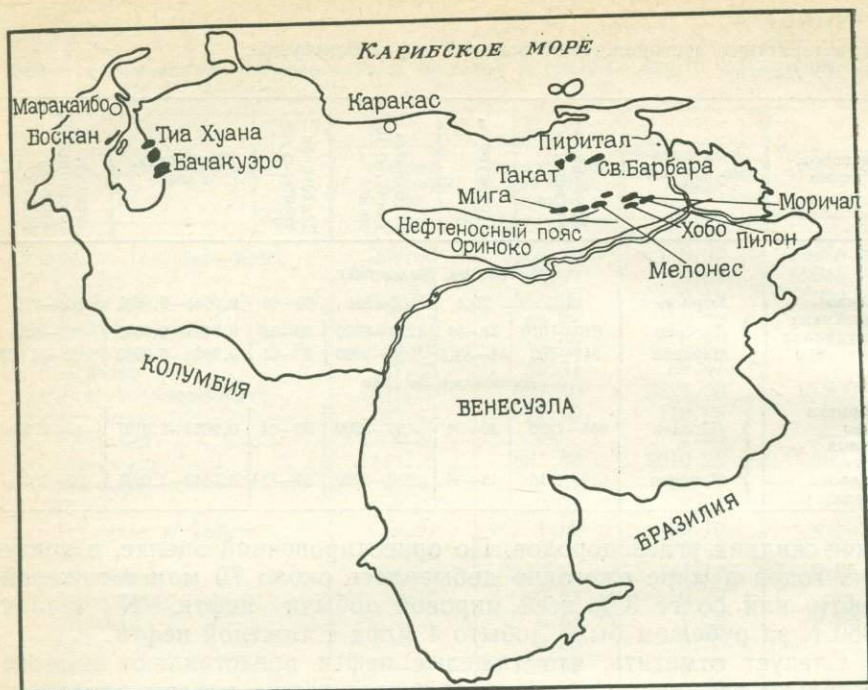


Рис. 10. Схема размещения месторождений тяжелой нефти в Венесуэле. По Д. Парра

извлечения нефти не превысит 0,1, при обработке паром может достигнуть 0,3. На базе этих запасов планируется ежегодно добывать в 1995 г. — 30 млн т, 2000 — 50 млн т [68].

Среди месторождений тяжелой нефти Канады (табл. 7) наиболее крупным и относительно детально изученным является месторождение Ллойдминстер, расположенное на границе провинций Саскачеван и Альберта. Тяжелые нефти этого месторождения приурочены главным образом к нижнемеловым пескам и песчаникам, залегающим на глубине 450—750 м. Дебиты скважин без какой-либо обработки пласта достигают в среднем 3,7 м³/сут. Первичными методами добычи извлекается 4—8 % начальных запасов залежи нефти. Последующее заводнение повышает нефтеотдачу еще на 4—8 %. Эксплуатационные расходы изменяются от 9,5 до 25 долл/м³ [69].

За 30 лет эксплуатации месторождения Ллойдминстер компанией «Хаски ойл» добыто более 16,9 млн м³; в настоящее время производительность достигла около 2,5 млн м³/год (рис. 11).

В США месторождения и проявления нефти плотностью более 0,9042 г/см³ выявлены во многих нефтепроизводящих районах.

Таблица 7

Характеристика основных типов месторождений тяжелой нефти Канады

Месторождения	Плотность, г/см ³		Содержание серы, %	Производительность (данные 1978 г.), млн м ³ /год
	от—до	средняя		
Боу Ривер	0,8654—0,9650	0,8927	2,2	2,5
Чаувин	0,8984—0,9725	0,9100	2,6	0,2
Коулд Лейк	0,9861—1,0000	0,9930	3,8—4,7	0,25
Фостертон-Доллард	0,8871—0,9465	0,9218	2,8	2,15
Ллойдминстер	0,9529—1,0	0,9659	2,9—3,5	1,9
Мидэйл	0,8654—0,8984	0,8816	2,1—2,4	1,85
Смайли Колвилл	0,9529—0,9792	—	1,7	0,65
Вейнврейт-Кинселла	0,9159—0,9340	0,9188	2,2—3,0	0,95

Общие геологические ресурсы тяжелой нефти США составляют около 19 млрд т, из них 0,7 млрд т — разведанные запасы. 48 % нефти имеет плотность 0,9042—0,9340 г/см³, 58 % — плотностью более 0,9340 г/см³. Около 56 % ресурсов зафиксировано на глубине менее 915 м. До 40 % ресурсов тяжелой нефти США на этой глубине сконцентрировано в терригенных коллекторах мощностью не менее 3 м. На территории США сегодня выделяются 14 основных районов аккумуляции тяжелой нефти (рис. 12), крупнейшие скопления которой установлены в штатах Калифорния, Техас, Луизиана (табл. 8).

В 1978 г. добыча тяжелой нефти в США составила 27 млн т, или около 6 % общей добычи нефти в стране. К началу 1979 г. накопленная добыча тяжелой нефти достигла 2,2 млрд т, почти 14 % общего количества жидких углеводородов, извлеченных из недр страны за всю историю нефтяной промышленности.

Таблица 8

Ресурсы тяжелой нефти в отдельных штатах США, млрд т [68].

Штаты	Всего	В том числе с плотностью, г/см ³			В том числе на глубинах, м		
		0,9342—0,9340	0,9340—0,9659	более 0,9659	менее 460	460—915	более 915
Калифорния	9,4	3,4	4,1	1,9	1,3	3,6	4,5
Луизиана	1,2	1,1	0,1	—	0,2	0,1	0,9
Техас	5,1	3,5	1,6	—	1,7	1,4	2,0
Прочие	3,2	1,7	1,5	—	0,4	1,2	1,6
Итого	18,9	9,7	7,3	1,9	3,6	6,3	9,0

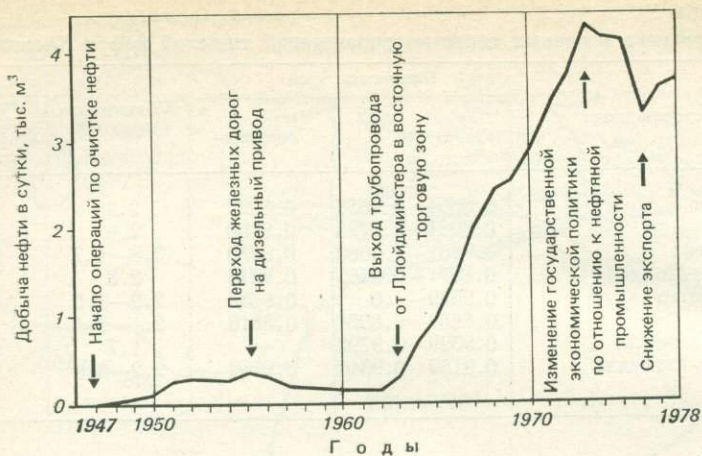


Рис. 11. График добычи нефти компанией «Хаски Ойл» на месторождении Ллойд-минстер. По Виллиамс

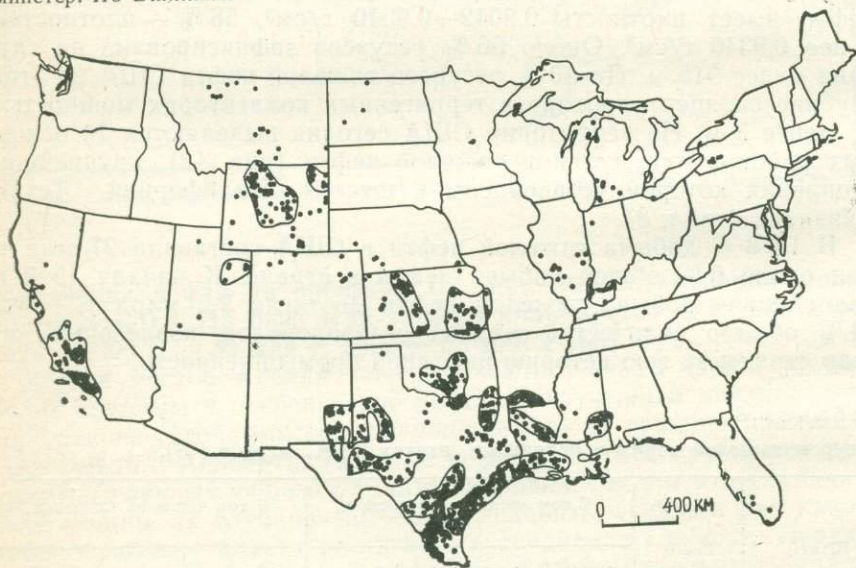


Рис. 12. Схема расположения месторождений и районов аккумуляций тяжелой нефти в США. По Р. Л. Вайтингу

Разведанные доказанные запасы тяжелой нефти Западной Европы оцениваются в 3,2 млрд м³, из них 2,9 млрд м³ приходится на долю морских месторождений Северного моря, общие геологические извлекаемые запасы нефти на шельфе которого составляют около 4 млрд м³. Д. Е. Розинг выделяет два типа тяжелых нефтей:

нефть плотностью более $0,9659 \text{ г/см}^3$, иммобильную при пластовых условиях с вязкостью более $1000 \text{ МПа}\cdot\text{с}$, и нефть плотностью от $0,9042$ до $0,9659 \text{ г/см}^3$. Месторождения тяжелой нефти выявлены в Северном и Адриатическом морях, а также на континенте — во Франции, ФРГ, Италии, Нидерландах, Австрии. Наиболее крупные месторождения (с геологическими запасами свыше 100 млн т) Эмилио (адриатический шельф Италии), Пешельброн (Франция), Шонебик (Нидерланды), Рухлермур и Нордхорн (ФРГ). Нефть залегает на глубинах от первых сотен метров до 3300 м. В Северном море нефть с плотностью $0,9—0,93 \text{ г/см}^3$ обнаружена в Бригганском, Норвежском и Датском секторах [4].

Геологические (разведанные) запасы тяжелой нефти Ближнего и Среднего Востока колеблются, по оценкам различных исследователей, от 8 до $14,3$ млрд м^3 , что составляет всего лишь несколько процентов суммы начальных потенциальных ресурсов этого региона. Однако и этого количества тяжелой нефти было бы достаточно, чтобы отнести Ближний Восток (даже при условии, что легкой нефти не существовало бы) к крупнейшим нефтеносным провинциям мира.

Ежегодная добыча тяжелой нефти (плотность от $0,9340$ до $0,9529 \text{ г/см}^3$) в указанном регионе составляет менее одного процента мирового производства и явно не соответствует объемам разведанных запасов. Это происходит не только по экономическим причинам, связанным с относительной дороговизной эксплуатации низкопродуктивных залежей тяжелой нефти в условиях наличия гигантских месторождений легкой нефти: определенное влияние на размеры добычи оказывает примесь серы, весовая доля которой достигает 3% . В тяжелой нефти месторождений Джаван, Наджах, Кайяра, Казаб массовая доля серы до 8% .

Почти половина тяжелой нефти Ближнего Востока имеет плотность $0,9340—0,9659 \text{ г/см}^3$, и технология ее добычи и переработки в значительной степени отличается от таковых применительно к нефти плотностью от $0,9659$ до 1 г/см^3 .

Месторождения тяжелой, высоковязкой нефти известны и в нашей стране. Залежи тяжелой нефти с плотностью более $0,9 \text{ г/см}^3$ выявлены в средневизейских песчаниках на ряде месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (Югидском, Южно-Ливиничном, Худоельском и др.). В Ижма-Печорской впадине открыты Лемьюское и Вельюское месторождения тяжелых нефтей плотностью $0,89 \text{ г/см}^3$, локализованные в верхнепермских песчаниках. Массивная сводовая залежь тяжелой нефти плотностью $0,955—0,968 \text{ г/см}^3$ была обнаружена на Усинской структуре Колвинского мегавала в интервале глубин $1100—1420$ м в высокопористых проницаемых органогенных и органогенно-детритовых известняках и доломитах пермско-каменноугольного возраста. В процессе поисков и разведки, несмотря на высокую вязкость и плотность нефти, были получены ее фонтанные притоки до

25 т/сут. Применение глубинного насоса со станком-качалкой позволило увеличить дебит до 400 т/сут.

В южной части Хорейверской впадины на Средне-Макарьихинском месторождении на глубине 1790 м известна залежь тяжелой нефти плотностью $0,984 \text{ г/см}^3$ и вязкостью при 20°C $176,4 \text{ МПа}\cdot\text{с}$ в известняках и доломитах верхнего карбона — нижней перми. На глубине 3180 м в карбонатных породах верхнего силура установлена залежь нефти плотностью $0,924 \text{ г/см}^3$ и вязкостью $266 \text{ МПа}\cdot\text{с}$ при 20°C .

На северо-востоке Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в пределах Варандей-Адзвинской зоны и западной части Каратаихинской впадины ПГО «Архангельскгеология» открыт ряд проявлений тяжелых нефтей и твердых битумов. Следует отметить, что в обнажениях карбона и верхнего девона на побережье Баренцева моря (мыс Синькин Нос) выходы известняков, пропи-таных тяжелой нефтью и содержащих включения твердого битума, были известны еще в прошлом столетии. В этом районе присутствие тяжелых нефтей зафиксировано также в Каратаихинской впадине и в северной части Косью-Роговской впадины, где обнаружено Падымейское нефтяное месторождение с плотностью нефти $0,9586 \text{ г/см}^3$.

В пределах наиболее изученной северной части вала Сорокина (Варандейская, Южно-Торавейская площади и др.) на глубине 900—1400 м открыта залежь тяжелой нефти, приуроченная к выдержанному песчаному пласту шапкинской свиты триаса. Пласт сложен высокопористыми (пористость до 30 %) кварц-полимиктовыми песчаниками. На Торавейской, Южно-Торавейской, Лабоганской и Седьягинской структурах, по данным бурения, выделяется ряд продуктивных пластов в вышележащих пластах среднего — верхнего триаса.

Таким образом, в Тимано-Печорской провинции наметился ряд самостоятельных объектов поисков — залежей тяжелых нефтей и твердых битумов, которые требуют решения ряда практических задач. Важнейшая из них — установление достоверного коэффициента извлечения тяжелых нефтей. Обычно применяемый к этой проблеме подход, т. е. утверждение коэффициента нефтеотдачи на уровне $0,1—0,15$ (практически для естественного режима), не стимулирует поиски и разведку подобных залежей, так как утверждается только небольшая часть геологических запасов. В то же время отечественная и зарубежная практика показывает, что при применении современной техники и технологии (закачка пара и газов, внутрислоевого горения, заводнение с использованием химических реагентов и др.) извлечение нефти может быть повышено до 36 %.

Одним из примеров, свидетельствующих о возможности достижения при эксплуатации месторождений тяжелой нефти высоких показателей извлечения, может служить Ярегское месторождение.

Здесь впервые в мире был применен термошахтный способ разработки, что позволило повысить коэффициент нефтеотдачи (по сравнению с первоначальным) более чем в 7 раз.

Разработка ресурсов тяжелых нефтей в освоенных районах с развитой производственной и социальной инфраструктурой должна способствовать повышению фондоотдачи и снижению капитальных вложений. В настоящее время в связи с ростом издержек добычи нефти по стране использование этого резерва в старых нефтедобывающих районах явится интенсивным фактором дальнейшего развития отрасли.

Битумы и битуминозные породы. Термин «битумы» применяется в различных значениях. В широком смысле им обозначается целая гамма твердых, вязких и жидких, природных и искусственных органических соединений — нефти и ее производных, продуктов переработки нефти, горючих сланцев, углей и т. д. Среди них преобладают тяжелые высоковязкие нефти, маальты, асфальты и асфальтиты. В узком смысле этот термин соответствует природным смесям и концентратам асфальтосмолистых компонентов нефтей с той или иной долей газообразных углеводородов. По классификации ВНИГРИ, они вместе с нефтью и твердыми парафиновыми углеводородами (озокерит, гатчетиты) относятся к нафтидам.

За рубежом термином сырой, или неочищенный, битум определяется природная вязкая смесь, состоящая главным образом из углеводородов тяжелее пентана, которая может содержать соединения серы и вязкость которой в пластовых условиях не позволяет извлечь ее экономичными способами. Обычно битум содержит до 4,5 % серы, имеет плотность 0,96—1,03 г/см³ и может включать небольшое количество растворенного метана и примеси сульфидов. В геологических условиях Западной Канады, например, сырой битум тесно ассоциируется с широко распространенной меловой тяжелой нефтью (плотность 0,96—0,91 г/см³) и отличается от нее только вязкостью в пластовых условиях (от 10⁵ до 10⁶ против 10²—10³ МПа·с).

Термины «смоляные пески» и нефтеносные пески обычно используются в зарубежной литературе в эквивалентных значениях при описании месторождений битуминозных песков, в которых вязкость асфальтовых битумов позволяет производить их добычу с помощью скважин в коммерчески приемлемых условиях.

Битуминозные породы — наиболее крупные и перспективные источники углеводородного сырья. Их мировые прогнозные ресурсы оцениваются в 270 млрд т, а разведанные количества извлекаемого битума (без СССР) достигают 70 млрд т. Значительная доля этих ресурсов сконцентрирована в недрах Венесуэлы и Канады [68].

Четыре главных месторождения битуминозных пород Канады — Атабаска, Вабаска, Коулд Лейк и Пис Ривер, расположенные на территории пров. Альберта (рис. 13), имеют общие геологические

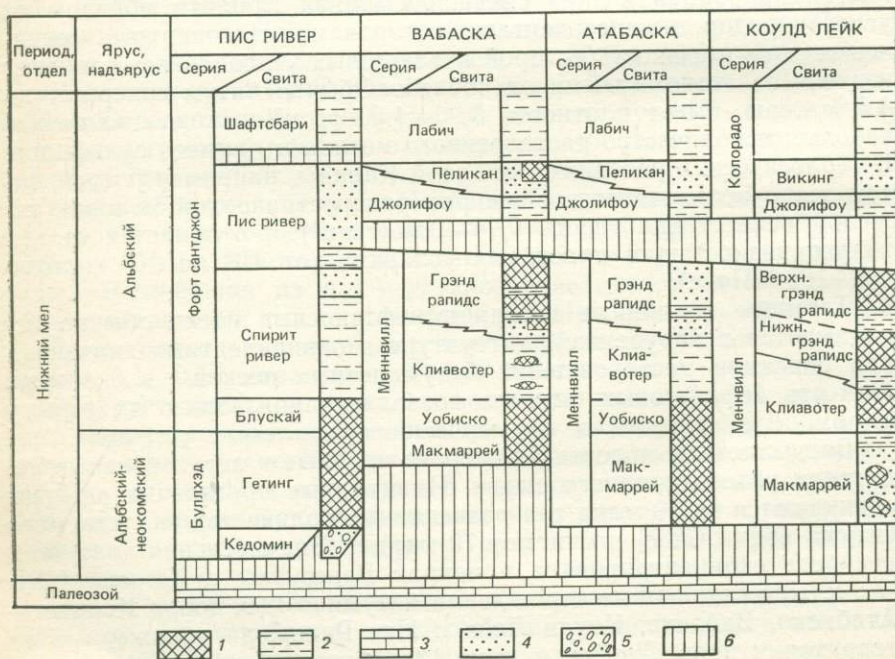
Рис. 13. Схема расположения месторождений тяжелой нефти и битуминозных пород пров. Альберта, Канада.

Месторождения: 1 — битуминозных пород, 2 — тяжелой нефти; 3 — изогипсы кровли продуктивного горизонта, м



Рис. 14. Корреляционная схема меловых битуминозных отложений серии Меннвилл пров. Альберта, Канада. По Моссопу

1 — битуминозные пески; 2 — сланцы; 3 — известняки и доломиты; 4 — бедные битуминозные пески; 5 — конгломераты; 6 — перерыв в осадконакоплении



запасы битумов около 152 млрд т (в том числе около 20 млрд т, пригодных для разработки открытым способом). Битумы имеют плотность от 0,993 до 1,0143 г/см³ и в пластовых условиях вязкость от 10⁵ до 10⁸ МПа·с. На крупнейшем из них месторождении Атабаска сконцентрировано около 100 млрд т геологических запасов битумов плотностью 1,01—1,02 г/см³ при средней мощности продуктивной толщи от 19 до 32 м и среднем битумонасыщении на площадях, пригодных для открытой разработки, 9,1 %.

Главные месторождения битуминозных пород Канады можно условно подразделить на две группы. Первая группа объединяет месторождения битумов, локализованные в отложениях нижнего мела: Атабаска, Вабаска, Пис Ривер и Коулд Лейк (рис. 14). Породы группы Мэнвилл, мощность которых колеблется от 150 до 320 м, представлены в основном слаболитифицированными осадками континентального и морского генезиса. На месторождениях Атабаска и Пис Ривер битумы концентрируются в единой массивной залежи; на месторождениях Вабаска и Коулд Лейк залежи, находящиеся одна над другой, разделены прослоями непроницаемых сланцев (рис. 15, 16).

Вторая группа ресурсов битумов этой провинции включает залежи, локализованные в палеозойских карбонатных породах, которые стратиграфически несогласно перекрываются меловыми породами.

Месторождение Коулд Лейк — второе по величине месторождение битуминозных песков в Канаде — содержит 26 млрд т геологических запасов. Минимальная глубина залегания первого от поверхности продуктивного пласта 300 м, что определяет скважинный способ отработки месторождения (см. рис. 16).

Битуминозные пески в США установлены на территории 22 штатов. По неполным оценкам, только в семи из них, среди которых Калифорния, Кентукки, Нью-Мексико, Техас и Юта, запасы битума в песках составляют 3,5—5 млрд т [69].

Скопления природных битумов развиты в большинстве нефтегеологических районов СССР. Наиболее перспективными и крупными битумо-нефтегазоносными бассейнами СССР являются:

группа платформенных бассейнов типа перикратонных синеклиз (например, Северо-Каспийский, Тимано-Печорский);

орогенные бассейны типа передовых прогибов (Лено-Ангарский);

бассейны, локализованные в межгорных впадинах и грабенсинеклизах (Тунгусский и др.).

По условиям залегания и структурным особенностям среди скоплений битумов выделяются следующие типы: а) покровные излияния, асфальтовые озера и поверхностные закиривания пород; б) пласты пород, селективно или полностью пропитанные нефтяным битумом; в) жильные, гнездовые и линзовидные скопления асфальтитов и озокеритов; г) скопления нерастворимых, карбони-

зированных битумов (кериты, антроксолиты) в виде жил в пластах и рассеянных включений в породах.

Первый тип скоплений известен в областях современной тектонической активизации и обычно связан с естественными выходами нефти на поверхность в зонах тектонических нарушений. В СССР месторождения этого типа имеют небольшие размеры и запасы. Они, как правило, удобны для разработки открытым способом. Большинство таких скоплений расположено в юго-западной части СССР, в Средней Азии, Азербайджане, Грузии (Натанебское месторождение) и других регионах. Выходы битумосодержащих пород, наблюдаемые в зонах развития соляных куполов, приурочены часто к основным сбросам грабен и линейно вытянуты в виде останцовых гряд вдоль трасс этих сбросов. Данное обстоятельство позволяет генетически связывать образование закированных пород с процессом разрушения нефтяных залежей.

Наиболее широко распространен второй тип концентрации битумов, которые избирательно или целиком насыщают пласты пород, выходящие на поверхность или залегающие на небольших глубинах. Скопления этого типа нередко содержат значительные запасы нефтяных битумов в песчаниках и карбонатных породах. Они чаще тяготеют к склонам крупных поднятий (Анабарский и другие щиты), в пределах которых нефтеносные отложения выведены на поверхность или приближены к ней. Этот тип битуминозных пород известен в широком стратиграфическом диапазоне — от рифея до четвертичных образований. Главная особенность скоплений битумов этого типа — их приуроченность к пластам с удовлетворительными коллекторскими свойствами. Примером служит Силигир-Мархинское скопление битумов на Западе Якутии. Здесь в верхне- и среднекембрийском карбонатном разрезе сильно насыщенные битумом пласты мощностью от 0,3 до 5 м (содержание битума более 5 %) чередуются с избирательно пропитанными разностями (содержание битумов 1—3 %) мощностью от 0,1 до 1,5 м и породами с содержанием битумов менее 1 % мощностью от 0,4 до 15 м.

Близкий характер распределения битумов наблюдается на Мелекесском (Татарская АССР и Ульяновская область) и Оленекском (Якутская АССР) месторождениях с ориентировочными запасами битумов соответственно около 19 и 1,3 млрд т. Скопления битуминозных пород в пластовом залегании с существенно меньшими запасами известны в Тимано-Печорской и Волго-Уральской провинциях, а также на Мангышлаке, в Фергане, Туркмении, в Предкавказье. Большое преимущество этих месторождений — их неглубокое залегание (десятки — первые сотни метров). Пласто- и линзообразные, а также неправильной формы тела характерны для многих озокеритовых месторождений. К этому типу относятся залежи Челекена, Западной Украины, Ферганы и др.

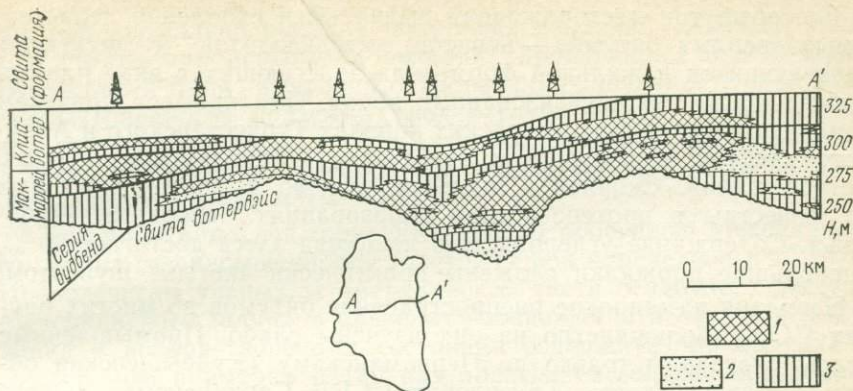


Рис. 15. Схематический геологический разрез продуктивных отложений месторождения Атабаска. По Моссопу.

Пески: 1 — битуминозные, 2 — бедные битуминозные; 3 — сланцы

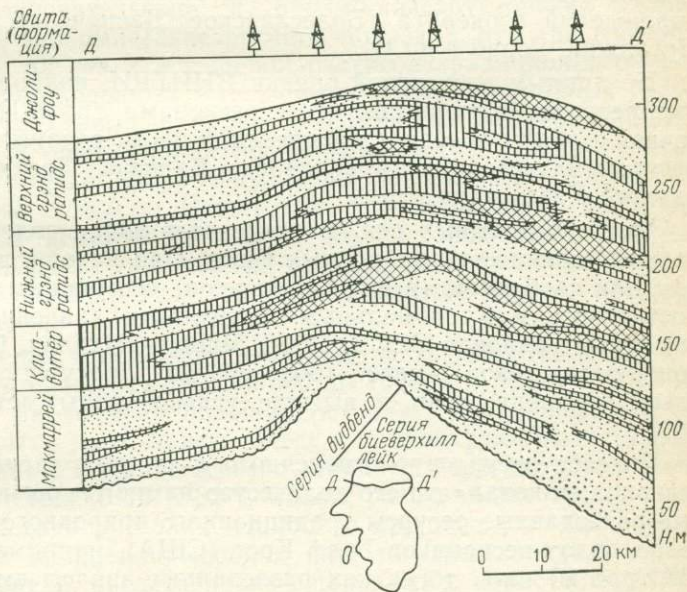


Рис. 16. Схематический геологический разрез продуктивных отложений месторождения Коулд Лейк. По Моссопу
Усл. обозначения см. на рис. 15

Третий тип скоплений (жильные, гнездовые и линзовидные залежи твердых битумов) имеет широкое распространение, но характеризуется небольшими запасами. Подобные скопления встречаются в самых разнообразных геологических условиях, преимущественно в зонах дробления пород и тектонических нарушений. Их отличает чистота вещественного состава и низкое содержание минеральных примесей. В качестве примеров можно привести Садкинское месторождение асфальтита в Оренбургской области или Бореславское озокеритовое месторождение (Западная Украина).

В особый тип месторождений выделяются скопления нерастворимых твердых битумов — керитов, антраксолитов и шунгитов, встречающихся в жильной форме или залегающих в виде пластовых тел среди метаморфизованных пород. Для примера приведем скопления керитов в палеозойских породах Туркестанского и Алайского хребтов, верхнеюрских известняках Гаурдакского серного месторождения. Скопления шунгита, обычно в форме пластовых тел, известны в протерозойских образованиях Северного Прионежья. Содержание углеродистого вещества здесь достигает 60 %, а небольшие прожилки сложены практически чистым шунгитом.

Несмотря на широкое распространение битумов во многих районах СССР, большинство из них изучены слабо. Промышленные запасы разведаны только по Первомайскому (Куйбышевская область), Натанебскому (Грузинская ССР), Садкинскому (Оренбургская обл.) месторождениям асфальтовых битумов в ряду месторождений озокерита (Болеславское, Дзвпячское, Старуньское, Дагаджик, Гораб и др.).

По данным экспертной оценки ВНИГРИ, наибольшие прогнозные ресурсы битумов связаны с регионами Урало-Поволжья, Восточной Сибири и севера европейской части страны, ограниченные ресурсы их установлены в районах Кавказа, Предкавказья и Западного Казахстана.

Метан подземных вод. В подземных водах содержатся значительные количества природных газов. Они находятся в растворенном или свободном (в виде пузырьков) состоянии в зонах с гидростатическим и аномальным пластовыми давлениями. Изучены они в ряде районов СССР, США, Японии, Италии. Основной компонент этих газов — метан (более 90 %). Присутствуют также диоксид углерода, этан и высшие углеводороды метанового ряда [45].

Подсчет ресурсов растворенного газа, выполненный для ряда регионов, показал, что его количество намного превосходит известные разведанные ресурсы традиционного природного газа. В пластовых водах песчаников Галф Кост (США), например, растворено 736 трлн м³ газа, тогда как разведанные запасы вместе с накопленной добычей для США в целом составляют 20 трлн м³ [68].

Водорастворенные углеводородные газы в настоящее время установлены во всех нефтегазоносных бассейнах в концентрациях от долей кубических метров до 9 м³ на 1 м³ пластовой воды. По данным Л. М. Зорькина, суммарные ресурсы растворенных газов в недрах нашей Земли составляют 10¹⁶—10¹⁸ м³. Из них только в водах нефтегазоносных бассейнов СССР растворено, по его подсчетам, более 4000 трлн м³ газа. Этот источник углеводородного сырья практически осваивается лишь в Японии, в бассейнах Канто и Ниагата, где производство растворенных в воде газов достигло одной трети общей добычи горючих газов этой страны.

Наиболее обильные притоки могут быть получены из подземных вод зон аномально высоких пластовых давлений (АВПД). В нашей стране при испытании скважин, пробуренных в этих зонах (Керченский п-ов), выявлена определенная зависимость изменения газонасыщенности подземных вод с глубиной. До глубины 3 км при температуре менее 120 °С газосодержание не превышает 5 м³/м³. В интервале 3—4 км оно возрастает до 7 м³/м³ и далее увеличивается до 19 м³/м³.

Для подземных вод горизонтов АВПД побережья Мексиканского залива газонасыщенность пластовых вод определена в 27 м³/м³. По подсчетам ученых, в американской части осадочного бассейна Мексиканского залива, в пределах побережья штатов Техас и Луизиана в водорастворенном состоянии содержится до 85 трлн м³ метана, что примерно в 150 раз превышает годовое потребление газа в США [67].

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, а также экономические расчеты показали, что при соответствующей цене на газ и истощении ресурсов традиционного газа эксплуатация растворенных в подземных водах природных газов технически осуществима и будет экономически рентабельна. На это указывает и опыт Японии по разработке газа, растворенного в рассолах, которые приурочены к песчаникам плиоценового и плейстоценового возраста. Испытывая острую нехватку энергоресурсов и почти целиком завися от их поставок из-за рубежа, японская экономика уже сейчас считает рентабельным разработку этих проявлений газа, общегеологические запасы которых оцениваются до 0,8 трлн. м³ [68].

Месторождения такого типа в Японии разведываются и эксплуатируются в интервале глубин от 500 до 1000 м и редко — 2000 м. Они известны на четырех больших островах, но главные месторождения открыты на о. Хонсю. Здесь в префектурах Чива (к востоку от г. Токио) и Ниагата (северо-западный берег острова) было добыто соответственно 16 и 82 % общих разведанных объемов газа, растворенного в рассолах. Наиболее крупные залежи были установлены в прибрежно-морских или лагунных осадках плиоцена и плейстоцена, представленных породами с пористостью 20—30 % и проницаемостью от 1 до 5·10⁻³ мкм². Максимальная мощность залежей 270—370 м. В составе газосодержащих рассолов содержится около 80 мг/л йода, который извлекается в промышленном масштабе.

Залежи растворенного газа аналогичного типа известны в Италии, КНР, на Филиппинах, в СССР и других странах.

Газовые гидраты. Среди многочисленных типов известных сегодня нетрадиционных источников природного газа газовые гидраты — наиболее поздние по времени открытия. Первые сведения об их возможных залежах в природных условиях были опублико-

ваны в СССР в 1961 г., хотя в лабораторных условиях газовые гидраты — вещества, внешне похожие на лед, были открыты еще в XIX в.

В 1969 г. в СССР было зарегистрировано научное открытие: В. Г. Васильев, Ю. Ф. Макогон, Ф. А. Терebin и другие исследователи установили свойство природных газов образовывать в земной коре крупные скопления в твердом — гидратном состоянии. Открытие советских ученых и специалистов позволило рассматривать гидраты углеводородных газов как один из источников природных ресурсов топливно-энергетического и химического сырья [53].

Гидраты газа представляют собой твердые растворы, так называемые клатраты (соединения — включения), в которых молекулы газа при определенных давлениях и температурах заполняют структурные пустоты кристаллической решетки, образованной молекулами воды с помощью водородной связи. В настоящее время изучены равновесные параметры гидратообразования практически всех известных природных и синтетических газов, за исключением водорода, гелия и неона. Установлено, например, что гидраты метана, пропана, этана и других углеводородных газов образуются при давлении от 0 до 25 МПа и отрицательных или небольших положительных температурах. Внешне они похожи на непрозрачный лед. Плотность гидратов различных газов колеблется от 0,8 до 1,8 г/см³. Физические свойства гидратов изучены очень слабо. До 1970 г. в нашей стране и за рубежом они исследовались главным образом с целью предупреждения их образования и накопления в технологических системах добычи, сбора, транспортировки, хранения и переработки природных газов.

В последние годы выявлены условия образования газогидратных залежей в осадочном чехле как на материках, так и в Мировом океане, установлены зоны гидратообразования, определены потенциальные ресурсы газа, сосредоточенного в гидратном состоянии, разрабатываются способы поисков и разведки газогидратных залежей, предложены методы добычи из них газа.

Анализ термодинамической характеристики земной коры показывает, что 25 % территории материков и почти 90 % дна акватории морей и океанов удовлетворяют условиям образования гидратов. Газогидратные залежи могут формироваться даже из пластовых вод, недонасыщенных газом. Для сохранения газогидратов не требуется экраняющей крышки. Наоборот, сама газогидратная залежь может служить непроницаемой крышкой для нижележащих скоплений свободного газа и нефти. Газогидраты образуются при низких пластовых температурах и соответствующем давлении в случае наличия углеводородного газа и воды. В пористой среде гидратообразование может начинаться при температуре +12 °С. При этом газонасыщенность пласта повышается в 7—8 и даже 10 раз. В соответствии с экспериментальными данны-

ми гидратообразование возможно при глубине бассейна 100—250 м в полярных областях и 400—600 м — в тропиках [60].

По предварительным данным, ресурсы газа, сосредоточенные в газогидратных залежах на материках, составляют около 100 трлн м³. Для сравнения: мировые начальные потенциальные геологические ресурсы природного газа (в свободном состоянии) оцениваются в 366 трлн м³. По мнению ученых, ресурсы газогидратов на дне Мирового океана и шельфа в сотни раз превышают их запасы на суше.

Проведенная в 1970—1976 гг. опытно-промышленная эксплуатация Мессояхского газового месторождения в районе г. Норильска показала эффективность одновременной разработки газовой и газогидратной залежей [41]. За указанный период из месторождений было отобрано более 9 млрд м³ газа, в том числе около 2 млрд м³ из газогидратной залежи.

За рубежом в результате геофизических исследований и глубоководного бурения выявлены огромные газогидратные поля в Атлантическом океане вдоль восточного берега США, западного берега Африки, в Карибском море и в Тихом океане — вдоль западного берега Северной Америки. По данным канадских геологов, при бурении в море Бофорта открыты 12 газогидратных залежей с запасами 60 трлн м³ газа. Газогидратные залежи выявлены глубоководным бурением в районе мыса Барроу, заливе Прадхо, дельте р. Маккензи и на арктических островах Канады. По оценке американских и канадских специалистов, в недрах Аляски и на севере Канады сосредоточено свыше 34 трлн м³ газа в гидратном состоянии.

За исключением опытных работ на Мессояхском месторождении, пока ни одна газогидратная залежь в мире в разработку не вводилась. Однако широкое распространение газогидратных залежей и содержащиеся в них крупные запасы углеводородного сырья требуют ускоренной разработки рентабельных технологий их поисков, разведки и эксплуатации.

Углеводороды, получаемые при подземной обработке битум- и нефтесодержащих пластов. Этот нетрадиционный вид углеводородного сырья имеет несколько источников, которые объединяют по сходству процессов извлечения. В основе последних лежит применение различных реагентов и способов механического, термического, химического, бактериологического и других видов воздействия, осуществляемого через скважины или горные выработки на породы пласта, содержащие природные битумы. В результате на поверхность извлекаются жидкие и газообразные углеводороды, содержащиеся в пласте в связанном или малоподвижном (нетекучем) состоянии. Чаще всего подземная обработка пород сопровождается предварительным гидроразрывом пласта, а также комплексом третичных методов интенсификации притока нефти или битумов.

Природный газ земных глубин. Термином «глубинный природ-

ный газ» обозначается газ, залегающий на глубине более 4,5 км. Проблемы его вероятного применения, вопросы размеров ресурсной базы рассмотрим на фоне краткого обзора представлений об условиях формирования месторождений нефти и природного газа.

В мире свыше 90 % природного газа заключено не в совместных с нефтью, а в чисто газовых или газоконденсатных залежах. Газообразование по сравнению с нефтеобразованием представляет собой более универсальный процесс, так как диапазон природных условий, в котором оно протекает, шире. Значительную роль в процессах генерации и накопления природного газа играют угленосные формации — около 65 % разведанных ресурсов газа СССР, по данным И. П. Жабрева и др., содержится непосредственно в углесодержащих, главным образом континентальных отложениях.

Доказано, что углеводородные газы угольных месторождений являются в основном продуктом углефикации органической массы каменноугольных пластов и рассеянного органического вещества угленосных толщ. Однако исследования изотопного состава углерода этих газов свидетельствуют в пользу выводов о наличии также внешнего для угольных пластов источника газов.

Существование определенной стадийности и глубинной зональности в развитии процессов образования углеводородов — наиболее общая закономерность их генезиса. В рамках осадочно-миграционной теории образования нефти и газа Н. Б. Вассовичем, А. Л. Козловым и другими исследователями выделяются четыре последовательные зоны газообразования: 1) главная (диагенетическая) зона газообразования; 2) главная (мезокатагенетическая) зона образования жирных газов и нефти; 3) нижняя (катагенетическая) зона метанообразования; 4) апокатагенетическая зона образования кислых газов.

В общем случае результаты анализа состава исходного органического вещества, температурного режима и глубины залегания осадков с учетом представлений об интенсивности генерации диоксида углерода, углеводородов, аммиака и сероводорода позволяют согласиться с выводами, что пик газогенерации имеет место при более высокой температуре и на большей глубине, чем пик нефтеобразования. Наличие зоны повышенной генерации метана на глубинах 4—5 км предполагают Г. Э. Прозорович, А. Э. Конторович, Э. М. Прасолов и др.

В нашей стране и за рубежом высказываются достаточно обоснованные предположения, что природный газ верхних зон Земли может иметь различный генезис и что в состав его входят газы разного происхождения: осадочно-диагенетического, магматогенного, метаморфогенного, биогенного и ювенильного происхождения. Т. Голд, например, обосновывает вывод о значительных количествах ювенильного газа сведениями об изменении с глубиной изотопного состава природных газов. По вопросу о количестве

этого глубинного газа в настоящее время трудно сделать определенный вывод. Однако ряд исследователей полагает, что при исчерпании основных запасов нефти природный газ больших глубин останется еще долгое время одним из главных источников энергии.

Диалектика развития вещества нашей планеты позволяет предположить существование на больших глубинах практически неограниченных ресурсов углеводородных газов и водорода, приток которых из недр Земли возможен не только в рамках осадочно-миграционной теории.

Процесс накопления, захоронения и изменения осадков на пути превращения их в осадочные, метаморфические и магматические породы — это цепь биохимических и геохимических превращений вещества (в том числе и его органической части), в процессе которой возникают также твердые, жидкие, газообразные углеводороды и другие газы. Смешиваясь с «ювенильным дыханием» мантии Земли, газы, образуемые при осадочных, метаморфических и магматических процессах, составляют в комплексе с газами атмосферы газовую систему нашей планеты.

В. И. Вернадский одним из первых обратил внимание на существующее в природе динамическое равновесие: горная порода \rightleftharpoons вода \rightleftharpoons газ \rightleftharpoons живое вещество, подчеркнув единство природных вод и растворенных в них газов. «Единая масса жидкой воды, — писал он, — образует с газами единое целое для всей планеты равновесие: природные газы — природные воды». Он же ввел в науку понятие «газовое дыхание» Земли, понимая этот процесс, как выделение (эманирование) из недр главным образом гелия, водорода и азота. Развивая эти представления и признавая вслед за А. П. Виноградовым в качестве возможного источника углеводородов в земной коре ювенильные газы мантии, А. В. Сидоренко и его последователи считают, что «углеводородное дыхание», «газопродуктивность» и «газоотдача» первично-осадочных метаморфических толщ, проявляющиеся в эпохи регионального метаморфизма, были более значительными и интенсивными, чем в периоды формирования обычных осадочных отложений.

Основным долговременным источником «углеводородного» и другого «газового дыхания» Земли, в соответствии с гипотезой квазимгновенного формирования нашей планетной системы, могут служить первичные газы, захваченные в период образования Земли. Входящие в их состав ювенильные углеводородсодержащие газы могли быть источником углерода в древнейших метаморфических толщах архея и протерозоя. Метан глубинных зон Земли, составляющий главную долю газа грязевых вулканов и слагающий месторождения природного газа, может иметь не только ювенильное происхождение. Он мог возникнуть и в результате пирогенического распада органического вещества, нефти, битумов и углей более древних фаз образования, залегающих на глубине и контактирующих с магматическими очагами.

По мнению И. В. Высоцкого, весьма вероятно также роль глубинного водорода в обогащении (возрождении) истощенных нефтематеринских свит. Л. В. Хмелевская полагает, что глубинный водород играет решающую роль в процессах гидrogenизации органического вещества (битумов) в присутствии естественных катализаторов (гелей кремнезема) и при образовании нефти. Глубинный углекислый газ, входящий в состав ювенильных газов Земли, весьма вероятно, играл роль растворителя жидких углеводородов при извлечении их из материнских свит и образовании конденсатно-газовых скоплений.

Ресурсы углеводородов в горючих сланцах. Горючие сланцы (в зарубежной литературе употребляются эквивалентные названия «битуминозный сланец», «нефтеносный сланец») содержат значительные количества как жидкого, так и газообразного углеводородного сырья. В общем случае к ним относятся высокозольные горючие твердые полезные ископаемые, содержащие органические вещества различного происхождения, — углистые, битуминозные, пиробитуминозные и липтобиолитовые сланцы, высокозольные сапропелиты и другие литифицированные породы с повышенным содержанием органического вещества (керогена), дающие высокий выход битумов при термической обработке и ограниченное количество битумов, экстрагирующихся при нормальных температурах.

Горючий сланец представляет собой глинисто-карбонатную осадочную породу, отличающуюся от вмещающей породы повышенным (более 10 %) содержанием керогена. В зависимости от содержания и характера органического вещества горючие сланцы образуют переходы с породами, содержащими битумы нефтяного ряда, сапропелевыми и гумусо-сапропелевыми углями, высокозольными углистыми и липтобиолитовыми сланцами. От углей горючие сланцы отличаются по составу органического вещества (преобладает сапропелевое, а не гумусовое), повышенной концентрации минерального вещества над органическим и тесной микродисперсной связи органического вещества (керогена) с минеральным.

На территории СССР сланцевые бассейны и месторождения установлены в следующих отложениях: нижнего и среднего кембрия (Оленекский бассейн); нижнего и среднего ордовика (Прибалтийский бассейн); верхнего девона (доманик Тимано-Печорской провинции и фамен Припятской впадины); верхнего карбона — нижней перми (Кендерлыкское месторождение, Восточный Казахстан); верхней юры (Волжский и Тимано-Печорский бассейны); средней юры (месторождения Кавказа); среднего — верхнего мела (месторождения Иркутского бассейна); палеогена (Южно-Таджикский бассейн и др.); неогена (Болтышское месторождение на Украине и месторождения Кавказа).

Хотя первое упоминание об использовании горючих сланцев относится к 1694 г., когда в Англии был выдан патент на способ получения из содержащей органическое вещество породы смолы,

Таблица 9

Характеристика основных сланцевых бассейнов мира.

По М. В. Голыцыну и др.

Бассейн, месторождение	Число пластов	Суммарная мощность пластов, м	Запасы смолы, млрд т	Добыча смолы, млн т	
				1980 г.	1990 г. (планируемая)
Прибалтийский (СССР)	1	2—3	3	7*	10
Грин-Ривер (США)	Более 10	До 100	220	—	10—45
Ирати (Бразилия)	2	До 10	112	—	2
Фушунь (КНР)	Более 10	До 115	0,4	12	—
Рандл (Австралия)	5—7	До 185	0,3	—	10—13
Тимахдит (Марокко)	5	До 60	2,2	—	3,3

*Добыча горючих сланцев в натуральном виде 36 млн т.

дегтя и сланцевого масла, до сих пор доля получаемого при переработке горючих сланцев синтетического топлива в топливно-энергетическом балансе мира не превышает 1—2 %.

Разведанные ресурсы горючих сланцев (в пересчете на содержание сланцевой смолы) составляют, по данным докладов специалистов, сделанных на 27-й сессии Международного геологического конгресса (Москва, 1984), 550 млрд т (табл. 9).

Примером эффективного использования горючих сланцев и их отходов может служить развитие их добычи и применения в Эстонской ССР. Здесь успешно работают две первые в мире крупные тепловые электростанции суммарной мощностью 3,2 млн кВт. За время эксплуатации в их топках сожжено 350 млн т сланца, выработано более 250 млрд кВт·ч электроэнергии, что позволило высвободить для нужд народного хозяйства свыше 100 млн т мазута. Отходы производства — сланцевую золу — используют в регионе для известкования почв и в промышленности строительных материалов. За счет этого сэкономлено около 5 млн т извести и более 3 млн т цемента.

Метан угольных месторождений. Вслед за месторождениями традиционного природного газа в качестве важнейшего источника энергии выступают угольные месторождения. В недрах СССР залегает более половины мировых запасов угля. Его добыча и переработка позволяют также получить и использовать один из возможных нетрадиционных источников энергетических ресурсов — метан угольных месторождений, который составляет до 80—100 % общего количества заключенных в углях природных газов.

Метан из угольных пластов относится к относительно доступному резерву на фоне известных в мире других нетрадиционных источников горючих газов. Проблема использования метана, получаемого при дегазации угольных пластов, имеет кроме чисто

энергетической и другую не менее важную направленность — обеспечение безопасности работ по добыче угля.

Угольным пластам свойственна специфическая площадная и вертикальная газовая зональность, обусловленная особенностями геологического строения угленосных бассейнов, степенью метаморфизма углей, литологическим и тектоническим строением месторождений, мощностью и проницаемостью перекрывающих отложений, гидрогеологическими, геотермальными условиями и другими факторами. В верхних частях разреза угленосных бассейнов обычно фиксируются зоны газового выветривания и деметанизации. Содержание здесь метана обычно не превышает 2 м³/т для длиннопламенных и газовых углей, 4 м³/т для жирных и коксовых углей и 6 м³/т для тощих углей и антрацитов.

Метаноносность повышается с возрастанием степени метаморфизма углей: от длиннопламенных (не более 10 м³/т) к наиболее метаморфизованным (тощим) каменным углям (до 35 м³/т). Максимальная величина (до 45 м³/т) характерна для низкометаморфизованных антрацитов. Высокометаморфизованные антрациты (суперантрациты) резко отличаются от других углей своей слабой природной метаноносностью (до 5 м³/т).

Отмеченная закономерность изменения природной метаноносности различных марок углей с глубиной может служить, по нашему мнению, основным геологическим ключом для прогнозной оценки количества метана, содержащегося в угольных месторождениях.

К. И. Багринцева, В. Г. Васильев и В. И. Ермаков, приняв среднюю мощность зоны газового выветривания равной 300 м, рассчитали возможное количество углеводородных газов, содержащихся в угольных бассейнах СССР (табл. 10). В. И. Ермаков полагает, что общие запасы газа в кондиционных и маломощных пластах угольных бассейнов СССР до глубины 1800 м составляют 240—250 трлн м³.

Рассмотренные представления исследователей относятся к категории перспективных научных оценок, полученных на основе

Таблица 10

Расчет количества метана, содержащегося в углях бассейнов СССР.

По К. И. Багринцевой и др.

Интервалы глубин, м	Средняя газоносность угля, м ³ /т	Ресурсы угля, трлн т	Запасы газа, трлн м ³
0—300	3	2,3	6,9
300—600	10	1,8	18,0
600—1200	20	2,8	56,0
1200—1800	25	1,7	42,5
Итого		8,6	123,4

обобщенных гипотетических представлений о генерации метана в процессе формирования осадочных угленосных бассейнов и сведениях об усредненных расчетных показателях газоёмкости и газоносности углей.

Выполненный М. В. Толкачевым при участии Б. М. Зимакова и В. Я. Колесника подсчет количества метана в угольных пластах основных каменноугольных и антрацитовых бассейнов СССР отличается от приведенных оценок. Он базируется на геологоразведочных данных о распределении в бассейнах запасов углей по их марочному составу и современной природной газоносности пластов, ее количественной зависимости от степени метаморфизма и глубины залегания угля.

Сравнение природной метаноносности различных марок углей основных бассейнов страны показывает большую их дифференциацию (табл. 11). Характеристика углей дана по ГОСТ 21489—76.

Таблица 11

Сравнение природной метаноносности угольных пластов в метановой зоне Печорского и Донецкого бассейнов

Месторождение, шахта, структура	Марка углей*	Метаноносность угольных пластов (м ³ /т) в зависимости от глубины их залегания, м					
		100	200	300	400	500	600
<i>Печорский бассейн</i>							
Воркутское:							
восточное крыло синклинали	Ж ₁₉	9—12	17—20	20—24	23—27	27—32	23—35
западное крыло синклинали	Ж ₁₀	8—10	13—15	16—19	18—22	21—26	—
Усинское	Ж ₁₉	13—16	17—21	19—23	21—25	24—28	—
Воргашорское	Ж ₁₀	9—11	12—14	14—16	15—18	20—23	—
Сейдинское	Г	6—7	8—9	9—10	—	—	—
Интинское	Д	3—4	4—5	—	5—6	6—7	—
<i>Донецкий бассейн</i>							
Миллеровский район	Д	2—3	3—4	—	4—5	5—6	6—7
Шахта Западно-Донбасская	Г ₆	4—5	6—7	8—9	9—10	—	10—12
Шахты Северо-Изваринская № 1 и Юго-Западная № 1	К, Ж	5—6	7—9	10—11	12—13	14—15	16—18
Быстринская синклиналь	ОС	11—13	15—17	18—20	19—21	20—22	22—24
Шахта Южно-Каменская № 1	Т-ПА	9—11	13—15	16—18	19—21	22—24	25—28
Краснодонская синклиналь	ПА-10/А	20—24	26—29	28—31	29—33	30—34	33—37

*Ж—жирные, Г—газовые, Д—длиннопламенные, К—коксовые, ОС—отощенные спекающиеся, Т—тощие, ПА—полуантрациты, 10/А—низкометаморфизованные антрациты.

Таблица 12

Группировка углей по степени метаморфизма для подсчета количества содержащегося в них метана

Группа углей (степень метаморфизма)	Стадии метаморфизма	Отражение витринита		Марки углей*	Выход летучих, %	
		в воздухе R^a , л · 10 усл. ед	в иммерсионном масле R^0 , %			
Первая (низкая)	Каменно-угольная	I, I—II	70—82	0,5—0,84	Д, Г	Более 37
Вторая (средняя)		II—III, III, III—IV, IV, IV—V, V	83—107	0,85—1,99	ГЖ, Ж, К, КЖ, ОС, СС	35(37)—15
Третья (высокая)	Антрацитовая	VI, VII—VIII, VIII—IX, IX	108—150	2,0—5,5	Т, А	Менее 15

*ГЖ—газовые жирные, КЖ—коксовые жирные, СС—слабоспекающиеся; остальные марки м. табл. 11.

Для подсчета объемов метана запасы углей Кузнецкого, Печорского, Донецкого и Карагандинского бассейнов подразделены на три группы по степени их метаморфизма (табл. 12), отличающиеся по значениям средней метаноносности пластов. Подсчет выполнен до глубины 1800 м в двух вариантах: общегеологические, кондиционные запасы каменных углей и антрацитов (табл. 13). Используемые в расчетах средние значения удельной природной метаноносности пластов угля различных марок, которые существенно изменяются с глубиной и отличаются между бассейнами, были заимствованы из опубликованных работ. Принимая во внимание различную мощность зоны газового выветривания (деметанизации) угольных пластов и крайне незначительную газоносность пластов в ее пределах, подсчитанные объемы метана целесообразно уменьшить пропорционально запасам углей, приуроченным к этой зоне, на 10% для Печорского, Кузнецкого и Карагандинского бассейнов и на 15% для Донецкого бассейна. Общее количество метана в кондиционных запасах угля этих бассейнов составит в этом случае 11,7 трлн м³.

Выполненная оценка запасов метана на всю площадь бассейнов в пределах всего комплекса угленосных отложений имеет, скорее, теоретическое значение. Для выяснения возможностей комплексной эксплуатации метано-угольных месторождений целесообразно подсчитать количество метана на осваиваемых промышленностью и перспективных месторождениях в пределах реальных глубин и площадей развития угледобывающих предприятий. Чтобы определить практическую ценность этих ресурсов метана, не-

Таблица 13

Расчет количества метана до глубины 1800 м

Бассейны	Группа углей (степень метаморфизма)									Итого	
	Первая (низкая)			Вторая (средняя)			Третья (высшая)			I	3
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Кузнецкий	268	8—12	2144—3216	156,5	16—21	2504—3286	205,1	20—30	4102—6153	629,6	8750—12 655
	300,8		2406—3610	183		2928—3843	227,3		4546—6819	711,1	9880—14 272
Печорский	30,6	10—15	306—459	9,52	23—28	219—266	2,44	20—30	49—73	42,5	574—798
	122,5		1225—1837	32,4		745—907	18,9		376—567	173,8	2348—3311
Донецкий	58,8	8—12	470—705	12,53	14—18	175—225	10,53	20—30	210—316	81,8	855—1246
	71,1		569—853	15,3		214—275	15,7		314—475	102,1	1097—1599
Карагандинский	—	—	—	29,9	18—23	538—688	—	—	—	29,9	538—688
	—		—	49		882—1127	—		—	49	882—1127
									<i>Всего</i>	784	10 717—15 387
									1036	14 207—20 309	

Примечания. I. 1 — запасы угля, млрд т, 2 — средняя природная метаноносность, м³/т; 3 — количество газа, млрд м³; II. В числителе количество метана в кондиционных угольных пластах, в знаменателе — в общегеологических запасах. III. Запасы угля в кондиционных угольных пластах для Кузнецкого и Карагандинского бассейнов, а для Донецкого бассейна без высокометаморфизованных антрацитов.

обходимы специальные исследования по установлению коэффициента их извлечения.

По ориентировочным подсчетам, в угольных шахтах мира при добыче угля ежегодно выделяется 26—28 млрд м³ метана. Из них около 10—12% каптируется и выводится на поверхность. Содержание метана в каптированном газе не превышает 50% и только около половины его используется как топливо. На шахтах некоторых стран Европы (ПНР, ЧССР, ФРГ, Бельгия) утилизируется свыше 80% каптируемого метана.

Среди источников природного газа метан угольных месторождений может служить постоянным дополнительным, хотя и ограниченным по объему энергетическим ресурсом, прежде всего для предприятий угледобывающей промышленности.

Сероуглеродородные с углекислым газом месторождения. Открытие нетрадиционных видов углеводородного сырья требует вдумчивого и гибкого подхода к их освоению. Примером могут служить выявленные в последние годы Астраханское и Карачаганакское комплексные сероуглеродородные месторождения Прикаспийской впадины.

Проведенные во ВНИГНИ исследования проб указанных месторождений показали, что жидкая фракция углеводородов этих месторождений отличается от типичных конденсатов повышенной плотностью и низким содержанием бензиновых фракций, а от типичных нефтей — отсутствием асфальтенов и низким содержанием смол. В зависимости от пластовых давлений и температуры жидкие углеводороды такого состава могут находиться в смеси с углеводородным газом, углекислым газом и сероводородом в однофазном (жидком или газообразном) состоянии. Такие системы пластового флюида, вероятно, будут характерны для большинства вновь открываемых залежей углеводородов в подсолевых отложениях Прикаспийской впадины. Особенность этих систем — повышенная чувствительность к изменению начальных равновесных термобарических условий залегаания. Снижение пластового давления или температуры сразу же вызывает интенсивные фазовые переходы — выпадение жидкости из газовой фазы, что в конечном счете приводит к увеличению пластовых потерь конденсата. Поэтому крайне необходимо уже на начальной стадии освоения ресурсов Прикаспийской впадины тщательно продумать и научно обосновать рациональные системы разработки газоконденсатных месторождений астраханского типа.

Если не принять необходимых мер при организации добычи, то в процессе разработки залежей на естественном режиме при снижении давления ниже предела насыщения может резко возрасти влияние газового фактора. При этом энергия пласта быстро иссякнет и коэффициент извлечения жидких углеводородов окажется значительно меньше показателя, утвержденного ГКЗ СССР. Для Астраханского месторождения, продуктивные отложения ко-

тогого характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами, эти потери могут быть особенно ощутимы. Конечный коэффициент отдачи при разработке залежей на естественном режиме, как свидетельствует мировая практика, не может быть выше 30%.

Для увеличения коэффициента извлечения жидких компонентов следует рассмотреть возможность обратной закачки в пласт извлекаемого на поверхность углекислого газа в смеси с излишним сероводородом и, возможно, некоторыми легкими углеводородными компонентами. Состав закачиваемой в пласт смеси, по мнению С. П. Максимова, может быть подобран таким образом, что на поверхности при относительно невысоких температурах и давлениях она будет представлять из себя жидкость, закачка которой в пласт в техническом плане более эффективна, чем подача газа с помощью компрессоров. Закачка в пласт указанной смеси будет способствовать замедлению падения пластового давления и постепенному обогащению пластовой системы углекислым газом и сероводородом. Это позволит стабилизировать фазовое состояние пластового флюида и послужит основой для реализации процесса так называемого смешивающегося вытеснения, которому свойственна значительно более высокая отдача, чем для способов разработки с заводнением на естественном режиме. По предварительным расчетам ВНИГНИ, для Астраханского месторождения в этом случае извлечение жидкой фазы может достигнуть 70%.

Необходимо также иметь в виду, что опыт разработки подсольных залежей Астраханского и Карачаганакского месторождений будет служить эталоном для всех вновь открываемых залежей подобного типа в Прикаспийской впадине.

Разработка Астраханского и Карачаганакского месторождений может принципиально изменить состояние дел в области добычи жидких углеводородов в европейской части страны, так как эти месторождения расположены в более доступных районах, чем промыслы Западной Сибири. Удельные капитальные вложения и эксплуатационные затраты на их освоение будут более низкими. Осваивать Карачаганакское месторождение нужно комплексно, добываясь максимального извлечения конденсата и серы.

Полученные результаты позволяют утверждать, что с подсольными карбонатными отложениями бортовой зоны Прикаспийской впадины связано развитие промышленных залежей углеводородов с преобладанием относительно низкокипящих жидких компонентов в комплексе с сероводородом и углекислотой. Поэтому эту провинцию следует рассматривать также в качестве новой сырьевой базы развития нефтяной и химической промышленности.

Морские месторождения нефти и газа. Сегодня более 100 стран ведут морские поиски и разведку, а около 40 из них — добычу нефти или газа. Перспективы дальнейшего освоения морских ме-

сторождений нефти и газа определяются рядом факторов, важнейший из которых — оценка потенциальных ресурсов этих видов сырья. Неоткрытые ресурсы жидких и газообразных углеводородов на дне Мирового океана, по данным ряда зарубежных и отечественных исследователей, определяются от 137 до 260 млрд т. Вероятные запасы шельфа до изобаты 200 м составляют, по сведениям, приведенным на Международной конференции, посвященной проблемам использования нефти и газа Мирового океана (Лондон, 1976 г.), 10—27 млрд т нефти и 12—28 трлн м³ газа.

Масштабность и перспективность освоения морских углеводородных ресурсов определяются наличием обширных подводных нефтегазоносных бассейнов, по своей площади превышающих осадочные бассейны суши. Территория перспективных земель шельфа до глубины в 200 м составляет около 15 млн км². Континентальный склон и абиссальные равнины океанов (до глубины 3000 м) занимают 38 млн км². Еще около 30—40 млн км² перспективных площадей расположено на глубинах 3000—4000 м. В итоге получается около 80—90 млн км², что в 1,5 раза превышает площадь наземных нефтегазоносных бассейнов.

Уран. Быстрыми темпами растет производство природного урана из месторождений новых типов. Среди них ведущее место занимают месторождения комплексных полиметалльных руд в зонах несогласия, приповерхностные современные концентрации в русловых отложениях временных водных потоков и месторождения так называемых порфириновых руд в апогранитах, альбититах и древних вулканах.

Значительные перспективы имеет использование техногенных скоплений урана, образовавшихся в результате переработки богатых руд золота, меди и других металлов. В ЮАР, США, Перу, Чили и некоторых других странах налажено такое производство. В последние годы увеличивается попутное извлечение урана из медных руд (ЮАР) и фосфоритов (США и Чили). Огромные концентрации урана заключены в сапропелевых сланцах, фосфоритах, интрузивных кислых и щелочных породах, ураноносных илах, водах Мирового океана и внутренних морей. По данным Н. П. Лаверова, А. О. Смилкстын и М. В. Шумилина, при современном уровне производства фосфорной кислоты ежегодно теряется около 7 тыс. т урана. Его извлечение может стать рентабельным при увеличении спроса на уран в 90-х годах [23].

Торф. Человечеству давно известен этот естественный и широко распространенный источник энергетических ресурсов. Производящие торфяные болота занимают на земном шаре около 350 млн га, что составляет значительную часть суши. Торф — ценное возобновляемое природное сырье, использование которого претерпевает коренные изменения. В начале 80-х годов в СССР в качестве топлива на электростанциях и в котельных использовалось ежегодно около 20 млн т торфа. Это в 3 раза меньше, чем

в 70-е годы. Сегодня строительство электростанций на торфе не планируется. В будущем применение торфа в качестве энергетического сырья возможно лишь на базе создания новых перспективных продуктов его переработки. В МЭИ разработана схема термического разложения торфа с получением на его основе полукокса, горючего газа, торфяной смолы и газового бензина. Газ и полукокс можно будет использовать в энергетике и металлургии, а смолу и бензин — в качестве химического сырья. Ежегодно десятки миллионов тонн торфа вывозятся на поля, применяются в качестве подстилки на животноводческих фермах. Концентраты физиологически активных веществ из торфа используются при производстве косметики и парфюмерии, лечебных мазей и препаратов.

Обобщая все сопутствующие процессы переработки и использования торфа, можно сказать, что вчера он рассматривался в основном как топливо, сегодня — как эффективное удобрение для сельского хозяйства, а завтра будет рассматриваться как сырье химической, медицинской, парфюмерной промышленности.

Трудно сегодня предсказать все возможные в будущем направления использования торфа. Некоторые из них уже намечены: получение горного воска и реагентов для приготовления буровых растворов, использование как наполнителя пластмасс и добавку при производстве гранулированных удобрений; торфяную крошку применяют для ликвидации нефтяных разливов на водной поверхности, из торфа получают кормовые дрожжи (из 1 т сухого торфа можно получить 200 кг кормовых дрожжей).

Использование торфа в сельском хозяйстве в историческом аспекте также претерпевает серьезные изменения. Установлено, что его внесение в почву в чистом виде нерационально. Большую пользу приносят торфо-минеральные удобрения, в состав которых входят фосфоритная мука и аммиак. Применяются в опытном порядке гранулы торфа с сухим остатком промышленных сточных вод, отходами химического производства и стимуляторами роста растений.

По мере углубленного и комплексного изучения торфа открываются все новые и новые его свойства — основа будущего нетрадиционного применения этого возобновляемого природного образования.

Геотермальная энергия. Практически неиссякаемым и во многих случаях рентабельным источником тепловой энергии является глубинное тепло Земли. Важным качеством геотермальной энергии нужно признать относительно слабое отрицательное влияние на окружающую среду. По расчетам специалистов, геотермальное тепло, аккумулированное в верхней десятикилометровой толще земной коры, эквивалентно массе топлива (условного) в количестве $14 \cdot 10^{15}$ т. Распределение геотермальной энергии (плот-

Таблица 14

Ориентировочные ресурсы геотермальной энергии континентов и океанов Земли. По У. И. Моисеенко и А.А. Смыслову

Регионы	Площадь, $\mu \times 10^6$ км ²	Плотность теплового потока, мт/м ²	Общие запасы геотермальной энергии, $\mu \times 10^{10}$ Вт	Регионы	Площадь, $\mu \times 10^6$ км ²	Плотность теплового потока, мт/м ²	Общие запасы геотермальной энергии, $\mu \times 10^{10}$ Вт
Континенты				Океаны			
Европа	10,50	50,5	55	Тихий	178,68	62,6	1140
Азия	43,44	51,2	225	Атлантический	91,66	54,6	505
Африка	30,32	45,8	140	Индийский	76,17	55,0	415
Австралия	7,63	75,5	60	Северный Ледовитый	14,75	52,3	75
Северная Америка	24,25	66,4	165				
Южная Америка	17,83	66,4	120				

ность удельного теплового потока) на континентах и в океанах крайне неравномерно (табл. 14).

Опыт эффективного применения геотермальной энергии для выработки электроэнергии и теплоснабжения имеется в Италии,

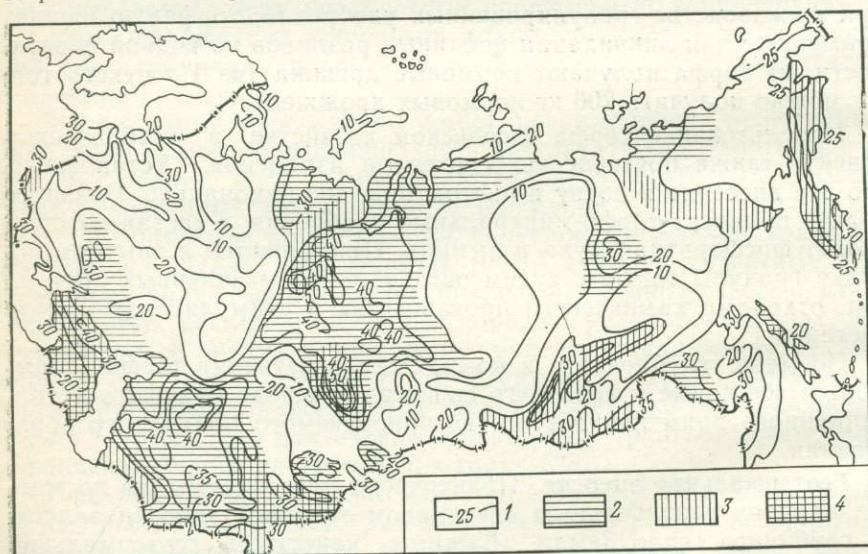


Рис. 17. Геотермический градиент и основные геотермальные бассейны территории СССР. Составили У. И. Моисеенко, А. А. Смыслов.

1 — изолинии геотермического градиента, °С/км; 2—4 — основные геотермальные бассейны: 2 — в областях накопления корового тепла под чехлом осадков, 3 — в зонах конвективного притока мантийного тепла, 4 — в областях совмещения корового и подкорового накопления тепла

Рис. 18. Соотношение гидрогеотермальных и петрогеотермальных ресурсов (Q) в верхней части земной коры в зависимости от пористости горных пород (n).

Штриховкой показано наиболее распространенное для литосферы соотношение



Исландии, США и Японии. В нашей стране с 1967 г. на юге п-ова Камчатка успешно работает Паужстская опытно-промышленная геотермальная электростанция мощностью 11 МВт. Природная пароводяная смесь с температурой 170—200 °С поступает здесь по скважинам с глубины от 260 до 800 м.

За рубежом первые геотермальные электростанции были построены в 1906—1913 гг. в Италии в районе Лардерелло (работают на природном сухом паре с температурой 250 °С). С 1951 г. работают ГеоТЭС в Японии, которая использует перегретую воду с температурой 200 °С месторождения Беппу (о. Кюсю), и ГеоТЭС в Новой Зеландии, работающая на влажном паре с температурой 270 °С месторождения Вайракей.

На территории нашей страны максимальные значения геотермического градиента установлены в Западной Сибири, Предкавказье, Прикаспии, Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции

Таблица 15

Характеристика возможных теплоносителей геотермальной энергии.

По У. И. Моисенко и А. А. Смыслову

Теплоносители и аккумуляторы тепла	Температура, °С	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	Теплосодержание (удельная энтальпия), кДж/кг	Перспективы и условия энергетического использования
Породы: твердые монолитные	≥100	1100	—	Весьма значительные при предварительном гидро-разрыве и последующем искусственном заводнении
твердые сильно трещиноватые	>100	820	—	При искусственном заводнении
Лавы	>800	1090	—	Благоприятные, технологически не разработанные
Рассолы (минерализация свыше 10 г/л)	200—300	—	800—900	После удаления значительной части солей
Вода (минерализация менее 10 г/л)	200—300	5000	1090	Благоприятные
Пар	200—250	3000	2800	Весьма благоприятные

и на Камчатке (рис. 17). Соотношение гидро- и петротермальных (сухое тепло горных пород) ресурсов в пределах глубин, доступных для современных исследований, приводится на рис. 18, а характеристика возможных теплоносителей в табл. 15.

По расчетам специалистов ВСЕГИНГЕО, общие потенциальные эксплуатационные запасы только термальных вод СССР с температурой от 40 до 165°C и минерализацией от 1 до 200 г/л составляет 8,5 млрд м³/сут, что в расчете на год соответствует массе условного топлива 15,3 млрд т.

2. ЧЕРНЫЕ И ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Железные руды. Развитие черной металлургии в СССР полностью осуществляется на базе отечественных минерально-сырьевых ресурсов. На долю нашей страны приходится около 45% мировых разведанных запасов железных руд. Основу сырьевой базы составляют месторождения магнетитовых (Соколовское, Сарбайское, часть залежей КМА, Оленегорское, Качканарское, Коршуновское, Тагило-Кушвинское) и гематитовых (Криворожское, часть залежей КМА, Атасуйское, Ангари-Питское и др.) руд. Бурый железняк (лимонит и гётит) разрабатывается только на Керченском, Лисаковском и Аятском месторождениях. Сидеритовые руды (Бакальское месторождение) промышленностью не используются [66].

Совершенствование методов переработки железной руды (обогащение, производство агломерата, окатышей и других полуфабрикатов) открывает возможности дальнейшей интенсификации разработки сырьевой базы, позволяет осваивать месторождения со сравнительно меньшим содержанием железа в руде. Необходимость этого определяется и истощением богатых руд. Исчерпаны запасы легендарных гор Магнитной и Благодати на Урале, состоявшие из руд с содержанием железа 60—70%. На Магнитогорский и Нижнетагильский комбинаты ежегодно завозятся миллионы тонн сырья из других районов страны.

В этих условиях целесообразно рассмотреть возможность более полного использования сырьевой базы собственно Урала.

Значительные запасы железа сосредоточены в уральских месторождениях титаномагнетитов (Качканарское, Волковское и другие). В комплексных рудах титаномагнетитовых месторождений при относительно низком (15—20%) содержании железа содержится титан и такой ценный легирующий металл, как ванадий. Выгода от извлечения попутных компонентов позволила организовать рентабельное использование этих руд для нужд черной металлургии. Себестоимость железного концентрата на построенном в 1963 г. Качканарском комбинате ниже отраслевой. Передел сырья на Нижнетагильском металлургическом комбинате обеспечивает попутное получение ванадия. При доменной плавке вана-

дий переходит в чугу́н, а при последующем конверторном переделе — в шлак, из которого его извлекают гидрометаллургическим способом. Разработанная Уральским научно-исследовательским институтом черной металлургии технология переработки титаномагнетитовых руд в металлизированные окатыши позволяет использовать этот вид нетрадиционного минерального сырья не только в доменном производстве, но и в электродуговых печах.

Перспективная оценка рудной базы нашей страны была бы далеко не полной без учета ресурсов оолитовых лептохлорит-гидрогётитовых руд восточной части Западно-Сибирского бассейна — одного из крупнейших в мире регионов сосредоточения осадочных железных руд. Полоса железозносных осадков шириной от 50 до 250 км прослежена бурением от южных границ Западно-Сибирской низменности через Бакчарский, Колпашевский и Каргасокский районы Томской области, верховья рек Таз, Вах, Сым, Елогу́й до бассейна рек Турухан и Большой Хеты на расстоянии более 1000 км. Руды с содержанием железа более 30% залегают на площади до 10 тыс км² на глубине от 40 до 400 м. Содержание железа колеблется от 30 до 48% при мощности рудных пластов от 1 до 25 м. Главные рудные минералы представлены в основном оксидами и гидроксидами (гётитом, гидрогётитом), карбонатами (сидерит), железистыми хлоритами.

Общие ресурсы железных руд бассейна с содержанием железа более 30%, по подсчетам ученых СО АН СССР, превышают 900 млрд т, запасы кондиционных руд оцениваются в 350 млрд т.

По химическому составу руды бассейна относятся к категории комплексных с повышенным содержанием фосфора (0,2—1,8% Р₂О₅) и алюминия, что затрудняет проведение металлургического процесса по традиционной технологии, так как при этом фосфор переходит в чугу́н, ухудшая его качество, а алюминий — в доменный шлак, снижая его подвижность. По химическому составу и текстурно-структурным особенностям оолитовые руды Западной Сибири — в значительной степени труднообогатимы и пригодны для обогащения обжиг-магнитным методом. Применение более простой и дешевой гравитационно-магнитной технологии не позволяет повысить среднее содержание железа в товарной руде выше 46%, что приводит при доменной переработке к получению большого количества шлака (1070—1090 кг/т чугуна) и высокому расходу кокса.

Наиболее близки по составу к западносибирским бурые оолитовые руды Камыш-Бурунского месторождения (Украина) и Эльзас-Лотарингии (Франция). Выплавляемый в последнем случае чугу́н содержит около 1,8% фосфора, что позволяет при последующем переделе наряду с металлом получать большое количество фосфат-шлаков, которые являются одним из основных удобрений в сельском хозяйстве Западной Европы и пользуются там большим спросом. Вероятно, что это качество руд послужило, не-

смотря на острую конкуренцию с импортными богатыми рудами, одной из причин сохранения их товарного производства до сих пор.

Ванадий. В условиях научно-технической революции сфера применения ванадия значительно расширилась. Производство инструментальной быстрорежущей и легированной стали в металлургии, высокопрочные сплавы с титаном в авиакосмической промышленности, катализаторы при производстве серной кислоты в химической и крекинга нефти в нефтеперерабатывающей промышленности, использование ванадия высокой чистоты в атомных реакторах — вот далеко не полный перечень основных направлений применения этого металла.

Производство ванадия в развитых капиталистических и развивающихся странах по темпам развития обгоняет производство других легирующих металлов. За период с 1950 по 1985 г. оно возросло в 11,7 раза. За этот же период производство молибдена, например, увеличилось только на 60%, вольфрама — в 2,5 раза. Первичные минеральные ресурсы современного производства ванадия в подавляющем большинстве случаев представлены титаномагнетитовыми рудами. Оставшуюся часть рудной базы составляют ванадийсодержащие сланцы, латериты, карнититовые уран-ванадиевые руды, руды зон окисления ряда полиметаллических месторождений и фосфоритоносные отложения. Наиболее крупные запасы капиталистического мира приходятся на долю ЮАР, США и Австралии.

Возросшее потребление ванадия и рост цен на это сырье, концентрация основного количества первичного традиционного ванадийсодержащего минерального сырья в недрах пяти стран мира послужили поводом для активного поиска нетрадиционных его источников, в частности, стимулировали работы по извлечению ванадия из нефти и битумсодержащих пород, отстоев в танкерах, золы электрических и тепловых станций.

За рубежом мелкомасштабное извлечение ванадия из продуктов сжигания нефтей и нефтепродуктов осуществляется давно. В Италии в годы второй мировой войны ванадий добывался из продуктов чистки котлов и топок, работающих на мазуте. В послевоенное время промышленная добыча ванадия из золы венесуэльских нефтей и мазутов осуществлялась гидрометаллургическим способом канадскими и американскими компаниями. Компания «Ойл продакшн» (США) разрабатывает в настоящее время технологию извлечения ванадия из нефти при ее крекинге. Шведская фирма «Микспроцессор АБ» строит завод по извлечению ванадия из продуктов сгорания мазута. В Канаде разрабатывается пирометаллургический способ попутного получения ванадия из битуминозных песков. В связи с открытием в Венесуэле крупных запасов тяжелой ванадийсодержащей нефти в районе р. Ориноко, запасы ванадия в которых оцениваются в 1 млрд т,

планируется организация крупномасштабного производства этого металла при комплексном освоении региона.

Основным сырьем для получения ванадия в СССР служат титаномагнетитовые руды с содержанием оксида ванадия более 0,15%. Ванадий из нефтей и битумов в нашей стране не добывается. В то же время в результате научно-исследовательских и геологоразведочных работ, начатых по инициативе ученых ВНИГНИ в 1974 г., были обнаружены повышенные концентрации ванадия в нефти месторождений п-ова Бузачи в Западном Казахстане. Установлено, что среднее содержание оксида ванадия в нефти Каражанбасского, Северо-Бузачинского и Жалкизтюбинского месторождений изменяется от 240 до 380 г/т [11].

Значение проблемы попутного промышленного получения ванадия при комплексной переработке высоковязких нефтей и природных битумов трудно переоценить. По экспертной оценке ВНИГНИ (табл. 16), количество ванадия в уже открытых месторождениях европейской части СССР составляет значительные количества.

Олово. Современную сырьевую базу оловодобывающей промышленности мира составляют в основном крупные и сравнительно богатые касситеритовые месторождения эндогенного и гипергенного происхождения. Однако за последние годы обнаружен ряд рудных и породообразующих минералов, в которых олово входит в виде изоморфной примеси (извлечено оно может быть только гидро- и пирометаллургическим способами). Содержание олова в пирите и пирротине достигает 0,15%, сфалерите — 0,55; халькопирите — 0,32; арсенопирите — 0,25; блеклых рудах — 2,7 [36].

По мнению Б. Н. Ерофеева, перспективы расширения сырьевой базы оловянной промышленности возможны за счет использования оловосодержащих минералов скарноворудных комплексов. Содержание олова в гранатах скарновых месторождений Восточной Сибири составляет 0,1—0,35% и достигает иногда 1,5%. В месторождениях Приладожья и Средней Азии встречаются гранаты, содержащие до 2,5% этого металла. Крупные скопления рассеянного олова установлены в магнезиальных скарнах Аляски. Определенное значение в будущем могут иметь станнин, тиллит, франкент и др.

В мире известны крупные суммарные запасы бедных по содержанию легкообогатимых касситеритсодержащих руд, получивших наименование «порфирировых». Среди них касситеритсодержащие «оловянно-порфирировые» руды Боливии; оловосодержащие медные и молибденовые, а также золоторудные, вольфрамовые и другие месторождения.

Алюминиевое сырье. Мировой капиталистический рынок алюминия, в основе которого лежит производство этого металла из бокситов латеритного типа, характеризуется устойчиво высокими темпами роста потребления этого металла.

Таблица 16

Прогнозные концентрации ванадия в высокосмолистых нефтях и природных битумах.

По И. С. Гольдбергу и др.

Регион нефте- и битумонакопления	Возраст продуктивного комплекса	Тип скопленный битумов	Содержание ванадия, г/т				Месторождения
			высокосмолистые нефти	мальты	асфальты	асфальтиты	
<i>Волго-Уральская нефтегазоносная провинция</i>							
Западный склон Южно-Татарского свода	P ₂	Пластовый	207—330	330—638	638—823	823—1070	Мордово-Кармальское, Горское, Шугуровское
Мелекесская впадина	C ₁	"	222—625	625—1200	—	—	Степноозерское, Нурлатское, Зимницкое
Жигулевский вал	C ₃ —P ₁	"	—	123—212	212—265	265—338	Батракское
	C ₃ —P ₁	"	—	—	275	646	Сызранское
Зона Кинельской дислокации	P ₂	Жильный	—	—	—	2350—4510	Садкинское, Ивановское
<i>Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция</i>							
Ухта-Ижемский вал, Омра-Сойвинская ступень	D ₂	Пластовый	45—63	63—108	—	—	Ярегское
	D ₃ —C ₁	"	—	—	235—297	297—380	Ижемское
Варандей-Адзвинская структурная зона	P—T	"	90—132	132—235	—	297—380	Северо-Сорокинское
	C ₁	"	—	—	235—297	297—380	Талотское

Примечание. Содержание асфальтенов и смол в высокосмолистых нефтях 25—30%, мальтах 35—60, асфальтах 60—75, асфальтитах 75—90%.

Алюминий занимает по объему производства и потребления в капиталистическом мире ведущее место среди других цветных металлов, превышая по этим показателям медь более чем в 1,5 раза, цинк — в 2, свинец — в 3 раза (до второй мировой войны он находился по показателям производства и потребления на четвертом месте — после меди, цинка и свинца) [12].

С начала текущего столетия почти весь глинозем для электролиза алюминия получали за счет переработки бокситовых руд из месторождений, связанных с древними карстовыми бокситовыми формациями. На рубеже 30—40-х годов доля алюминиевых руд этого промышленного типа стала снижаться. На смену им пришли более доступные и требующие меньших энергетических затрат при переработке бокситы латеритного типа. В настоящее время почти весь алюминий капиталистического мира производится на основе высокоглиноземистых и почти бескварцевых латеритных бокситов, месторождения которых в основном локализованы в приэкваториальной зоне Земли.

Общие мировые запасы бокситов, переработка которых возможна традиционными способами (метод Байера, способ спекания и комбинированный), по экспертной оценке Б. Н. Одокия, составляют 49 млрд т, а вместе с низкосортными рудами 70 млрд т. По обеспеченности сырьем алюминиевая промышленность не имеет себе равных [37]. Вместе с тем месторождения высококачественных бокситов распределены крайне неравномерно. Среди более чем сорока капиталистических и развивающихся стран, имеющих собственную сырьевую базу алюминиевой промышленности, около 25 млрд т разведанных запасов латеритных бокситов сосредоточено в Гвинее, свыше 5 млрд т — в Австралии, около 13 млрд т — в Бразилии, Индии, Гайане, Ямайке, Камеруне. На долю остальных стран приходится менее пятой части разведанных запасов бокситов. В связи с этим для стран, не обладающих собственной бокситовой сырьевой базой, одним из направлений перспективного развития алюминиевой промышленности является поиск месторождений приемлемых видов небокситового сырья для получения глинозема.

Впервые в мировой практике в СССР были разработаны и освоены в промышленном масштабе эффективные способы комплексной переработки небокситовых видов алюминиевого минерального сырья — нефелинов и алунитов. При этом совместно с глиноземом производятся и другие ценные химические продукты (из 4 т нефелинового концентрата получается 1 т глинозема, 0,7 т соды, 0,3 т поташа). Кроме того, попутно из оборотного маточного раствора извлекается металлический галлий, а из шламовых отходов после выщелачивания спека производится высококачественный цемент [17]. Запасы нефелин-апатитовых руд сосредоточены на Кольском п-ове (Хибинский массив), а алунитовых руд — в основном в Закавказье (Загликское месторождение),

Таблица 17

Классификация небокситовых видов алюминиевого сырья.

По Б. Н. Одокио

Генетическая группа	Литологический вид сырья	Получаемые продукты
1. Алюмосиликатные изверженные породы	Нефелинсодержащие породы Псевдолейцитовые породы (сынныриты) Анортозиты и лабрадиты Глины каолиновые	Глинозем, содовый продукт, цемент Глинозем, поташ, калийные удобрения, цемент Глинозем, цемент Глинозем, различные строительные материалы, наполнители
1. Алюмосиликатные осадочные породы	Аргиллиты, глинистые сланцы Сланцы битуминозные, углистые Алунитовые породы	Глинозем, строительные материалы То же
3. Гидротермальные вулканогенные образования	Алунитовые породы	Глинозем, серная кислота, калийные удобрения, содовые продукты
4. Промышленные отходы (антропогенные образования)	Зола углей	Глинозем, строительные материалы
5. Полигенные образования	Глиноземные железные руды Глиноземсодержащие фосфатные породы Давсонитсодержащие породы	Чугун, глинозем, цемент Фосфатные соединения, глинозем, редкие элементы Содовые продукты, глинозем

в Приморье и на Украине [22]. Выделяются 11 основных литологических видов небокситового сырья, объединяемых в пять генетических групп, из которых технологически возможно получение глинозема (табл. 17).

Рудные ресурсы Мирового океана. Мировой океан является богатым систематически пополняемым источником ценных рудных образований. Около 15% океанического дна, которое имеет площадь более 360 млн км², представляют сегодня определенный практический интерес с позиций рудной геологии. В числе рассматриваемых рудных образований особенно важное место занимают железомарганцевые конкреции (ЖМК).

Заметные залежи конкреций обнаружены на сравнительно небольших (до 200 м) глубинах шельфовой зоны морей, омывающих северные берега европейской части СССР. Выявлены они и в слоях ила Черноморского побережья. Однако главные известные на сегодняшний день концентрации железомарганцевых конкреций приурочены к большим (до 6 км) глубинам. В семи районах дна Тихого и на ряде донных участков Индийского океанов зале-

жи конкреций простираются на громадных площадях, измеряемых тысячами квадратных километров.

Конкреции представляют собой довольно крупные (размером до 20 см) образования, лежащие на поверхности океанического дна. Средняя плотность этих скоплений в изученных районах колеблется от 5 до 40 кг/м² поверхности дна. Мощность слоя конкреций невелика, но довольно стабильна. Конкреции имеют осадочное происхождение и почти не сцеплены с подстилающими породами океанического дна. Типичные компоненты данных конкреций — железо и марганец, в меньших количествах в них присутствуют кобальт, никель, титан, медь, еще в меньших — свинец, цинк, молибден и др.

В конце 60-х годов ресурсы ЖМК оценивались более чем в 1,7 трлн т, в том числе в Тихом океане — 1,5 трлн т. В последние годы появились более строгие оценки, в соответствии с которыми общее количество ЖМК определено в 0,5 трлн т. Конкреции, пригодные для первоочередной разработки, содержат 0,5—0,8 млрд т извлекаемого марганца при его средней концентрации не менее 25% (в расчетах принято: извлечение ЖМК на поверхность — 20%, извлечение марганца при переработке конкреций — 85%).

В табл. 18 приводятся средние содержания важнейших металлов в залежах железомарганцевых конкреций, пригодных к разработке.

Ресурсы меди в морских конкрециях, по данным Горного бюро США на начало 1980 г., оцениваются в 700 млн т при среднем содержании меди около 1%. Ресурсы марганцевых конкреций Тихого океана, разработка которых считается экономически эффективной в ближайшие 5—10 лет, оцениваются Геологической службой США от 8 до 30 млрд т.

По расчетам О. Д. Корсакова и др., ресурсы ЖМК настолько велики, что промышленное освоение всего лишь 1% достаточно для получения 150 млн т меди и 30 млн т кобальта, обеспечиваю-

Таблица 18

Среднее содержание важнейших металлов в железомарганцевых конкрециях океанов, %

Океаны	Кобальт	Медь	Никель	Марганец
Тихий*	0,23—0,25	0,49—1,16	0,76—1,28	18,2—24,6
	0,34—0,78	0,13—0,23	0,41—0,51	14,6—15,1
Атлантический*	0,34	0,15	0,33	14,2
	0,31	0,15	0,48	18,0
Индийский	0,28	0,19	0,50	14,7

*В числителе—для северной части, в знаменателе—для южной.

щих мировую потребность в этих металлах соответственно на 17 и 1200 лет.

Кроме известных месторождений марганца, никеля, кобальта, меди, олова, золота и других металлов, сосредоточенных в скоплениях железомарганцевых конкреций в различных частях Мирового океана, наблюдаются тонкозернистые металлоносные осадки, которые по условиям залегания можно подразделить на три группы:

1) осадки, тяготеющие к внешнему краю шельфа (золотоносные и оловоносные отложения в основном терригенного происхождения);

2) осадки глубоких котловин и впадин континентальных окраин (биогеенный, хемогенный и терригенный материал, обогащенный полиметаллами за счет термальных источников, тяготеющих к зонам разломов);

3) осадки зоны срединно-океанических хребтов и глубоких рифтовых долин с аномально высокими содержаниями меди, никеля, кобальта, цинка, свинца, ванадия, редких и радиоактивных элементов при существенном дефиците алюминия (металлоносные отложения, бедные глиноземом).

Примером осадков первой группы являются золотоносные отложения бассейна Чирикова в северной части Берингова моря на шельфе Аляски. Содержание золота в 1 м³ тонкоалевритовых и песчано-глинистых образований 0,01 г. В целом на шельфе Аляски, по данным Горного бюро США, подсчитанные запасы золота превышают 311 тыс. т. Эта гипотетическая оценка при всей ее спорности почти на порядок превосходит данные о всех мировых (без СССР) запасах золота и, без сомнения, свидетельствует о возможных его промышленных концентрациях в тонких осадках морей и океанов.

Примером металлоносных осадков второй группы могут служить отложения впадины Санта Барбара в Мексиканском заливе, которые содержат значительное (иногда преобладающее) количество биогеенного материала. Полагают, что именно эти осадки могут служить исходным материалом для образования «черносланцевых формаций». Повышенные концентрации ванадия, хрома, цинка, никеля, молибдена, урана и серы, по-видимому, устанавливаются в зонах разгрузки высокоминерализованных субмаринных источников.

Проявления металлоносных образований третьего типа, тяготеющих к областям срединно-океанических хребтов, рифтовых зон и подножиям отдельных подводных вулканов, установлены в юго-восточной части Тихого океана, в глубоководных впадинах Чейн и Дискавери Красного моря. Интенсивный гидротермально-осадочный процесс, который имеет место в рифтовой зоне Красного моря, привел к формированию здесь рудных залежей, содержа-

Таблица 19

Химический состав (%) проб массивных сульфидов, отобранных в трех районах Тихого океана. По S. Bischoff et al.

Районы Тихого океана	Fe	Zn	Cu	Pb	S
<i>Восточно-Тихоокеанское поднятие</i>					
Пробы:					
1	14,7	34,9	0,23	0,61	31,3
2	26,2	20,3	1,3	0,07	39,7
3	16,7	41,8	0,89	0,29	34,9
4	4,0	1,7	0,13	0,06	4,3
5	0,61	0,12	0,35	0,04	0,74
<i>Хр. Хуан-де-Фука</i>					
Пробы:					
6	2,19	61,0	0,08	0,20	32,6
7	41,4	2,27	0,04	0,27	48,3
8	15,6	46,9	0,35	0,30	36,8
<i>Галапагосский рифт</i>	44,1	0,14	4,98	0,07	52,2

Таблица 20

Характеристика термальных рассолов (числитель) и вод (знаменатель) Красного моря, г/кг. По С. С. Бондаренко и др.

Компоненты	Впадина Атлантик II	Впадина Дискавери	Вода океана (для сравнения)
Na	92,6/113,2	93/108,8	10,75
K	1,87/2,69	2,14/2,74	0,39
Ca	5,15/5,81	5,12/3,97	0,41
Mg	0,76/0,9	0,81/1,48	1,29
Cr	156/190	155/180,8	19,35
Bг	0,13/—	0,12/—	0,066
Si	0,03/0,0004	0,003/0,0002	$4 \cdot 10^{-3}$
Fe	0,08/0,018	0,003/0,0066	$2 \cdot 10^{-5}$
Mn	0,08/0,11	0,05/0,042	$1 \cdot 10^{-5}$
Zn	0,005/0,0025	0,0105/0,0105	$5 \cdot 10^{-6}$
Cu	0,0003/0,00066	0,0001/0,00099	$1 \cdot 10^{-5}$
Co	0,0002/0,0015	0,0001/—	—
Pb	0,0006/0,003	0,0002/0,00048	$4 \cdot 10^{-6}$
Ni	—/0,0015	0,0003/—	$1 \cdot 10^{-7}$
Соленость, %	257,8/307,6	257,4/291,8	35,7
Температура, °C	56,5/—	44,7/—	—
Плотность, г/см ³	1,178/—	1,183/—	1,03

щих более 30% марганца и 5% цинка, до 2,5% меди, свыше 1,2% никеля, от 0,5 до 5,6 г/м³ золота.

Металлоносные образования дна морей и океанов, генетически связанные с гидротермальными процессами, можно условно подразделить на металлоносные осадки, гидротермальные корки и массивные сульфидные руды. В общем случае металлоносными

принято называть осадки, содержащие в сумме не менее 10% железа и марганца. Это вдвое превышает концентрацию указанных элементов в обычных пелагических отложениях типа «красных глин» [38].

Одно из наиболее значительных событий в морской геологии последних лет — открытие с помощью подводных обитаемых аппаратов на глубине 2200—2700 м крупных рудопроявлений — так называемых «массивных сульфидов». На океаническом дне известны сегодня десятки проявлений сульфидной минерализации, приуроченных к системе океанических хребтов и рифтов.

Наиболее крупные скопления массивных сульфидных руд выявлены в районах Галапагосских островов (в 650 км западнее Эквадора), Восточно-Тихоокеанского поднятия (на широте Мексики), подводного хр. Хуан-де-Фука (в 460 км западнее побе-

Таблица 21

Ориентировочные сведения о добыче минерального сырья из природных минерализованных вод в капиталистических и развивающихся странах.

По С. С. Бондаренко и др.

Полезные ископаемые	Добыча	
	Всего, т	в том числе из гидро-минерализованного сырья, %
Поваренная соль	$1,2 \cdot 10^8$	30—35
Калийные соли	$2,6 \cdot 10^7$	5—10
Сода	$3,5 \cdot 10^7$	5—10
Сульфат натрия	$4,6 \cdot 10^6$	20—30
Хлорид кальция	$2,7 \cdot 10^6$	20—25
Бор (B_2O_3)	$1,0 \cdot 10^6$	20—30
Бром	$3,9 \cdot 10^5$	90—95
Магний	$1,1 \cdot 10^5$	25
Литий (Li_2CO_3)	$5,5 \cdot 10^4$	15—20
Йод	$1,3 \cdot 10^4$	80—85
Аммиачные соединения	Нет свед.	Менее 1
Метан	" "	" 1
Железо	$4,1 \cdot 10^8$	+*
Медь	$6,0 \cdot 10^6$	++
Цинк	$5,0 \cdot 10^6$	++
Свинец	$2,3 \cdot 10^6$	+
Уран	$3,8 \cdot 10^4$	++
Вольфрам	$4,3 \cdot 10^4$	++
Стронций	$5,8 \cdot 10^4$	+
Серебро	$1,0 \cdot 10^4$	++
Ртуть	$4,3 \cdot 10^3$	Менее 1
Германий	$1 \cdot 10^2$	" 1
Цезий	10	" 1
Рубидий	10	" 1
Тяжелая вода	Нет свед.	" 1

*+—имеется технология, ++—разработан проект добычи.

режья США), во впадине Гуаймас в Калифорнийском заливе и других местах (табл. 19).

Сульфидные руды района Галапагосских островов, например, залегают на глубине 2600 м от уровня моря в рифтовой долине шириной от 1 до 2 км. Здесь на ложе из толеитовых базальтов, вблизи разломов обнаружены и оконтурены проявления сульфидной минерализации и целые холмы массивных сульфидов. Наиболее крупная залежь представлена сросшимися телами трубнообразной формы высотой до 35 м. Она прослеживается в длину на 1000 м при ширине от 20 до 200 м. Самые распространенные минералы залежи — пирит, сфалерит (вюрцит), халькопирит и марказит. Содержание меди составляет в среднем 6,5%, цинка — 1%, железа — 38%. На месторождениях подобного типа обычно выделяются трубчатые тела, активно выделяющие гидротермальные растворы. Внешняя часть высокотемпературных активных трубчатых тел («черных курильщиков») сложена халькопиритом и кубанитом, более низкотемпературные образования («белые курильщики») представлены вюрцитом. Служащие их основой купола состоят главным образом из сульфидов цинка с подчиненным количеством сульфатов. Для руд типично кристаллическое грубослоистое и аморфное сложение [57].

По мнению ряда исследователей, запасы сульфидных руд меди, цинка и серебра соизмеримы с запасами эксплуатируемых на суше месторождений этих полезных ископаемых колчеданного типа. Минеральные ресурсы морей и океанов этим не исчерпываются. Значительные количества полезных компонентов установлены не только в твердой (минеральной) форме. Их концентрация в термальных рассолах и иловых водах многократно превышает содержания в обычных водах морей и океанов (табл. 20).

Ориентировочные сведения о добыче минерального сырья из природных минерализованных вод в капиталистических и развивающихся странах (табл. 21) позволяют представить масштабы этого источника ценного минерального сырья.

3. ГОРНО-ХИМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Фторсодержащие минералы и руды. Традиционным поставщиком фтора для разнообразных производственных процессов служит плавленый шпат — флюорит. Ориентировочно общая ежегодная мировая потребность во флюорите колеблется от 4,5 до 6 млн т. Она возросла с 1950 г. более чем в 5 раз. При этом от общего количества добываемого флюорита в химической промышленности используется около 50%, в металлургии — 40—45%, для производства стекла, керамики, цемента и в других отраслях — 3%. Для производства 1 т алюминия, например, необходимо от 15 до 45 кг флюорита, 1 т стали — от 1,5 до 6 кг флюорита (в зависимости от типа процесса); 1 т плавиковой кислоты — около 3 т флюорито-

вого концентрата. Он применяется в оптических приборах, используется при производстве урана, высокооктанового топлива, фторпроизводных углеводородов (фреона).

Мировые запасы флюоритовых руд с 30%-ным содержанием фтористого кальция капиталистических и развивающихся стран составляют 270 млн т. Однако количество рентабельных для обработки месторождений данного вида сырья невелико. Это выдвигает вопрос о поисках новых месторождений флюорита, в том числе и нетрадиционных, стимулирует разработку технологических процессов и производств с более экономным и эффективным использованием сырья, заставляет вести поиски различного рода заменителей фтора.

Из многообразия фторсодержащих минералов только девять содержат относительно высокие количества фтора. Среди них (в %): флюорит — 48,7, криолит — 54,3, топаз — 13—20, апатит — 5, мусковит — до 1,3, лепидолит — 4,9—8, флогопит — 0,5—2,6, бастнезит — 2,2—7,8, фосфориты — 1—9. Половина из них пригодна для экономичной добычи фтора. Однако кроме флюорита и криолита сырьем для рентабельного промышленного извлечения фтора как попутного компонента при переработке могут пока считаться только фторсодержащие апатиты и фосфориты. В США в 1975—1976 гг. получено 33 тыс. т фторкремнистой кислоты при производстве суперфосфата, что эквивалентно 53,5 тыс. т чистого флюорита или 100 тыс. флюоритовой руды.

Сокращение потребления флюорита при выплавке стали возможно также за счет использования руд с низкой концентрацией флюорита (при их брикетировании с оливином и бокситом) и замены флюорита добавками буры, доломита, боксита, ильменита и марганцевых руд.

Длительное время основу сырьевой базы плавикошпатовой промышленности составляли месторождения трех генетических типов: средне- и низкотемпературные гидротермальные образования жильного типа и сравнительно высокотемпературные метасоматические и гидротермальные залежи сложной формы (преимущественно в карбонатных породах), а также пегматитовые залежи, содержащие оптический флюорит. В 1950—1960 гг. во многих странах были обнаружены и другие перспективные генетические типы флюоритовых руд — грейзеновые, карбонатитовые (флюорит — редкоземельные), скарновые и полиформационные.

Научно-технический прогресс расширил возможности рентабельного использования флюорита, входящего в состав комплексных железных, оловянно-вольфрамовых, бериллиевых, ртутно-сурьмяных и других руд. В ЮАР, Индии и некоторых других странах уже используются низкосортные флюоритовые руды с содержанием фтористого кальция 14—30%. Флюоритсодержащие известняки с концентрацией плавикового шпата от 3 до 15% применяются сегодня в качестве эффективной добавки при производ-

стве высококачественных цементов и выплавке чугуна. Увеличивается рентабельное производство флюоритовых окатышей и брикетов, материал для которых получается из флотационных концентратов.

В наши дни расширяется география распространения флюоритовых месторождений, которые выявлены на платформах и щитах, в зонах активной магматической и тектонической деятельности и др. Месторождения флюорита встречаются и в наиболее древних докембрийских (ЮАР, западная часть Украинского щита, юг Балтийского щита и др.), и в палеозойских (район Иллинойс-Кентукки в США, месторождения Казахстана, Приморья и южной окраины Донбасса), и в мезозойских (Забайкалье, Аляска), и в альпийских (месторождения Мексики, западных штатов США, среднеазиатские месторождения СССР и др.) структурах [49].

4. ТЕХНИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Алмазы. Благодаря детальным исследованиям Ф. В. Каминского и других исследователей можно проследить историю выявления нетрадиционных (некимберлитовых) источников алмазов [15, 18]. Они были обнаружены в базальтоидах Австралии, Южной Африки и Индонезии, а также в ультрамафитах Канады в первой половине нашего века. Алмазы были найдены и в россыпях, локализованных среди серпентинитов Тасмании, в разрабатываемых платиноносных россыпях, приуроченных к ультраосновным массивам Аляски, в брекчированных перидотитах о. Калимантан (Борнео) и др. Эти алмазы сопровождаются иным, чем кимберлитовые, набором минералов-спутников: корундом, золотом, платиноидами (с характерным осмистым иридием) и обычно не

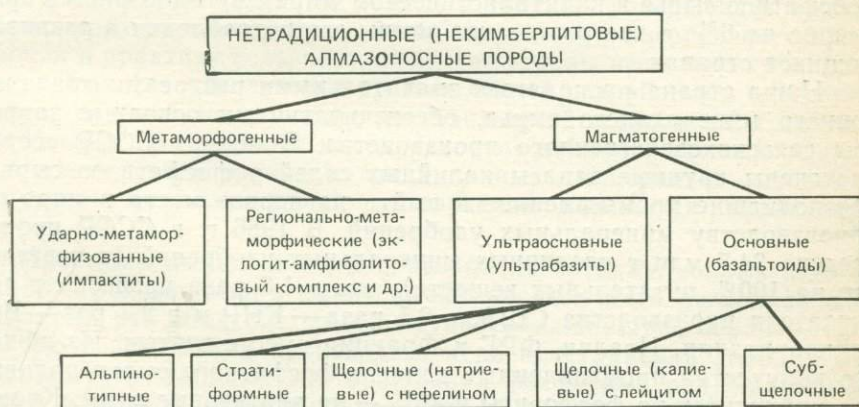


Рис. 19. Схема систематизации нетрадиционных (некимберлитовых) алмазоносных горных пород

встречаются в ассоциации с типоморфными минералами кимберлитов — пиропом и пикроильменитом.

В 70-х годах в нескольких районах СССР почти одновременно были получены новые данные об алмазоносности некимберлитовых пород. Алмазы были обнаружены: в эклогитах; в ультрабазитах; в базальтоидах, в щелочных базальтоидных брекчиях, в массивах альпинотипных гипербазитов, в гранатовых щелочных базальтоидах на территории МНР (Каминский, 1980); в ультраосновных породах и др. [18].

Особое место среди находок нетрадиционных генетических типов алмазоносных пород принадлежит ударно-метаморфогенным (космогенным?) образованиям.

Анализ и предварительное обобщение сведений о находках алмазов в породах некимберлитового происхождения позволяют наметить схему систематизации нетрадиционных ресурсов природного алмазоносного сырья (рис. 19). Можно с известной долей условности высказать предположение, что серьезный практический интерес будут представлять для разработки россыпи, образованные в зонах развития некимберлитовых алмазоносных пород.

5. МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Значительные силы и средства геологоразведчиков направляются на поиски и разведку месторождений традиционного минерального сырья, применяемого для производства удобрений и кормодобавок, — фосфоритов, апатитов, карбонатных пород, калийных солей, серосодержащего сырья. Масштабы потребления этих видов минерального сырья возросли с 1960 по 1980 г. по апатитам в 9,6 раза, калийным солям в 8,1, фосфоритам в 3,6 раза. Спрос на фосфатное сырье в капиталистическом мире ежегодно растет примерно на 6%, в два раза выше темпы его потребления в развивающихся странах.

Наша страна располагает значительными ресурсами традиционного минерального сырья, обеспечивающими основные запросы сельскохозяйственного производства. В недрах СССР сосредоточены крупные запасы калийных солей и фосфатного сырья, позволившие промышленности выйти на первое место в мире по производству минеральных удобрений. В 1986 г. в СССР произведено 34,7 млн т различных минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ), что в 1,6 раза превышает показатели производства США, в 2,5 раза — КНР и в 2,7 раз — Великобритании, Италии, ФРГ и Франции вместе взятых. Из общего количества промышленных запасов фосфатного сырья половина приходится на фосфориты и 40% — на апатитовые руды. Кроме того, более 2 млрд т (100 млн т P_2O_5) заключено в комплексных рудах железорудных и редкометалльных месторождений. Основ-

ные месторождения апатитов размещены на Кольском п-ове и в Бурятской АССР, а фосфоритов — в Южном Казахстане (хр. Каратау) и в европейской части страны — Прибалтийско-Ладонский, Волжский, Днепровско-Донецкий бассейны. Это обеспечивает дальнейшее поступательное развитие добычи ценного агрохимического сырья [49].

В соответствии с Продовольственной программой СССР предусматривается довести к 1990 г. поставки сельскому хозяйству страны минеральных удобрений до 32 млн т и химических кормовых добавок до 1,2 млн т [48].

В условиях возрастающей потребности в фосфорных и калийных удобрениях важное экономическое значение приобретает более широкое использование мелких по масштабам местных источников сырья. Их разработка не требует крупных капитальных вложений и может вестись силами местных организаций. Так, по расчетам, на освоение Обладжанского месторождения в Хакасии требуется 1,8 млн руб. Это позволит производить на месте 50—60 тыс т фосфоритной муки в год, окупаемость затрат не превышает 4—6 лет. Вовлечение в хозяйственный оборот мелких месторождений Прибалтики, Вятско-Камского и Центрального районов, Сибири, Дальнего Востока силами агропромышленных объединений позволило бы улучшить снабжение полей ценными местными удобрениями. Актуально также эффективное использование в сельском хозяйстве торфа, сапропеля и других местных ресурсов.

В последние годы значительно расширился круг новых видов нерудного минерального сырья, которое можно использовать не только для промышленной переработки, но и в качестве местных удобрений, структурообразователей почвы, биостимуляторов и кормовых добавок в рацион скота и птицы. Улучшение используемых в сельском хозяйстве земель и угодий, совершенствование кормопроизводства требуют более широкого и интенсивного внедрения в практику сельского хозяйства страны не только крупных, пригодных для комплексной промышленной разработки и освоения месторождений, но и мелких месторождений и проявлений нерудного сырья для местных целей. Одна из наиболее полных обзорных схем использования нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов в отраслях агропромышленного комплекса приведена на рис. 20.

Проблемы выявления и использования нетрадиционных источников агрохимического сырья имеют прежде всего региональный характер, что объясняется его крупнотоннажностью, неравномерностью действующих производств и распространения разрабатываемых традиционных месторождений фосфатных руд, калийных солей и минеральных сорбентов, серьезными экологическими последствиями функционирования крупных добывающих и перерабатывающих предприятий.

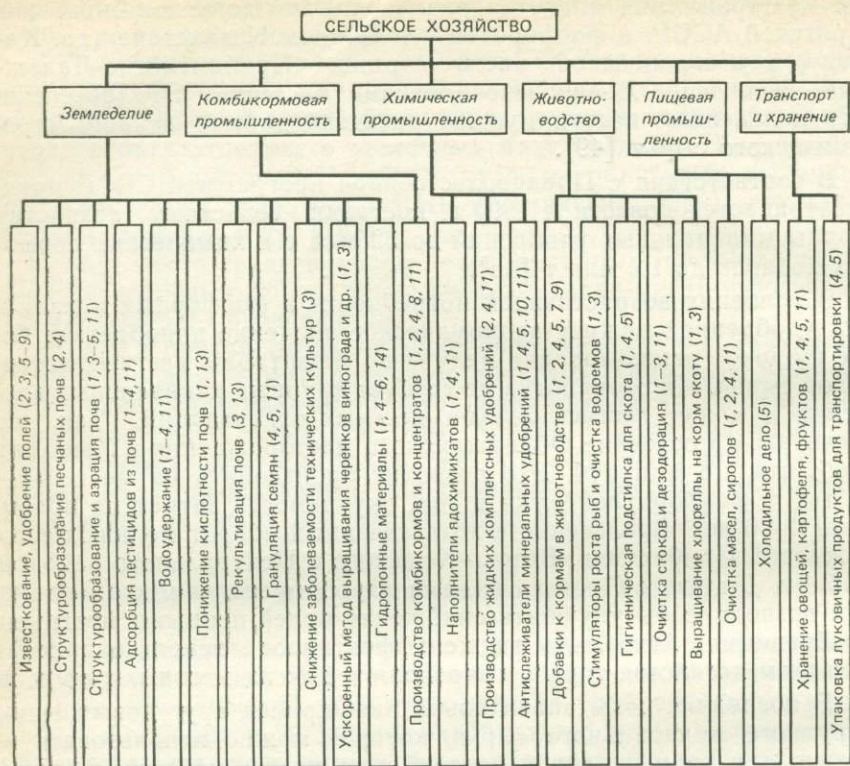


Рис. 20. Схема использования нетрадиционного минерального сырья в отраслях агропромышленного комплекса. По У. Г. Дистанову и др.
 Цифры в скобках: 1 — диолиты; 2 — бентониты; 3 — глаукониты; 4 — палыгорскит; 5 — вермикулит; 6 — торфовиваниты; 7 — сапропели; 8 — сынныриты; 9 — карбонатные породы и луговой мергель; 10 — талько-магнезиты; 11 — диатомиты и трепелы; 12 — фосфаты и фосфатно-карбонатные породы; 13 — золы; 14 — перлиты

Большую исследовательскую работу и обобщение данных о возможностях применения нетрадиционных видов минерального сырья для сельского хозяйства проводят В. И. Бгатов, У. Г. Дистанов, А. С. Михайлов, С. П. Никоноров, В. П. Петров, А. П. Пленкин, Л. С. Сонкин, А. С. Филько, Н. В. Мизинов и многие другие исследователи.

Цеолиты. Водные алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных элементов были открыты в 1756 г. А. Ф. Кронштедтом, который назвал их цеолитами (по-гречески — вскипающие камни) из-за установленной в процессе опыта способности этих минералов терять воду при нагреве. Практическое применение природных цеолитов началось лишь в 70-х годах нашего столетия.

Каркас кристаллической решетки цеолитов построен из кремнекислородных тетраэдров, связанных в цепочки и кольца. Бла-

годаря такому строению кристаллической решетки цеолитов образуется система взаимосвязанных микрополостей, в которых размещаются молекулы воды и обменные катионы. Суммарный объем пор и каналов может достигать 50% объема кристалла. Известно более 40 структурных разновидностей цеолитов. Важнейшие особенности цеолитов — регидратация, молекулярно-ситовой эффект, избирательная поглотительная и ионно-обменная способности. Указанные свойства, а также пористая микроструктура цеолитов определяют их уникальные полезные свойства как сорбентов, «молекулярных сит» и катализаторов различных природных и производственных процессов.

Наиболее широко распространены в природе следующие цеолитовые минералы: анальцит, клиноптилолит, морденит, хабазит, ломонтит, филлипсит, эрионит, фотасит.

Первое месторождение природных цеолитов в СССР — Быдхызское — было открыто в 1969 г. Сегодня в различных регионах страны известно более 30 месторождений этого сырья, представленного в основном клиноптилолитом и морденитом.

В сельском хозяйстве цеолиты применяются давно. В Японии, например, окультуривание почв цеолитами — многовековая традиция. Они используются для регулирования кислотности почв, содержания влаги и уничтожения неприятного запаха вносимых органических удобрений. Имеются сведения, что клиноптилолит способствует удержанию в почве азота. Цеолиты адсорбируют из почвы токсичный мышьяк и удаляют кадмий, свинец, цинк и медь. В НРБ, например, цеолит используют при выращивании клубники.

Известны опыты эффективного применения цеолитов в животноводстве и птицеводстве в качестве кормовых добавок, повышающих продуктивность скота и птицы, для дезодорации помещений. Способность природных цеолитов избирательно сорбировать аммоний из растворов используется для очистки вод в рыбоводстве. Доказана высокая эффективность применения цеолитов для сушки влажного зерна, использования его в качестве минерального субстрата в гидропонике, как антислеживателей удобрений. Суммарная ежегодная потребность в цеолитах для сельского хозяйства определяется в 1,5—2 млн т [35].

Наиболее крупными из выявленных на территории СССР месторождений цеолита являются Сокирница в Закарпатье, Айдагское, Ноемберянское, Тедзамское в Закавказье, Пегасское в Западной Сибири (Кемеровская область), Хонгуруу в Якутской АССР, Холинское в Восточной Сибири (на границе Бурятской АССР и Читинской области), Чугуевское в Приморье, Лютогское на Сахалине, Тайтузгенское в Казахстане (Восточно-Казахстанская область). Краткие сведения о сконцентрированных в наиболее крупных из них количествах сырья приводятся в табл. 22.

Сыныриты. К этой группе природных калийсодержащих бес-

Таблица 22

Характеристика месторождений цеолитов СССР.

По У. Г. Дистанову и др. [35]

Месторождения	Местоположение	Преобладающий минералогический состав	Ресурсы, запасы, млн т
Сокирница	Закарпатская обл.	Клиноптилолит	Разведанные запасы цеолитовых пород 500 (категория С ₁ +С ₂)
Айдагское	Таузский район Азербайджанской ССР	»	Разведанные запасы 22 (ресурсы 240)
Ноемберянское	Армянская ССР	Клиноптилолит, морденит	Ресурсы 500
Дзегви и Тедзамское	Грузинская ССР	Клиноптилолит	» 60
Пегасское	Крапивинский р-н Кемеровской обл.	»	» 100
Лютюгское	Анивский р-н Са- халинской обл.	»	» 58

хлорных образований относятся так называемые псевдолейцитовые породы, содержащие до 21% К₂О и около 23% Al₂O₃. Наибольший промышленный интерес представляют псевдолейцитовые сиениты Сыннырского интрузивного массива (сынныриты), слагающие вместе с нефелиновыми сиенитами трубообразное тело мощностью от 3,5 (западная часть плутона) до 12 км (восточная часть плутона). Сынныриты имеют лейкократовый состав, светло-серую и розовато-серую окраску. Микропегматитовые и дактило-типные сростания микроклина и кальсилита слагают до 98% породы. Залежи псевдолейцитовых пород относятся к потенциальным источникам калия и глинозема. Они известны в пределах Саунского, Мурунского, Ишимского и ряда других интрузивных массивов на территории Южной Якутии и смежных районов.

Сынныриты являются сырьем для получения бесхлорных калиевых удобрений — метасиликата калия, глинозема, высокосортной стекольной шихты, цемента и других сырьевых продуктов. Специалистами разработан ряд схем безотходной их переработки методами химического обогащения, азотнокислого разложения и другими.

Пальгорскитовые глины. Слагающий их минерал пальгорскит (водный алюмомагнийевый слоисто-ленточный силикат) в природных условиях встречается в тонкодисперсном состоянии или в виде мономинеральных образований (горная кожа, горная пробка или бумага). Структура этого минерала похожа на цеолитовую.

Практическая значимость пальгорскитовых глин для сельского хозяйства обусловлена их адсорбционными, катионно-обменными

и молекулярными свойствами [44]. Следует отметить, что палыгорскит (в США — аттапульгит), как и цеолиты, применяется не только в сельском хозяйстве, но и во многих других отраслях промышленности, где требуются эффективные наполнители, фильтрующие или избирательные сорбенты.

В отраслях агропромышленного комплекса палыгорскитовые глины используются для производства гранулированных и суспензированных удобрений, в качестве наполнителя пестицидов, для грануляции семян, дезодорации помещений и многих других нужд.

Сырьевая база палыгорскитовых глин в нашей стране не развита. Известно всего лишь несколько их проявлений и месторождений. В европейской части страны выделяются Центральная (девон-карбоновая) и Юго-Западная (неогеновая) палыгорскитоносные провинции и в азиатской — Южная (мезозойско-кайнозойская). Более подробно их описание и примеры из практики применения в народном хозяйстве нашей страны этого сырья приводятся У. Г. Дистановым и другими исследователями. Годовая потребность в палыгорскитовых глинах согласно этим авторам составляет 0,6—0,9 млн т.

Глаукониты. В группу этих слоистых магнезиально-железистых минералов входят гидрослюда с высоким содержанием железа — до 28% оксида железа (III) и до 8,6% оксида железа (II). В природе глауконит чаще всего ассоциирует с песчано-глинистыми отложениями мела и палеогена. Мощность глауконитсодержащих песков может составлять десятки метров при многокилометровой протяженности продуктивных толщ. Практическое применение глауконита в сельском хозяйстве началось в начале нашего века в Японии, США, Великобритании и Канаде. Раньше в нашей стране глаукониты использовались для смягчения вод, применяемых в теплоэнергетике, а также в качестве пигмента для изготовления защитных красок (Копровское месторождение в Ленинградской области). И все же одно из наиболее перспективных направлений его использования связано с сельскохозяйственным производством. Положительный эффект при этом обеспечивается за счет не только своеобразного химического состава глауконитов, в которых содержится от 5 до 9,5% оксида калия, но и значительного присутствия в минерале других добавок — микроэлементов (марганец, медь, кобальт, никель, бор, ванадий и др.), а также высоких адсорбционных и катионно-обменных свойств. Глаукониты, как и цеолиты, являются многофакторными удобрениями, механизм воздействия которых на плодородие почвы еще до конца не раскрыт. Положительное воздействие глауконитов можно упрощенно свести к обогащению почвы калием, улучшению ее структуры, в частности проницаемости, стимулированию накопления и сохранения влаги и обменным процессам. Известны факты положительного влияния глауконитов на концентрацию полезной

микрофлоры, их активной роли в борьбе с различного рода заболеваниями растений и загрязнений почв пестицидами и другими вредными соединениями.

Наша страна обладает значительными ресурсами глауконит-содержащих пород. Прогнозные ресурсы одного только Среднеприднестровского района на Украине оцениваются в 3 млрд т кварц-глауконитовых песков (при среднем содержании глауконита 50—70%). Запасы подмосковного Егорьевского района кварц-глауконитовых глинистых песков, содержащих от 40 до 70% глауконита, составляют около 1 млрд т. Значительные ресурсы этого ценного сырья содержат недра Прибалтики, Поволжья, Приазовья, Зауралья и Средней Азии.

Интересные опыты по использованию глауконитов в качестве удобрения проводились в Саратовской области. По данным Н. В. Мизинова и Г. Н. Попова, в совхозе «Луганский» Красноармейского района глауконитовый песок был внесен на площади 29 га из расчета 20 т на 1 га под ячмень. Общая прибавка урожая, по сравнению с урожаем на контрольном поле, составила 9 ц ячменя на 1 га. Внесение такого же количества под посадки картофеля в совхозе «Штурм» на площади 35 га позволило увеличить сбор картофеля в среднем на 22 ц с 1 га. В 1981—1983 гг. положительные результаты от применения глауконита получены в совхозе «Новый» Энгельсовского района, на 10—15% был увеличен урожай сахарной свеклы на черноземе Аркадакского района. По мнению указанных исследователей, большие возможности для применения глауконита открываются в садоводстве и цветоводстве.

Сапропели. Это — довольно широко распространенные, но мало еще используемые в сельском хозяйстве органо-минеральные образования пресных озер. Кроме детрита растительного происхождения, они содержат значительную минеральную добавку — карбонаты, кремнезем, фосфаты, оксиды железа, глинистые частицы. Есть в них и биологически активные вещества, витамины В₁₂ и каротин. Накапливаясь в основном в придонной части озер, сапропели легко подвижны и могут извлекаться на поверхность с помощью шламовых насосов.

Применение сапропеля в качестве минерально-витаминной подкормки сельскохозяйственным животным дает повышение прироста живой массы, снижение затрат корма на единицу привеса, улучшение обмена веществ и усиление жизненных функций организма. При внесении сапропеля в качестве органо-минеральных удобрений значительно повышается урожайность сельскохозяйственных культур, улучшается качество выращиваемой продукции.

Общие прогнозные ресурсы сапропелей (категория Р₃) в СССР, по ориентировочным расчетам специалистов, составляют 250 млрд м³ или 100 млрд т при условной влажности в 60% (табл. 23).

Таблица 23

Ресурсы сапропелей в открытых водоемах и под торфяными залежами на территории СССР [35]

Республики	Ресурсы (категория P ₃)		Республики	Ресурсы (категория P ₈)	
	млрд м ³	млрд т (60 % влаги)		млрд м ³	млрд т (60 % влаги)
РСФСР—всего	230	92	Литовская ССР	10,5	4,0
В том числе Нечерноземная зона	50	20	Эстонская ССР	3,5	1,2
Белорусская ССР	3	1,2	Украинская ССР	0,8	0,2
Латвийская ССР	2,5	1,0			

Только пятидесятая часть этого сырья разведана по действующим техническим условиям. Граничные условия установлены по следующим параметрам: содержание железа — до 5%, зольность — до 65%, влажность не более 55%. Разработка сапропелей позволит решить задачу оздоровления пресных водоемов.

Приведенные примеры далеко не исчерпывают всего многообразия нетрадиционных источников удобрений и различного рода эффективных добавок. Потенциальное их количество позволяет прогнозировать длительную надежную обеспеченность сельского хозяйства жизненно необходимым минеральным и органическим сырьем.

Торфовивианиты (фосфорсодержащий торф). Этот вид комплексных органических (с минеральной добавкой) удобрений получил свое название от вивианита — гидрофосфата железа (содержание P₂O₅ — до 28%), образующего в торфе землистые, белесые, иногда голубовато-серые и серые порошкообразные включения. Болотные фосфаты условно подразделяются на три вида: при содержании оксида фосфора от 0,5 до 2,5% их относят к вивианитизированным торфам, при 2,5—15% — к торфовивианитам, более 15% — к вивианитам.

Залежи торфовивианитов известны в средней полосе России, в Белоруссии и на Украине (западная часть Полесья), Приднестровье, Мордовской АССР. Наиболее крупные скопления этого вида сырья для сельского хозяйства установлены в Западной Сибири. На примере этого региона В. И. Бгатовым, В. Г. Матухиным, И. П. Васильевым, Л. С. Михантьевым и другими разработаны «Методические рекомендации по прогнозу, поискам и разведке торфовивианитов». В этой работе обобщен и опыт сельскохозяйственных организаций Сибири по применению торфовивианитов. Так, на почвах, бедных подвижными фосфатами, урожай зерна яровой пшеницы при внесении торфовивианитов (180 кг P₂O₅ на

гектар) повышался на 15—20%, на четверть увеличивался сбор зеленой массы кукурузы [28].

Разведанные в стране запасы торфовиванитов составляют 12,5 млн т, прогнозные ресурсы европейской части страны — 26,6 млн т, азиатской — 38,7 млн т [35].

Основная часть фосфорсодержащего сырья добывается в двух районах — Кольском апатитоносном и Каратауском фосфоритоносном. Остальные месторождения имеют значительно меньшие запасы и уступают этим двум районам по большинству экономических показателей. Особенно высоки затраты на добычу и переработку фосфорсодержащего сырья новых месторождений, предназначенных для замены существующих добывающих мощностей. Кроме того, многие из них находятся в необжитых районах, удаленных от основных потребителей фосфорных удобрений. Поэтому все актуальнее становится задача освоения не только природных, но и новых техногенных источников фосфора.

Важный дополнительный источник фосфора представляют собой шлаки черной металлургии. Уже около века западноевропейская металлургия наряду со сталью производит сталеплавильный шлак или фосфатшлак, содержащий более 20% P_2O_5 и используемый в земледелии. Советский Союз, обладая очень крупными месторождениями фосфорсодержащих бурых железняков, запасы которых исчисляются сотнями миллиардов тонн, разрабатывает только два из них, утилизируя в качестве удобрений лишь 12% производимых фосфатшлаков.

В результате металлургического передела содержание фосфора в шлаках увеличивается до 20% и более. В рудах фосфор присутствует в виде виванита, керченита и других сложных фосфатов, образующих тонкодисперсные включения, которые не удается удалить из железных концентратов при обогащении руд. В разрабатываемых Керченском и Лисаковском месторождениях фосфор входит в состав рудных оолитов в виде минерала стильпно-сидерита.

Фосфатшлаки вносятся непосредственно в почву как фосфорные удобрения, а также используются в составе смешанных удобрений в комплексе с хлористым калием. Они содержат оксиды кальция и магния, которые нейтрализуют кислую среду многих почв. Это способствует мобилизации почвенного фосфора и стимулирует рост сельскохозяйственных культур.

Другим источником фосфора являются сами железные руды и вмещающие их породы. Так, на границе Алтайского края и Казахстана известно крупное железорудное месторождение — Холзунское, в рудах и вмещающих породах которого содержится апатит. Технологические испытания показали, что из хвостов магнитной сепарации путем флотации можно получать апатитовый концентрат, который по своему химическому составу отвечает требованиям для производства суперфосфата. Вероятные запасы фос-

форного ангидрита только в этом месторождении в пересчете на концентрат составляют около 50 млн т при содержании P_2O_5 21,56% и могут быть увеличены за счет использования околорудных апатитсодержащих пород.

Глава IV

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Чрезвычайно низкая скорость протекания подавляющего большинства геологических процессов, в которых Земля проявляет себя как фактор производства природных минеральных ресурсов, позволяет рассматривать недра нашей планеты в теоретических построениях как уже практически сформировавшийся резервуар потенциальных потребительных стоимостей. В этом заключается одно из коренных отличий минеральных ресурсов от природных — сельскохозяйственных, а также части лесохозяйственных продуктов, в воспроизводстве которых кроме сил природы участвует человек.

Созданные непосредственно природой предметы труда, т. е. залегающие в земле полезные ископаемые, представляют собой потенциальные потребительные стоимости, переход которых в реальные потребительные стоимости осуществляется в процессе хозяйственного освоения недр. При этом в отличие от земледелия конечный продукт горнодобывающей промышленности не становится в натуральной форме элементом своего воспроизводства. «...Связанное с производством воспроизводство, — писал К. Маркс, — совпадает с естественным воспроизводством только в земледелии, но не в *добывающей промышленности*»¹.

Поиски, разведка и добыча одинакового количества одного и того же вида минерального сырья в различных природных условиях требуют неодинаковых материальных и трудовых затрат. При этом имеет место коренное различие в закономерностях получения материальных и экономических результатов на разных этапах освоения недр.

В практике специфическая форма добавочного дохода, связанного с лучшими естественными условиями производства, внешне не обособляется от общего дохода (прибыли) горнодобывающего предприятия. При этом не выделяется и не учитывается экономический эффект, который в своей неразвитой форме (в форме натуральной ренты) является частью прибавочного продукта, получаемого в результате применения более высокого уровня техники и организации труда.

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 26, ч. 11, с. 60.

Так как к нетрадиционным источникам сырья относятся не только худшие по сравнению с широко используемыми в настоящее время месторождениями полезных ископаемых, но и лучшие проявления минеральных ресурсов, расположенные в более благоприятных для разработки горно-геологических, экологических и транспортных условиях, более технологичные и качественные, то освоение их расширяет границу интенсивного вложения трудовых и материальных ресурсов в горное дело. Повышение производительности труда, обеспечиваемое лучшими природными свойствами разрабатываемого сырья, служит объективной предпосылкой для снижения стоимости единицы продукции горнодобывающих и перерабатывающих отраслей промышленности.

При освоении новых менее продуктивных месторождений нетрадиционного сырья будет иметь место экстенсивный характер прироста продукции и возникнут объективные условия для повышения стоимости единицы продукции. Тенденции, порождаемой снижением абсолютной продуктивности месторождений, здесь противодействует научно-технический прогресс, который позволяет поднять производительность труда и снизить стоимость получаемого минерального сырья на месторождениях, ранее относившихся к нерентабельным.

Освоение нетрадиционных источников минерального сырья — составной элемент расширенного воспроизводства. Каждый новый генетический тип месторождений полезных ископаемых вносит в копилку определенного вида сырья свой главный вклад в виде крупных и уникальных месторождений. Выявление нового генетического типа какого-либо определенного вида минерально-сырьевых ресурсов означает не только простое арифметическое расширение количества возможных источников сырья; оно открывает прежде всего возможность дополнительного значительного прироста запасов этого вида полезных ископаемых за счет новых крупных и уникальных месторождений. Универсальный характер такой закономерности подтверждается многочисленными примерами из практики геологоразведочных работ: открытие битуминозных песков Атабаски, алмазных пород Северной Австралии, золотоносных месторождений черносланцевой формации, оолитовых лептохлорит-гидрогетитовых руд Западной Сибири и других.

Открытие новых генетических типов месторождений полезных ископаемых и вовлечение нетрадиционных видов минерального сырья в промышленную разработку открывают дополнительные возможности для внедрения достижений научно-технического прогресса. В рамках одного генетического типа месторождений научно-технический прогресс в общем случае не может устранить экономических различий между худшими, средними и лучшими по природным качествам месторождениями, так как при внедрении наиболее прогрессивных достижений науки и техники

будет сохраняться неравенство естественных условий производства. В то же время в рамках нового генетического типа месторождений могут проявиться в новом качестве и с новой производительной силой те стороны уже освоенной промышленностью техники и технологии, раскрытию которых мешали ограниченные рамки традиционных видов ранее обнаруженных и осваиваемых минерально-сырьевых ассоциаций. Например, открытие битуминозных песков Атабаски, залегающих мощным пластом практически на поверхности земли, позволили применить для добычи жидких углеводородов открытые горные работы. По сравнению с ранее используемыми скважинными системами отбора нефти разработка нефтесодержащих песков открытым способом позволила применить мощные бульдозеры и роторные экскаваторы производительностью до 6 тыс. м³/ч. Извлечение полезного компонента — нефтяного битума составило при этом 90—95%, что в два раза больше средних показателей нефтеотдачи при разработке месторождений легкой или средней нефти. Кроме того, новый способ добычи позволяет попутно извлекать и использовать тяжелые фракции нефтеносных песков, представленные ильменитом, цирконом, монацитом, рутилом и лейкоксеном [69].

Научно-технический прогресс в народном хозяйстве, с одной стороны, ускоряет рост общественных потребностей в минеральном сырье, а с другой — ограничивает их, способствует внедрению мало- и безотходных технологий, созданию альтернативных более дешевых и менее объемных материалов-заменителей. Например, природный корунд, служивший недавно стратегическим сырьем, в настоящее время полностью заменен синтетическим, получены искусственные алмазы и цеолиты, появление бридеров значительно расширяет возможности использования радиоактивного сырья и др.

На фоне всех этих постоянно происходящих в народном хозяйстве процессов особенно большую и важную роль приобретает экономическая оценка ресурсов нетрадиционного сырья.

1. ОСОБЕННОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ НЕТРАДИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Наличие устойчивых различий в производительности труда добывающих и обрабатывающих отраслей промышленности при разработке и использовании минеральных ресурсов разной природной продуктивности и качества выдвигает проблему экономической оценки нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов в качестве одного из основных вопросов теории и практики освоения этого природного сырья.

Природные ресурсы любого минерального сырья отличаются разнообразием свойств. В первую очередь это обусловлено раз-

личиями условий формирования горных пород и минеральных ассоциаций.

Даже в тех случаях, когда конечный полезный компонент разных месторождений одинаков, в горном массиве он может встречаться в разных химических соединениях. Технология извлечения полезного продукта из таких руд может быть радикально разной, неодинаковы и получаемые при этом попутные полезные компоненты [10].

Крайне различной бывает концентрация полезных ископаемых в породах: она варьирует от тысячных долей процента до десятков процентов. Породы, содержание полезных компонентов в которых пренебрежимо мало, считаются безрудными (пустыми). К рудам относятся минеральные образования, извлечение из которых их полезной составляющей является технологически возможным и рентабельным промышленным процессом. Содержание полезного компонента в руде влияет на затраты по добыче и обогащению руды.

Общая промышленная ценность месторождения значительно возрастает, если оно содержит не один, а несколько полезных компонентов. И, наоборот, наличие тех или иных вредных примесей (например, серы и фосфора в углях и т. п.) снижает промышленную ценность разведанного минерального сырья. Большая глубина, сложное залегание многократно удорожают затраты по добыче полезных ископаемых. Весьма различны масштабы запасов отдельных месторождений, которые также влияют на уровень затрат по добыче, переработке и транспортированию сырья, на расходы по созданию региональной инфраструктуры и т. п. Громадное влияние на оценку народнохозяйственной значимости месторождения оказывает и степень промышленной развитости региона [6, 12].

В целом месторождения полезных ископаемых отличаются необычайным разнообразием своих характеристик, то же происходит и с экономичностью народнохозяйственного их использования. Экономическая эффективность разработки одних и тех же видов минерального сырья различных месторождений полезных ископаемых отличается в десятки раз. Такой разброс в экономической литературе именуется дифференциальной рентабельностью минеральных ресурсов. За условный эталон ее отсчета принимают затраты по худшим из эксплуатируемых месторождений, разработка которых необходима для покрытия имеющейся народнохозяйственной потребности в данном минеральном сырье. Затраты на добычу сырья на таких «замыкающих» месторождениях (участках) получили название замыкающих, а разница между ними и индивидуальными затратами на любом конкретно рассматриваемом месторождении или участке — дифференциальным рентным доходом, приносимым его эксплуатацией.

При разумной очередности освоения ресурсов в эксплуатацию раньше вводятся наиболее благоприятные участки и месторождения. Конечный разброс уровней удельных затрат на ныне эксплуатируемых месторождениях довольно велик, но все они характеризуются положительной величиной дифференциальной горной ренты. Что касается месторождений, подготавливаемых для ввода в будущем, удельные затраты на их разработку, как правило, выше сегодняшних замыкающих затрат, поэтому для ряда видов полезных ископаемых уровень замыкающих затрат в перспективе будет повышаться¹.

Остановимся на логике обоснования последовательности ввода месторождений, начиная с лучшей их части. В принципе, конечно, могли бы быть и иные стратегические решения — например, когда целью ставилось бы сохранение (во времени) неизменного «среднего» уровня затрат горной промышленности. Однако, несмотря на ряд привлекательных сторон, такая стратегия в целом невыгодна, так как с позиций одного из важнейших понятий экономики — «фактора времени» — любые эффекты выгодно приближать во времени, а ущербы (если они неизбежны) — отдалять. Такая передвижка во времени сама по себе создает дополнительный экономический эффект. Суть его в том, что любая полученная экономия немедленно направляется в народнохозяйственный оборот и порождает специфические, дополнительные «кругооборотные» эффекты. Чем раньше получена экономия, тем раньше начинается от нее приток дополнительного кругооборотного эффекта и тем выше его возрастающая во времени величина. Экономия «выгоднее получать пораньше», так что в целом гораздо выгоднее получить сегодня 1 млн руб. экономии, а через 10 лет — 1 млн руб. убытков, чем сегодня допустить убытки, а через 10 лет — получить экономию. Отразить в денежном выражении эти явления позволяет известный прием дисконтирования разновременных затрат. С его помощью несложно доказать, что при прочих равных условиях первоочередная разработка лучших запасов экономически более обоснована. Еще более подкрепляется справедливость такого вывода, если иметь в виду возможность таких событий, как открытия новых высокоэффективных месторождений, создание заменителей, снижение во времени затрат на разработку даже худших запасов за счет научно-технического прогресса и т. п.

Учитывая все это, можно все выявленные запасы полезного ископаемого выстроить в ряд, ранжированный в порядке возрастания удельных затрат. В эксплуатацию (в рассматриваемом периоде) вводится лучшая (верхняя) часть ряда, характеризующаяся наименьшей величиной затрат. Вопрос о том, где следует про-

¹ Рассматривая далее вопрос более подробно, мы увидим, что тренду возрастания замыкающих затрат противостоят ряд противоположно действующих факторов — открытие новых благоприятных месторождений, научно-технический прогресс и т. д. [13, 58].

чертить «границу допустимых затрат», определяется условием: отобранные месторождения (поля, участки) должны обеспечить имеющуюся потребность народного хозяйства в рассматриваемом минеральном сырье¹. Метод ранжирования дает простую и в первом приближении достаточно четкую теоретическую основу оценки сравнительной экономической эффективности наличного фонда запасов, отбраковки худшей их части и включения в эксплуатационный план необходимого количества относительно лучших полей.

Необходимость выражать народнохозяйственную значимость минеральных ресурсов специальными показателями их экономической оценки стала ощущаться давно. Без нее эффективное использование минеральных ресурсов наталкивается на многочисленные трудности. Ведь многие хозяйственные решения, принося прямой производственный эффект, одновременно сопровождаются растущими потерями полезного ископаемого. Потери полезного ископаемого в недрах, при обогащении, в хвостах и отходах, потери попутных компонентов и т. д., не оцененные в денежном выражении, никак не отражаются ни на доходах предприятия, ни на зарплатах трудящихся, и стимулы снижать эти потери весьма недостаточны.

Длительное время решение этой важной проблемы затягивалось во многом по причинам, связанным с теоретическим ее обоснованием. Попытки базировать решение проблемы исключительно на положениях теории стоимости успеха не принесли. Основой этой теории служит известное положение о том, что стоимости создаются исключительно живым человеческим трудом. Природные ресурсы недр, не будучи созданы трудом человека, сами по себе изначальной стоимости не имеют. Правда, по мере их вовлечения в процесс промышленного освоения они постепенно приобретают стоимость. Но и при этом стоимость полезного ископаемого определяется лишь величиной труда, вложенного в него человеком, — и не более. Считалось, что ценность природного ресурса определяется его теоретической стоимостью. А потому ценность разведанных запасов месторождения определялась лишь затратами, вкладываемыми в их разведку, добытого сырья — затратами в его разведку и добычу и т. д. Такая «затратная» методология приводила ко многим непонятным выводам. Сами по себе материальные ресурсы недр имели в данном случае нулевую оценку (одно из затянувшихся последствий этого — тот парадоксальный факт, что минеральные ресурсы до сих пор не включены в состав оцененного в деньгах понятия «национального богатства страны»). Глубже расположенные и менее качественные запасы должны бы-

¹ По каждому месторождению (полю, участку) предварительно может быть определена годовая мощность по добыче минерального сырья. Суммарная мощность отобранных месторождений должна быть равна заявленной народнохозяйственной потребности.

ли получать (при разведке и добыче) более высокую оценку, поскольку они сопряжены с большими затратами и т. д. Возможность иных теоретических основ оценки природных ресурсов долгое время отвергалась.

Тем не менее к настоящему времени сложилась концепция экономической оценки природных ресурсов, базирующаяся на иных категориях политэкономии социализма. За основу показателя экономической оценки, в частности минеральных ресурсов, было принято понятие дифференциальной горной ренты (разница между затратами на единицу продукции на худших и оцениваемом месторождениях). Однако это обычное для политэкономии понятие претерпело при этом ряд существенных изменений, связанных непосредственно с функциями, возлагаемыми на показатель экономической оценки.

Во-первых, разница между худшими («замыкающими») и индивидуальными затратами на единицу ресурса получила иную, чем прежде, трактовку. В классической политэкономии это — просто «выигрыш» в затратах на добычу полезного ископаемого на рассматриваемом («нехудшем») и на наихудших из эксплуатируемых месторождениях (участках, шахтных полях и т. д.). В новой концепции эта разница приобрела другой, более содержательный смысл. Задача решается так: чтобы оценить стоимость запасов месторождения, посмотрим, что произошло бы в народном хозяйстве в случае их потери? Ответ, очевидно, таков: потерю запасов данного месторождения пришлось бы компенсировать вводом других (лучших из еще не освоенных, т. е. замыкающих) месторождений. Причем общая величина затрат в народном хозяйстве увеличилась бы. Эксплуатация рассматриваемого месторождения обеспечивает народное хозяйство от этого прироста затрат или, иначе говоря, приносит народнохозяйственный эффект $Z_3 - Z_n$ руб. на каждую единицу запасов (Z_3 — затраты на получение единицы запасов на замыкающем месторождении, Z_n — то же на непосредственно оцениваемом месторождении — «индивидуальные» затраты). В качестве показателя экономической оценки запасов месторождения принята величина $Z_3 - Z_n$, т. е. народнохозяйственный эффект, связанный с потенциальной эксплуатацией рассматриваемых запасов. В таком виде понятие дифференциальной ренты нашло интерпретацию в рамках концепции народнохозяйственной эффективности.

Во-вторых, расчет дифференциальной горной ренты был вынесен за пределы ныне эксплуатируемых горных предприятий. Экономическая оценка месторождения поневоле должна включать в рассмотрение весьма длительные отрезки времени. Начальные фазы оценки месторождения осуществляются задолго до того, как оно вовлекается в разработку. Выбор первоочередно вводимых месторождений или их участков определяется за много лет до вовлечения их в эксплуатацию. Таким образом, проблема оценки на-

роднохозяйственной значимости месторождений полезных ископаемых должна учесть достаточно длительную перспективу: речь идет о природных минеральных ресурсах не только для сегодняшнего, но и для будущих поколений человечества. Все сказанное определило ряд особенностей формирования показателя экономической оценки месторождений по сравнению с традиционным показателем дифференциальной горной ренты: 1) показатель определяется с учетом не только «сегодняшнего», но и будущего уровня затрат предприятия; 2) в основу расчетов закладываются не фактические, а расчетные уровни замыкающих и индивидуальных затрат; 3) уровни замыкающих затрат рассчитываются на несколько пятилетий вперед с учетом ожидаемых изменений в уровнях потребностей, ресурсов их покрытия и технических нововведений; 4) в ранжированных рядах предприятий при расчетах перспективных замыкающих затрат учитываются не только действующие предприятия, но и те новые шахты, рудники, промыслы и карьеры, которые могут быть построены на свободных месторождениях, полях и участках.

В изложенном виде (здесь рассмотрены только главные особенности) показатель экономической оценки $\mathcal{E} = Z_3 - Z_n$ вошел в ряд специальных документов, регламентирующих эффективное использование минеральных ресурсов. Существенную роль в действующих процедурах играет понятие замыкающих затрат Z_3 , определяющее экономическую границу, отделяющую эффективную часть ресурса от части ресурса, не представляющей пока конкретного народнохозяйственного интереса.

Вместе с тем нетрудно заметить, что на самом деле проблема гораздо сложнее. Изложенная ее интерпретация статична. Задача представлялась так, как будто ее можно решить одномоментно, раз и навсегда. Необходимость учета динамических свойств реальных процессов освоения минерально-сырьевых ресурсов вносит в рассмотрение проблемы ряд новых важных качеств. Их следует рассмотреть детальней.

Прежде всего, решая вопрос о вводе месторождения в эксплуатацию, мы определяем его судьбу на многие десятилетия — изменить ее (возвратиться к начальной точке отсчета затрат и вернуть затраченные вложения) практически будет уже невозможно. Между тем, подобные решения принимаются в условиях весьма неполной информации о конкретных особенностях рассматриваемого месторождения.

Богатства недр созданы природой. Они скрыты от человека и только по мере последовательного, все более детального их изучения он получает о них четкие представления. Конкретная информация о запасах, необходимая для правильного их использования, нарастает от нуля до требуемого уровня детальности и достоверности постепенно. Процесс накопления знаний о ресурсах полезных ископаемых того или иного региона распадается на ряд ста-

дий геологоразведочных работ, в процессе каждой из которых решается своя часть общей задачи. На региональной и оценочной стадиях поискового этапа приходится исследовать большие территории. Положительный результат таких работ не гарантирован. Даже если и открывают те или иные проявления полезных ископаемых, то большая их часть может оказаться ненужной или непригодной для удовлетворения текущих и ближайших потребностей народного хозяйства. Лучшие из обнаруженных рудопроявлений становятся объектом последующей разведочной стадии геологического изучения недр, худшие отбрасываются. Разведочные работы сосредоточиваются на все меньшем числе реально подтвердившихся и притом лучших запасов. В объединении «Красноярск-уголь» в 70-х годах из 578 оцененных проявлений полезных ископаемых лишь 18% было переведено в разряд месторождений, а рекомендовано к дальнейшей разработке всего 4,5% объектов. И лишь часть из них оказалась достаточно эффективной для немедленной разработки. Указанная тенденция характерна и для других регионов страны.

Что происходит с многочисленными отбракованными объектами? Одна их часть просто не подтвердилась в процессе проведенных исследований, а другая после предварительной разведки оказалась недостаточно эффективной с современной точки зрения. По мере отработки лучших, ныне разрабатываемых месторождений (а также в случае роста потребностей, либо в случае разработки новых прогрессивных технологий) последние могут быть переведены в разряд эффективных. Таким образом, это — резерв минеральных ресурсов на будущее.

Необходимость перехода к разведке на резервных месторождениях мотивируется рядом объективных причин. К ним относятся: общий рост потребностей в минеральном сырье; естественное истощение ныне известных его рентабельных запасов;

возникновение потребностей в новых видах минерального сырья, а также появление по мере научно-технического прогресса новых неожиданных возможностей применения сырья, до того считавшегося неэффективным;

создание прогрессивных технологий, резко снижающих затраты по добыче и переработке сырья, неэффективного при современном уровне развития науки и техники;

появление новых эффективных возможностей во внешней торговле или международном разделении труда;

весьма длительный цикл последовательного промышленного освоения месторождений (поиски — разведка — проектирование — строительство — освоение мощности предприятия);

отсутствие научно обоснованных гарантий в конечном успехе работ по поиску и разведке новых месторождений в конкретном регионе.

Итак, прогнозная потребность в любом конкретном минеральном сырье — вещь всегда условная и трудноопределимая. Лучшей стратегией решения важных народнохозяйственных задач подобного типа всегда является создание некоторых «стратегических резервов», упреждающих возможные скачки потребностей. Таким образом, геологоразведочная отрасль выполняет две функции: во-первых, решает тактические задачи своевременной, регулярной компенсации обрабатываемых месторождений и, во-вторых, — создает стратегический, резервный минерально-ресурсный потенциал народного хозяйства. К тематике данной книги непосредственно относится вторая функция отрасли. Решать задачи стратегического обеспечения потребностей будущего приходится с большим временным лагом, нередко измеряемым десятилетиями.

Характерны примеры, относящиеся к истории развития отечественной и зарубежной нефтяной промышленности. Прогноз академика И. М. Губкина о целесообразности систематических поисков нефти на восточных склонах Урала был высказан им в 1931 г. Геофизические исследования на нефть в этом регионе начались в середине 30-х годов. С начала региональных работ до открытия промышленного месторождения нефти в Западной Сибири прошло около 25 лет, а до начала добычи — более 30 лет. Лаг последующего освоения новых нефтегазовых территорий Западной Сибири был, естественно, существенно меньшим. На нефтяных и газовых месторождениях Северного моря период с начала региональных геофизических исследований по подготовке локальных структур до начала опытной эксплуатации занял 12 лет, а до момента развертывания добычи — 17 лет.

Из сказанного ясно, что деление запасов одинакового минерального сырья на тактические и стратегические базируется на двух основных признаках — эффективности и надежности. В мировой практике последнего времени получили наибольшее распространение две базирующиеся на этих показателях классификации. Первая, уже упоминавшаяся классификация В. Макелви, была в свое время положена в основу Инструкции Горного бюро и Геологической службы США. Вторая несколько позднее была разработана австрийским профессором Г. Б. Феттвайсом. Особый интерес в этой классификации представляет попытка численного определения граничных значений параметров, разделяющих группы минеральных ресурсов разной эффективности и надежности (рис. 21).

Согласно данной классификации, по степени геологической надежности (вероятности наличия) ресурсы распределяются на шесть категорий, по эффективности — на четыре класса. Классы различаются между собой по двум признакам: 1) вероятности эффективного использования ресурса (E); 2) отношению затрат по добыче к полученной выручке (r). Помимо того, классы ресур-

Категории запасов по степени их надежности Классы запасов по степени эффективности		Выявленные *				Неоткрытые	
		Доказанные			Расчетные $40\% > G > 20\%$	Гипотетические $20\% > G > 10\%$	Спекулятивные $10\% > G$
		Измеренные		Обнаруженные $60\% > G > 40\%$			
		Надежные $100\% > C > 80\%$	Вероятные $80\% > C > 60\%$				
II. Неэкономичные	I. Экономичные В настоящее время: $E > 90\%$; $r < 1$	a		b	в		г
	II/1 близкие к предельным В ближайшие 25 лет: $90\% > E > 50\%$; $1 < r < r_1$	д		е		ж	з
	II/2 худшие предельных В ближайшие 60 лет: $50\% > E > 10\%$; $r_1 < r < r_2$	и				к	л
III. Не имеющие практического значения	В ближайшие 60 лет: $10\% > E > 0\%$; $r_2 < r < \infty$	м				н	о
		п		р		с	

Убывающая надежность запасов →

Рис. 21. Классификация ресурсов минерального сырья. По Г. Б. Феттвайсу

сов различаются и по времени, с позиций которого оцениваются возможности использования данных запасов. Конечно, четкая количественная оценка указанных характеристик сама по себе не очень проста, но даже экспертное их установление дает основу для решения многих вопросов.

Рассматривая интересующую нас проблему по данной классификационной схеме, мы видим, что реальную базу, обеспечивающую текущие и ближайшие нужды в минеральных ресурсах, дает группа экономически доказанных (измеренных и обнаруженных) запасов в пределах прямоугольника «*абде*», их первоочередной резерв — расчетные запасы (зона «*бвезж*»). На ближайшую перспективу они могут расширяться за счет сегодня неэкономичных запасов (зона «*джки*»), если в силу тех или иных изменений внешних условий их эксплуатация окажется также достаточно эффективной. С точки зрения дальних перспектив приоритет в геологоразведочных работах следует отдать поиску и разведке неоткрытых запасов зоны «*вглк*», а в совершенствовании технологий добычи и использования минерального сырья — запасам зоны «*илом*». Наименьший интерес, даже с точки зрения дальних перспектив, представляют запасы зоны «*мнрп*» и, наконец, — зоны «*носр*».

Различные виды человеческой деятельности приводят со временем к перемещениям одних и тех же запасов в различные зоны схемы рис. 21. Рост потребностей в минеральном сырье позволяет переместить запасы группы «*джм*» в более высокие классы. К этому же приводит разработка новых эффективных технических средств. Истощение действующих полей способствует переводу запасов классов II/1 и II/2 вверх по классификационной схеме.

Темпы переходов отдельных групп запасов в иные классы и категории неодинаковы и неравномерны. Наиболее активные регулярные передвижки происходят в пределах группы «*авжд*» влево. Темпы перевода запасов из групп «*вглк*» влево зависят от сроков обеспеченности промышленности выявленными экономическими запасами. Запасы III класса эффективными («не имеющие практического значения») в стабильной обстановке не меняют своего места в схеме, но могут резко продвигаться вверх при появлении новых типов потребностей. Наиболее устойчивы во времени группы запасов правого нижнего угла классификационной схемы (рис. 21). И наконец, запасы верхней части схемы могут потерять прежнюю высокую оценку в случае появления эффективного заменителя минерального сырья.

В целом видно, какие большие коррективы в оценках эффективности запасов вносит со временем деятельность геологов, разработчиков новых технологий и, наконец, общие структурные сдвиги в производстве и потреблении.

Происходящие взаимодействия можно изобразить на схеме (рис. 22). Любой из факторов, рассматриваемых на ней, влияет

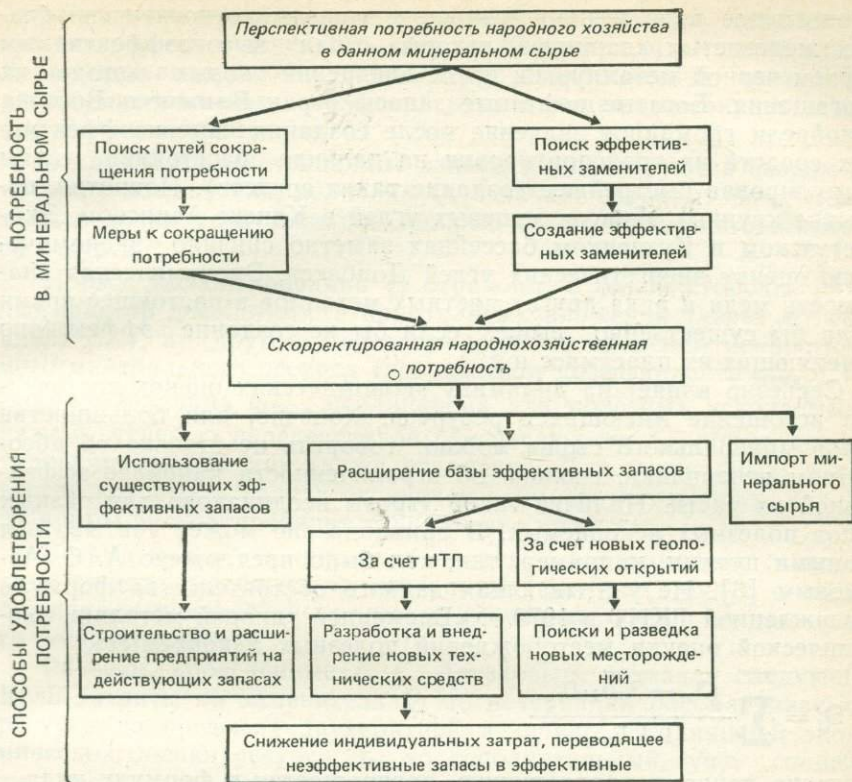


Рис. 22. Схема удовлетворения перспективных потребностей в минеральном сырье

на одну из главных составляющих показателя экономической оценки минерального ресурса — его ценность Z_3 или уровень индивидуальных затрат $Z_{и}$.

Можно привести много конкретных примеров, когда те или иные события, отображенные на рис. 22, действительно приводят к резким изменениям в существовавших ранее оценках эффективности минеральных ресурсов.

Проведение на Западе широкого комплекса мер по сокращению потребления нефти в 80-х годах вызвало резкое падение мировых цен на нее, значительно сократив базу для негативных проявлений нефтяного кризиса. Рост потребностей в ряде редких и редкоземельных элементов, вызванный появлением новых отраслей промышленности, сделал их руды, не имевшие прежде никакой ценности, предметом первостепенной значимости. Разработка приемлемых схем получения синтетического жидкого топлива из бурых углей повысит в будущем экономическую оценку их запасов.

Аналогичное происходило недавно с запасами относительно бедных железистых кварцитов, которые стали высокоэффективным сырьем черной металлургии после внедрения новых методов их обогащения. Богатые нефтяные запасы стран Ближнего Востока приобрели громадное значение после создания высокоэффективных средств их транспортировки на дальние расстояния (сами стимулировав быстрее создание таких средств). Напротив, открытие крупных запасов дешевых углей в Канско-Ачинском, Экибастузском и Кузнецком бассейнах заметно снизило экономическую оценку энергетических углей Донбасса. Экономическая значимость меди и ряда других цветных металлов в настоящее время была бы существенно выше, если бы не создание эффективно заменяющих их пластмасс и т. д.

Серьезно влияет на динамику экономических оценок постепенное истощение имеющихся ресурсов. Конечно, для большинства видов минерального сырья можно говорить не столько об абсолютном исчерпании, сколько об ограниченности наиболее эффективной их части. Наличие такой угрозы неодинаково для разных видов полезных ископаемых. В принципе оно может учитываться разными путями, например, так, как было предложено А. С. Астаховым [6]. Не учитывающая данного обстоятельства формула утвержденной ГКНТ в 1979 г. «Временной типовой методики экономической оценки месторождений полезных ископаемых»,

$$\mathcal{E}_i = \sum \frac{(Z_{3t} - Z_{nt})_i \cdot D_{t_i}}{(1 + E_{\text{нп}})^t}$$

согласно данному предложению, превращается в формулу вида

$$\mathcal{E}_i = \sum \frac{(Z_{3t} - Z_{nt})_i \cdot D_{t_i}}{(1 + \varphi_i)^t},$$

где

$$\varphi_i = \frac{1 + E_{\text{нп}}}{1 + q_{\text{год}_i}} - 1; \quad q_{\text{год}_i} = \sqrt[t_{ni}]{Q_i} - 1, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_i — экономическая оценка запасов рассматриваемого i -го минерального ресурса, руб.; Z_{3t} — удельные замыкающие затраты на данный ресурс в t -м году рассматриваемого перспективного периода, руб.; Z_{nt} — удельные индивидуальные затраты на минеральный ресурс рассматриваемого месторождения в t -м году, руб.; D_{ti} — объем добычи на месторождении (поле) в t -м году, $E_{\text{нп}} = 0,08$ — норматив приведения разновременных затрат; t_{ni} — срок обеспеченности народного хозяйства рассматриваемым минеральным сырьем, лет; Q_i — денежные потери народного хозяйства в t_{ni} -м году при прекращении поставок i -го минерального ресурса ввиду исчерпания запасов, в долях к величине экономической его оценки \mathcal{E}_{0i} в 0-м году; $q_{\text{год}_i}$ — годовая величина прироста ценно-

сти i -го вида минеральных ресурсов, учитывающая перспективу его исчерпания в течение t_{ni} лет, доли единиц; φ_i — интегральная норма дисконтирования показателя экономической оценки i -го вида минеральных ресурсов, учитывающая совокупно $E_{нп}$ и $q_{год\ i}$, доли единиц.

В случае если исчерпанные запасы компенсируются вводом некоторого заменителя, величина Q_i означает затраты на заменитель, в долях к сегодняшней экономической оценке истощающегося ресурса.

Норма дисконтирования φ_i отражает, с одной стороны, обычный фактор дефицитности капитальных вложений (через коэффициент $E_{нп}$), а с другой — возрастающую со временем ценность самого минерального ресурса (посредством коэффициента $q_{год\ i}$). Поскольку величина $q_{год\ i}$ неодинакова для полезных ископаемых с разной степенью перспективной обеспеченности t_{ni} , норма дисконтирования φ_i для них также различна. Для ископаемых, общий ресурс которых в недрах ограничен и быстро истощается, величина нормы дисконтирования существенно ниже.

Весьма низка эта норма и для тех видов полезных ископаемых, ожидаемый ущерб от исчерпания которых будет намного большим нынешней их стоимости (величина Q_i для которых много больше единицы).

Расчеты, проведенные А. С. Астаховым, показали следующее. Если затраты на заменитель Q_i по исчерпанию рассматриваемого ресурса не превысят двухкратной величины сегодняшней экономической оценки ресурса \mathcal{E}_{oi} , то дополнительный учет социальных последствий будущего по формуле (1) может внести существенную коррективу (сопоставимую с величиной $E_{нп}$, т. е. 8%) лишь при крайне малых сроках обеспеченности t_{ni} рассматриваемого ресурса (не свыше двух десятилетий). Напротив, при $Q_i = 5$ корректива довольно велика даже при t_{ni} в пределах 40 лет, а при t_{ni} меньше, чем 20 лет, сама экономическая оценка единицы ресурса не падает, а непрерывно растет со временем. Напротив, для полезных ископаемых, имеющих срок обеспеченности 50—70 лет и больше, величина коррективы становится пренебрежимо малой и может вообще не учитываться.

Прогнозы обеспеченности будущих поколений минеральным сырьем имеют одну весьма неприятную особенность. Они никогда не могут быть сделаны однозначно. И дело не только в вероятностном прогнозе новых геологических открытий. Решительные изменения в ситуацию может внести научно-технический прогресс. Рассуждать здесь можно двумя прямо противоположными способами. Первый: «исчерпание какого-либо минерального ресурса приведет человечество к настолько крупным осложнениям, что мы не вправе их допустить». Второй: «нужда есть мать изобретательности». Когда перспектива реального истощения какого-то ресур-

са станет очевидной и близкой, человечество найдет выход в соответствующем изменении технологий и научится обходиться без данного ресурса, так что его исчезновение вообще пройдет незаметно, без каких бы то ни было катастрофических последствий. Первая точка зрения присуща, как правило, геологам, вторая — технологам, экономистам, историкам, философам. Именно последняя и представляется нам более реалистичной. Она ближе к историческому опыту человечества. За долгую историю своего развития оно уже не раз вычерпывало до дна различного вида ресурсы, до того представлявшиеся жизненно необходимыми, и находило им замену, либо перестраивало образ жизни. «Катастроф», во всяком случае, не происходило.

В действительности важны здесь три момента.

1. Для нахождения технологических способов «выхода из тупика» (т. е. разработки и освоения новых технологий) требуется определенное время. Если до момента исчерпания рассматриваемого минерального ресурса новая технология не будет разработана, то возможен временный ощутимый сбой в поставках необходимого человечеству сырья. Справедливости ради следует отметить, что по подавляющему числу минеральных ресурсов требуемое время есть; лишь для очень немногих видов полезных ископаемых сроки полного исчерпания известных ресурсов не превышают трех десятилетий;

2. Говорить о «полном» физическом исчерпании каких-либо минеральных ресурсов, как правило, вообще нельзя. Речь, скорее, идет о конечности лучших, наиболее эффективных их источников: ведь, в конце концов, даже простая морская вода содержит (правда, в ничтожных концентрациях) большую часть элементов периодической таблицы Менделеева. А эффективность использования любых минеральных ресурсов всегда есть меняющаяся во времени функция научно-технического прогресса.

3. По-видимому, нельзя говорить об ограниченности даже лучшей части запасов полезных ископаемых в нерасчленном по странам, глобальном виде. Страны и регионы земного шара в неодинаковой степени обеспечены природными залежами того или иного сырья. Сроки перспективного истощения их источников в разных странах резко различны. Смягчающим «буфером» для стран, бедных ресурсами, является возможность их импорта.

Здесь целесообразно напомнить, что при прочих равных условиях любой денежный эффект всегда выгоднее получать раньше. Такая выгода настолько велика, что за нее можно даже «заплатить» потерей части рассматриваемого эффекта (лучше «раньше», чем «больше»), либо пойти ради такого ускорения на некоторые денежные затраты. По этой же логике выгоднее начинать использование природного ресурса полезных ископаемых с лучшей их части, оставляя худшую «на потом». Конкретные расчеты, определяющие границы целесообразного применения такой логики,

выполняются, как уже отмечалось, обычно посредством известной процедуры дисконтирования затрат и эффектов.

Данная логика в целом лежит в основе общей схемы воспроизводства подготовленных к эксплуатации минеральных ресурсов. Она же соответственно определяет место и роль в развитии народного хозяйства так называемых нетрадиционных минеральных ресурсов. Регулярное воспроизводство подготовленных ресурсов полезных ископаемых осуществляется, если снова обратиться к рис. 21, в общем направлении «справа налево» и, по необходимости, — «снизу вверх». Такое воспроизводство протекает непрерывно, в возрастающих масштабах и с соответствующими важнейшими временными упреждающими лагами. С течением времени в ходе выполнения работ по воспроизводству запасов происходит, в частности, и перевод отдельных конкретных ресурсов из «нетрадиционных» в традиционные.

2. МЕТОДЫ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Изложенные соображения дают возможность построить систему экономической оценки нетрадиционных ресурсов. До настоящего времени специфика данной проблемы не была должным образом отражена в экономической литературе и поэтому представляет несомненный интерес. В основу методологии социально-экономической оценки нетрадиционных ресурсов минерального (в том числе, топливно-энергетического) сырья предлагается положить ряд принципов.

1. Социально-экономическая оценка нетрадиционных ресурсов должна базироваться на единой, общей для всех природных ресурсов методологической основе.

2. Нетрадиционные ресурсы отличаются существенной, присущей им спецификой, вносящей в процедуру оценки много нового и перемещающей ряд традиционных акцентов. Основная особенность нетрадиционных ресурсов в том, что непосредственный интерес они представляют лишь для более или менее отдаленного будущего. Это, в свою очередь, обуславливает ряд особенностей.

А. Конкретная информация об этих месторождениях, горно-геологических условиях залегания, количестве и качестве полезного ископаемого фрагментарна и недостаточно достоверна: ведь практический интерес к ним еще не пробудился, не проведены еще детальные разведочные работы, которые только и способны дать конкретные сведения о промышленной значимости выявленных месторождений.

Б. Социально-экономическая оценка нетрадиционных ресурсов в большинстве случаев осуществляется не для нужд конкретных технико-экономических обоснований проектов их разработки, а,

скорее, как ориентировочная база для широкого анализа имеющихся ресурсных источников будущего.

В. Весьма часто ресурсы относятся к нетрадиционным в силу своего неблагоприятного территориального расположения и общей неосвоенности региона. Поэтому особое значение при их оценке приобретает знание величины необходимых вложений в инфраструктуру, которая может намного превышать расходы на создание производственных мощностей. Следует учесть, что в инфраструктурных затратах большое место могут занимать транспортные расходы.

Г. С учетом сказанного, особое внимание при такой оценке должно быть уделено проработке вариантов возможного комплексирования добычи разных видов минерального сырья, использования местных природных и энергетических ресурсов, ориентации на близрасположенных потребителей и т. п.

Д. Учитывая заблаговременный, упреждающий характер проявления начального интереса к нетрадиционным ресурсам, при их оценке особенно необходимо, не останавливаясь на современных освоенных и широко распространенных технологиях, включать в рассмотрение самые смелые из гипотетических вариантов новых технологий добычи и применения конкретных видов нетрадиционных ресурсов. Импульсом к поиску таких пионерных технологий служит осознаваемая необходимость перехода к освоению того или иного нетрадиционного ресурса. Когда такой «социальный заказ» сделан, необходимы средства и время, достаточные для появления и осуществления работоспособной идеи.

Е. Необходимо учитывать возможности появления новых сфер потребления нетрадиционных ресурсов, делающих их использование эффективным. И здесь также главная роль принадлежит не столько учету геологических запасов, сколько перспективам научно-технического прогресса в самых различных сферах народного хозяйства.

Ж. «Внутренним» и «внешним» условиям долгосрочного развития системы, а также и самому перечню технологических альтернатив присуща большая неопределенность, что определяет необходимость вероятностного экспертного по своей сути подхода к оценкам нетрадиционных ресурсов. Что-либо «более определенное» применить для оценки нетрадиционного минерального сырья, к сожалению, невозможно.

Синтезируя воедино объективные особенности нетрадиционных минеральных ресурсов как объекта социально-экономической оценки можно сформулировать тезис о том, что процедуры такой оценки еще больше, чем любые иные, требуют действительно комплексного, системного подхода. Остановимся на конкретных приемах реализации вышеперечисленных принципиальных положений.

Обычный показатель экономической оценки ресурса в виде $\mathcal{E} = Z_3 - Z_n$ в прямом его виде мало применим при оценке нетрадиционных минеральных ресурсов. Дело в том, что при отмеченных выше условиях крайне трудно было бы говорить о скольких-нибудь постоянных значениях замыкающих затрат Z_3 , участвующих в формировании показателя экономической оценки \mathcal{E} . Известно, что замыкающие затраты Z_3 по своему определению считаются численно неизменными лишь в относительно узких интервалах изменений запасов и потребностей в них. Ввод крупных нетрадиционных ресурсов в расчет сам по себе приводит к изменению ранее сложившегося уровня замыкающих затрат. К этому же приводят и изменения народнохозяйственных потребностей в минеральном сырье. Процедура экономической оценки нетрадиционных ресурсов становится при этом более сложной, итеративной и менее однозначной.

Индивидуальные затраты на нетрадиционный ресурс Z_n рассчитываются, конечно, и в этом случае. Однако прямо сопоставить их с однозначно спрогнозированным уровнем замыкающих затрат Z_3 в данном случае несколько затруднительно. Поэтому приходится ограничиваться ранжированием индивидуальных затрат Z_n по различным месторождениям традиционного и нетрадиционного сырья. Уровни возможных предельных затрат задаются в вариантном виде, гипотетически, и каждому из них соответствуют свои суждения о степени народнохозяйственной эффективности того или иного конкретного месторождения. Конечные оценки здесь никогда не достижимы, и вся их процедура может строиться лишь в виде: «если ..., то...».

Что касается самих индивидуальных затрат Z_n , то как методы их расчета, так и основные влияющие на них факторы, в случае оценки нетрадиционных ресурсов, довольно специфичны. Крайне важен здесь масштаб месторождения: он может быть значительно большим, чем для имеющихся месторождений традиционного сырья. Окупаемость затрат на разработку новой технологии и освоение региона зависит не только от общего объема соответствующих запасов, но и от их качества, горно-геологических и географических условий залегания сырья. Важным фактором обычно является развитость региональной инфраструктуры, которая может быть охарактеризована показателями плотности транспортной сети и прочего инфраструктурного обустройства. Еще один комплексный фактор — «перспективность» региона и возможность комплексирования его инфраструктуры: чем выше она, тем меньше удельные затраты.

Прогнозирование индивидуальных затрат при оценке нетрадиционных ресурсов нередко наталкивается на специфические трудности, связанные с уникальностью региона их расположения и новизной технологических способов. Метод прямых проектных расчетов в этих случаях оказывается неподкрепленным достаточной

информационной базой, а возможности применения метода аналогий с действующими предприятиями почти отсутствуют. Некоторую помощь могут оказать два приема. Первый — использование аналогий с действующими объектами не «в целом» (таких аналогий обычно здесь не бывает), а по отдельным группам затрат — например, по затратам на социальную инфраструктуру, транспортные сети, охрану окружающей среды и т. п. Второй прием — использование показателей, достигнутых на опытных пионерных установках по испытанию новой технологии (следует использовать эти данные крайне осторожно ввиду резких различий в масштабах пионерных установок сравнительно с будущим производством).

Целесообразно подчеркнуть наиболее существенные моменты процедуры оценки нетрадиционных минеральных ресурсов.

Эти оценки имеют весьма заблаговременный характер, во многом неоднозначны и строятся применительно к каждой вероятной технологической стратегии удовлетворения соответствующих потребностей народного хозяйства посредством целенаправленных мер в области НТП.

Повышенную роль в оценках играет варьирование способов комплексного использования различных региональных ресурсов. Это требует от проектировщиков построения разветвленных технологических «деревьев», разные варианты которых охватывают разное число минеральных ресурсов, включаемых в переработку, и различных видов получаемой продукции. Нетрадиционный ресурс может получить правильную экономическую оценку лишь при комплексном сопоставлении вариантов таких технологических «деревьев» — после нахождения оптимального варианта. В свою очередь, оценка вариантов (и выбор из них оптимального) требует расчета экономических суммарных показателей по всей совокупности предусматриваемых технологических процессов.

Дело сильно усложняется тем, что набор процессов по различным технологическим вариантам существенно разный; совершенно неоднозначной может оказаться и номенклатура конечной продукции. Иными словами, варианты всегда несопоставимы не только по объемам, но даже и по видам выпускаемой продукции. Единственно разумный способ приведения их к сопоставимому виду — прием, при котором продукция, недодаваемая по какому-либо из сравниваемых вариантов, вводится в него из внешних «компенсирующих» источников, причем каждая единица этой продукции оценивается на уровне замыкающих на нее затрат.

Оценка нетрадиционных ресурсов еще в большей мере, чем традиционных, не сводится к одновариантному получению какой-то расчетной величины. Это всегда — процедура, растянутая во времени и имеющая характер последовательных итераций, переосмысливания прежних концепций на базе накопленных данных, новых поисков и новых оценок. Если говорить об общем методе

решения подобных проблем, то наиболее адекватным из них в данном случае является системный подход.

Одна из существенных особенностей системного подхода вообще (и применительно к нашей проблеме, в частности) состоит в том, что любой объект рассматривается не изолированно, а в рамках некоторой более крупной системы, один из элементов которой представляет данный объект.

В нашем случае нетрадиционные ресурсы, действительно, всего лишь один из ряда возможных источников покрытия народнохозяйственной потребности. Системный подход позволяет выявить возможную роль нетрадиционных ресурсов с учетом разных способов развития этой системы (в том числе и мер по ресурсосбережению у потребителей) на фоне добычи традиционных ресурсов, их импорта, создания заменителей и прочих альтернатив. Такая широкая постановка проблемы в данном случае не только, бесспорно, правильна, но и категорически необходима.

Применение системного подхода к оценке нетрадиционных ресурсов позволяет, кроме того, увязывать освоение нетрадиционных ресурсов региона с общим развитием его производственной и социальной инфраструктуры.

Системный подход (в изложенном выше виде) проявляется и в том, что излагаемая методология базируется на широких сопоставлениях таких, на первый взгляд, разнородных альтернатив, как поиски месторождений и создание новых технологий. Забвение второй из этих альтернатив и сосредоточение лишь на узких, тактических вариантах в данном случае были бы особенно неуместны.

Еще одна особенность системного подхода к рассмотрению проблем оценки конкретной народнохозяйственной значимости запасов нетрадиционных ресурсов состоит в том, что, не ограничиваясь собственно экономическими показателями, такая оценка требует отражения целого комплекса («вектора») показателей экономической, социальной, технологической, экологической, организационно-управленческой и т. д. доступности (эффективности) данных ресурсов. Проблемы, возникающие при освоении ресурсов нетрадиционного минерального сырья, различны в каждой из этих сфер. Неодинаков и характер мер, смягчающих соответствующие затруднения. Поэтому были бы малопродуктивны и попытки «свести все к одному экономическому показателю». Взамен этого теория системного подхода призывает внимательнее использовать всю гамму разнородных оценочных критериев. Так, помимо чисто экономических критериев, здесь особенно важную роль приобретают величина запасов нетрадиционного ресурса и их местоположения. Крайне важно также время, требуемое на промышленное освоение ресурса (оно может различаться от нескольких до десятков лет). Самостоятельное значение приобретает величина необходимых капитальных начальных вложений: нередко она

бывает столь велика, что как бы ни окупались эти вложения в будущем, на старте их просто негде взять. Независимо от экономических показателей, самостоятельное значение приобретают масштабы и характер воздействия на природную среду: добыча и переработка нетрадиционных минеральных ресурсов нередко отличаются громадными объемами получаемых пустых пород, к тому же они часто расположены в районах с особо чувствительной (либо уникальной) биосферой. Системный подход, применяемый при выборе стратегических решений, предлагает не торопиться с выводами, полученными на основе расчета чисто экономических критериев, и приглашает к более вдумчивому анализу других, весьма разнородных характеристик.

И, наконец, системный подход рассматривает развитие объектов во времени так, чтобы, изменяя свое состояние, система даже на краткие периоды не выходила из равновесного, сбалансированного состояния. При рассмотрении проблем обеспечения народного хозяйства минеральным сырьем это особенно необходимо. Ведь конкретные ситуации с ресурсообеспеченностью непрерывно изменяются подчас радикальным образом, и равняться в будущем на сохранение «сегодняшней» ситуации никак нельзя. Кроме того, если обнаружилась нужда в чем-то и есть время на поиск и реализацию новых путей решения задачи, то она в конце концов будет решена. «Можно сделать все, если начать делать вовремя». Этот рабочий девиз методологии системного подхода особенно приложим к деятельности в области подготовки минерально-ресурсной базы. В этой фразе в данном случае не один, а два равных по важности акцента: первый — уверенность, что создание новых технологий поможет в принципе решить любую ресурсную проблему, и второй — что для этого всегда требуется достаточно длительное время.

Итак, освоение конкретных нетрадиционных ресурсов — всего лишь одна из нескольких имеющихся альтернатив обеспечения потребностей народного хозяйства в минеральном сырье. Как правило, это — альтернатива, рассчитанная на специфически длительное время реализации. Поэтому изучение нетрадиционных ресурсов есть не что иное, как заблаговременное создание резерва сырья для народного хозяйства. Реализация такого резерва еще не нужна стране сегодня, но может оказаться необходимой в обозримом будущем. Поскольку для освоения этого резерва потребуется немало времени, заботиться о его создании необходимо заранее. Конечно, будущее может внести и свои коррективы, но все же всестороннюю проработку вопроса необходимо обеспечить заранее.

Задачи резервирования — один из широко распространенных классов задач, присущих всем отраслям народного хозяйства и уровням управления им. Необходимость создания резервов всегда мотивируется неполной прогнозируемостью дальнейшего хода со-

бытий. Резерв создается на «случай изменения ситуации» и позволяет избежать (при ее возникновении) серьезных последствий. Величина недопущенного вероятностного ущерба представляет собой экономический эффект, приносимый созданием резерва. Если устранимый созданием резерва ущерб превышает стоимость создания самого резерва, то этот резерв выгоден. Конечно, экономические выкладки здесь несколько усложняются двумя обстоятельствами: 1) затраты на создание резерва приходится нести заблаговременно, и с учетом фактора времени их экономическая значимость оказывается особенно весомой (этот фактор учитывается методом дисконтирования); 2) не исключено, что необходимость в созданном резерве в действительности так и не возникнет, а в этом случае затраты на его создание ничем не будут окуплены. Возможность такой ситуации учитывается методами оценки экономического риска. В целом же и с учетом двух перечисленных особенностей, изложенный подход позволяет рассматривать оптимальную величину резервов. Естественно, что конкретное численное их значение будет неодинаковым для разных управленческих задач. Наиболее оправданно создание резервов в системах с большими колебаниями перспективных ситуаций, значительной величиной возможных ущербов и малой способностью системы в быстрой адаптации к новым условиям. Управление ресурсосбережением народного хозяйства относится к такому классу задач.

Геологическое изучение и разработка технологий вовлечения нетрадиционных ресурсов — один из важных элементов (или фаз) общего процесса расширенного воспроизводства минералоресурсной базы в целом. Процесс такого воспроизводства — длительный, и в любой данный момент времени приходится одновременно проводить меры, одни из которых нацелены надолго вперед, а другие — на нужды ближайшего времени. Первые меры в дальнейшем открывают дорогу вторым; вторые представляют собой развитие и «доводку» первых. Здесь, как и в любой управленческой деятельности (а образно говоря — как при вождении автомашины), равно необходимы не один, а как бы два «контролируемых горизонта» — ближний и дальний. Ближний контролируется в деталях, дальний — в более общем виде. Проработка проблем освоения нетрадиционных ресурсов — это прорисовка дальнего «контролируемого горизонта». Прибегая к более установившимся понятиям, здесь можно применить термины: стратегические и тактические функции управления.

Освоение базы нетрадиционных ресурсов, бесспорно, относится к важнейшим стратегическим задачам системы устойчивого ресурсообеспечения народного хозяйства. Постановка данной задачи в таком виде определяет ряд существенных ее методологических особенностей.

1. Задача не требует немедленного окончательного решения судьбы нетрадиционных ресурсов. В любом случае это ресурс «по-

слезавтрашнего дня». Поэтому оценка их народнохозяйственной значимости для сегодняшнего дня бессмысленна.

2. Цель работы по оценке нетрадиционных ресурсов — заранее вывить их возможную значимость в более или менее отдаленном будущем с таким упреждением, чтобы (в случае достаточной перспективной эффективности ресурса) успеть осуществить весь комплекс последовательных мер по их народнохозяйственному освоению.

3. Оценка нетрадиционных ресурсов может быть лишь прогностической. Она строится для нескольких потенциально возможных альтернатив технологического развития и подразумевает неизбежность существенных своих изменений со временем.

4. Оценка нетрадиционных ресурсов не может сводиться лишь к чисто денежным показателям и должна быть многопараметрической, векторной.

Процедура оценки нетрадиционных ресурсов должна найти свое законное место в единой системе оценок народнохозяйственной значимости запасов минерального сырья в стране. Базируясь на единых принципах комплексности, оценка запасов, осуществляемая на разных стадиях их освоения, требует разных конкретных подходов. На конечных стадиях эксплуатации запасов такая оценка может и должна быть весьма детализированной и денежной. На предшествующих стадиях разведки она поневоле ограничивается учетом лишь основных факторов. На самых ранних стадиях она становится все укрупненнее, а стоимостные показатели все чаще уступают место натуральным. Оценка нетрадиционных (по отношению к данному) ресурсов может строиться лишь в «сценарном» исполнении, с еще большей ролью, отводимой натуральным показателям. В настоящее время возможно создание единой системы работ и показателей народнохозяйственной оценки полезных ископаемых, с обрисовкой всех стадий последовательной детализации всех этих оценок и взаимодействия этих стадий.

Стратегия отношений к нетрадиционным ресурсам такова. Если сегодняшние традиционные ресурсы убывают или дорожают, то надо заблаговременно готовить технологические проработки возможностей вовлечения различных нетрадиционных ресурсов как резервный набор альтернатив. Сопоставления сегодняшней экономики традиционных и нетрадиционных ресурсов не имеют особого смысла: по состоянию на сегодня вторые почти всегда хуже первых. Что же касается сравнительной их эффективности в будущем, то она окажется гораздо более сопоставимой, во-первых, ввиду удорожания истощающихся традиционных ресурсов и, во-вторых, благодаря новым технологиям добычи и использования нетрадиционных ресурсов. Конечное решение о выборе эффективного вида ресурсов в данном случае — дело будущего, когда оно станет реальной необходимостью. В случае если в будущем пред-

почтение получит нынешний нетрадиционный ресурс,— он тем самым перейдет в категорию традиционных, а его место займут новые, ранее вообще не рассматривавшиеся виды природного сырья. Категория нетрадиционных ресурсов — исторически переходная, через нее, как через «подготовительный класс», в разное время проходят самые разные претенденты, обеспечивая непрерывность процесса воспроизводства ресурсной базы народного хозяйства, если рассматривать проблему в ее макромасштабе.

На самом деле, нетрадиционные ресурсы — это дополнительная, резервная группа минерально-ресурсной классификации. Обычная геологическая практика знает ряд групп любого минерального ресурса по степени его подготовленности к промышленному освоению (разведанности). Необходимость выделения и учета этих групп связана с длительным лагом разведочных работ: на каждую их стадию затрачивается по несколько лет, и в целом процесс геологической «подготовки» месторождения к эффективной эксплуатации затягивается на десятилетия. Нетрадиционные заменители ныне добываемых запасов полезных ископаемых требуют еще большего времени на освоение. К лагу разведочных работ здесь присоединяется лаг технологических разработок, начинать которые нужно заблаговременно. Собственно этой цели и посвящена оценка любых ныне нетрадиционных ресурсов.

Для того чтобы сложная система нормально функционировала, нужно возложить функцию управления ею на определенный орган. Особенно это касается систем, для нормального функционирования которых необходимы не только оперативный контроль (регулирование использования недр), но и своевременная проработка перспективных вопросов. Управление освоением нетрадиционных ресурсов относится именно к таким системам. Чего не хватает данной системе — это единого руководства перспективным развитием. Проблем здесь несколько. Первая из них состоит в том, что заботиться о переходе с ныне эксплуатируемых ресурсов минерального сырья на нетрадиционные надо, скажем, за 20—30 лет вперед. Прогнозами на столь длительные сроки не занимается ни одно промышленное министерство. Вторая проблема — нет органа, в руках которого была бы сосредоточена возможность сравнивать и соизмерять усилия по двум главным альтернативам, определяющим судьбу нетрадиционных ресурсов, — развития технологии и геологических поисков. Будущая эффективность нетрадиционных ресурсов определяется, с одной стороны, тем, будут ли разработаны новые технологии их добычи, переработки и использования, а с другой — тем, какие новые месторождения традиционного ресурса будут открыты геологами. Технологи и геологи не взаимодействуют в настоящее время в решении проблемы нетрадиционных ресурсов. А правильный путь может быть в каждом конкретном случае найден лишь путем соизмерения потенциальной эффективности этих двух альтернатив. Третья проблема —

даже если рассматривать одну технологическую альтернативу, то и ее следует разрабатывать в целенаправленном взаимодействии представителей фундаментальных и прикладных наук, проектировщиков и конструкторов и т. д.

Увязать воедино все эти разнородные стороны лучше всего в рамках конкретных целевых программ, а иногда — и организационно оформленных межотраслевых научно-производственных комплексов. В функции таких комплексов могла бы включаться проработка и апробация самых разных, реально конкурирующих стратегий ресурсобеспечения народного хозяйства рассматриваемым сырьем, включая поиски новых месторождений полезных ископаемых традиционного вида; разработку более эффективных технологий добычи, переработки и использования традиционного сырья; разработку программ комплексного исследования и освоения новых регионов; создание технологий эффективного освоения и использования нетрадиционных ресурсов; поиски техногенных заменителей традиционного сырья и использование вторичных ресурсов; учет возможностей эффективного импорта сырья.

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСВОЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Социалистическое общество объективно располагает огромными возможностями повышения эффективности общественного производства. Многие в реализации этих возможностей определяется системой государственного экономического и социального планирования, которая призвана обеспечивать динамичное и сбалансированное развитие экономики СССР как единого народнохозяйственного комплекса. Это требует постоянного повышения уровня научной обоснованности наших планов, темпов и пропорций общественного воспроизводства, достижения оптимальной сбалансированности отраслей промышленности. Устранение несопряженности в развитии сырьевых и перерабатывающих отраслей требует прежде всего оптимизации планирования геологоразведочного производства и разработки полезных ископаемых, определения экономически целесообразных соотношений между темпами прироста запасов и планируемыми уровнями добычи сырья.

Определение оптимальных (экономически целесообразных) соотношений между темпами прироста запасов и планируемыми уровнями добычи полезных ископаемых — одна из наиболее важных проблем экономики минерального сырья. Директивные указания — обеспечить опережающий рост разведанных запасов минерального сырья по сравнению с темпами развития добывающей промышленности — требуют научного обоснования критериев и темпов такого опережения. Между открытием и началом разработки месторождений проходит довольно большой промежуток времени, нередко достигающий десятков лет. Значительные затраты на поиски и разведку месторождений полезных ископаемых в

этих случаях выпадают из народнохозяйственного оборота. В то же время инерционность и определенная этапная последовательность геологоразведочного процесса требуют в целях обеспечения его планомерного и пропорционального осуществления обоснованного долгосрочного прогноза потребностей отдельно для каждого вида полезных ископаемых.

Согласование геологоразведочных работ с перспективными потребностями в минеральном сырье — один из наиболее важных аспектов планирования разведки и освоения запасов минеральных ресурсов. Объективная трудность решения данной задачи обусловлена наличием элементов неопределенности. Прежде всего это относится к оценке планируемых перспективных долгосрочных потребностей в том или ином виде минерального сырья, прогнозированию темпов и объемов прироста запасов, определению сроков освоения открытых месторождений и других параметров геологоразведочного процесса.

Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о больших возможностях и разнообразии методических приемов обоснования и принятия решений при оптимизации работ по поискам, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых на основе математических методов и ЭВМ. В соответствии с Основами законодательства СССР и союзных республик о недрах важным шагом в направлении более рационального использования минеральных богатств является налаживание государственного учета полезных ископаемых и обслуживающей его автоматизированной информационно-поисковой системы «Экономический кадастр месторождений полезных ископаемых».

Необходимость и возможность использования экономико-математического моделирования в процессе формирования долгосрочной стратегии развития минерально-сырьевой базы признается далеко не всеми исследователями. Однако это отнюдь не исключает возможность эффективного использования моделей данного типа в качестве инструмента прогнозных исследований при временных горизонтах в 10—15 лет. За пределами этого срока большего предпочтения заслуживают качественные методы экспертного анализа, в основе которых — ориентация на социально-экономические цели и прогноз общественно необходимых потребностей, учет вариантов развития научно-технического прогресса, опыта международного сотрудничества и практики социалистического строительства.

Экспертные методы формирования прогнозных оценок позволяют учитывать предположения о тенденциях и явлениях, генезис которых пока не фиксируется в инерционной статистической информации. Процессы и явления, зарождающиеся под влиянием грядущих экономических и социальных структурных сдвигов, не находят в связи с этим должного отражения или оценки в эконометрических моделях.

В то же время их роль в создании условий, определяющих изменения в тенденциях научно-технического и социально-экономического развития минерально-сырьевой базы мира, отдельного государства или региона и, в частности, ее нетрадиционной составляющей, может быть значительной, а иногда решающей. Например, на рубеже 1973 г., если следовать официальной статистике, ничто не предвещало стремительного приближения энергетического кризиса, поразившего в 1974 и последующие годы ряд развитых капиталистических стран. Лишь отдельные эксперты, к голосу которых мало кто прислушивался, высказывали предположения, что ломка несправедливых экономических отношений между обладающими сырьевыми ресурсами развивающимися и импортирующими их развитыми капиталистическими государствами приведет в ближайшее время к серьезным изменениям на рынке сырья.

Но и экспертный экономический прогноз на одном из своих этапов неизбежно выдвигает требование определения расчетных показателей перспективного планирования. Проблема эта имеет общее значение для всей гаммы природного минерального сырья и специфическое — для нетрадиционных ресурсов. В последнем случае задачи указанного моделирования включают определение оптимальной динамики замещения традиционных минеральных ресурсов нетрадиционными — установление объемов освоения различных видов минеральных ресурсов (традиционных и нетрадиционных) одного и того же целевого предназначения.

В общем виде эффективную увязку объемов и темпов геологоразведочных работ с перспективной потребностью в определенном виде минерального сырья можно рассчитать на основе экономико-математической модели, разработанной Э. И. Гойzmanом, М. В. Толкачевым и Л. П. Сариним. При постановке задачи в качестве исходных данных необходимо учитывать прогнозные ресурсы минерального сырья, предельные нормы разведки, подготовки и добычи полезного ископаемого, а также удельные затраты на этапах освоения месторождений, установленные в соответствии с конкретными природными и техническими условиями.

Метод решения задачи сводится к построению и реализации линейной математической модели на базе булевых переменных.

Установление очередности в проведении геологоразведочных, подготовительных и эксплуатационных работ достигается введением в модель системы ограничений:

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{\theta=1}^t X_{i\theta} - S_i \geq -M(1 - \delta_{it}) \\ \sum_{\theta=1}^t X_{i\theta} - S_i \leq M\delta_{it} \end{array} \right\} \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, m; \\ t = 1, 2, \dots, T, \end{array}$$

где i — номер месторождений; t — порядковый номер года планируемого периода; $X_{i\theta}$ — интенсивность соответствующего вида работ по i -му месторождению в течение θ -го года; δ_{it} — булева переменная, равная 1, если соответствующие виды работ завершены к t -му году, и равная 0 в противном случае; S_i — прогнозный объем запасов i -го месторождения; M — очень большое положительное число.

Критерием оптимальности служит максимум отклонений суммарных затрат от замыкающих затрат по исследуемой группе месторождений, объективно отражающий перспективность проведения разведочных, подготовительных и эксплуатационных работ с учетом географического положения месторождений, экономических и социальных факторов, а также уровнем прогрессивности технологии осуществления этих работ.

В модели использованы следующие обозначения:

y_{it} — годовой прирост разведываемых запасов i -го месторождения;

S_i — прогнозируемый объем запасов i -го месторождения;

l_i — удельный расход геологоразведочных ресурсов по i -му месторождению;

L_t — общий объем (годовой) геологоразведочных ресурсов;

a_{it} — булева переменная, равная 1, если по i -му месторождению в t -м году закончены в полном объеме разведочные работы, и равная 0 — в противном случае;

V_{it} — годовые объемы подготовительных работ по i -му месторождению;

d_i — максимально возможный объем подготовительных работ по i -му месторождению;

P_i — общий объем подготовительных работ по i -му месторождению;

δ_{it} — булева переменная, равная 1, если в t -м году по i -му месторождению закончены подготовительные работы, и равная 0 — в противном случае;

X_{it} — объем добычи из i -го месторождения в t -м году;

b_{it} — максимальный возможный объем добычи в t -м году из i -го месторождения;

U_i — замыкающие затраты по i -му месторождению;

T — период прогноза.

Ограничения:

1) по объемам разведки запасов месторождений

$$\sum_{t=1}^T y_{it} \leq S_i, \quad i = \overline{1, m};$$

2) по годовым ресурсам геологоразведочных работ

$$\sum_{i=1}^m l_i y_{it} \leq L_i, \quad t = \overline{1, T};$$

3) определяющие начало подготовительных работ

$$\left. \begin{aligned} \sum_{\theta=1}^t y_{\theta i} - S_i &\geq M(1 - \alpha_{it}) \\ \sum_{\theta=1}^t y_{i\theta} - S_i &\leq M_{it} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &t = 1, 2, \dots, T; \\ &i = \overline{1, m}; \end{aligned}$$

4) на годовые объемы подготовительных работ

$$V_{it} \leq d_i \alpha_{it}, \quad i = \overline{1, m}, \quad t = \overline{1, T};$$

5) по суммарным объемам подготовительных работ на каждом месторождении

$$\sum_{t=1}^T V_{it} \leq P_i; \quad i = \overline{1, m};$$

6) определяющие начало эксплуатационных работ

$$\left. \begin{aligned} \sum_{\theta=1}^t V_{i\theta} - P_i &\geq M(1 - \delta_{it}) \\ \sum_{\theta=1}^t V_{i\theta} - P_i &\leq M\delta_{it} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &t = 1, 2, \dots, T; \\ &i = \overline{1, m}; \end{aligned}$$

7) на годовые объемы добычи

$$X_{it} \leq b_i \delta_{it}, \quad t = \overline{1, T}; \quad i = \overline{1, m};$$

8) на объемы добычи из каждого месторождения

$$\sum_{t=1}^T X_{it} \leq S_i; \quad i = \overline{1, m}.$$

Целевая функция:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T (U_i X_{it} - U_{\max} X_{it}) \rightarrow \max.$$

Таким образом, в результате оптимизации определяются: необходимый прирост разведанных запасов на каждом объекте (группе месторождений региона) в каждом году планируемого периода;

объемы подготовки разведанных запасов по объектам, группам месторождений, регионам, взаимоувязанные со сроками начала эксплуатации месторождений;

объемы добычи полезного ископаемого в каждом году планируемого периода на каждом объекте (группе месторождений, региона).

Исследовать перспективы освоения нетрадиционных ресурсов предлагается на основе модели предлагаемого вида.

Ограничения:

1) по запасам минеральных ресурсов

$$\sum_{t=1}^T X_{it} \leq S_i, \quad i = 1, 2, \dots, m;$$

2) по удовлетворению потребностей — объем получения минеральных ресурсов вида $i=1, 2, \dots, m$ должен удовлетворять потребности в них с вероятностью не меньше, чем β_t^Q

$$P \left\{ \sum_{i=1}^m q_i X_{it} \geq Q_t \right\} \geq \beta_t^Q, \quad t = 1, 2, \dots, T;$$

3) на объем получения минеральных ресурсов, i -го вида в период t — вероятность того, что объем получения минеральных ресурсов каждого вида не может превзойти некоторого технического, экономического и другого уровня

$$P \{ X_{it} < d_{it} \} \geq \beta_t^d, \quad i=1, 2, \dots, m; \quad t=1, 2, \dots, T.$$

Целевая функция:

сумма интегральных дисконтированных затрат должна быть минимальной, т. е.

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T C_{it} X_{it} \rightarrow \min.$$

Примечание.

1. Ограничения 2 и 3 задаются в вероятностной форме, так как они по сравнению со всеми другими условиями имеют гипотетический характер;

2. Уровень вероятностей β_t^Q и β_t^d определяется из анализа ошибок прогноза на основе изучения ретроспективы;

3. Значения Q_t , d_{it} , C_{it} устанавливаются по данным экспертных заключений.

В модели приняты следующие обозначения:

индексы

i — индекс (номер) вида минеральных ресурсов одного и того же предназначения (традиционных и нетрадиционных, в том числе и тех, которые можно приобрести на мировом рынке), $i=1, 2, \dots, m$;

t — номер года (или отрезка времени) в течение планируемого периода, $t = 1, 2, \dots, T$;

переменные

X_{it} — объем добычи (извлечения) или же получения каким-либо другим способом минерального ресурса i -го вида в течение отрезка времени t ;

правые части ограничений

S_i — прогнозный объем запасов ресурса i ;

Q_t — прогнозируемая общая потребность в группе ресурсов $i = 1, 2, \dots, m$;

d_{it} — прогнозируемая величина ограничения на объем получения минеральных ресурсов i -го вида в период t ;

β_t^Q и β_t^d — значение вероятностей, с которыми должны осуществляться ограничения по удовлетворению потребностей и на объем получения минеральных ресурсов;

коэффициенты

q_i — коэффициент эквивалентного приведения (замещения) различных видов ресурсов к одному условному виду;

C_{it} — прогнозируемая оценка интегральных затрат на получение единицы i -го вида ресурса в период t .

4. НЕТРАДИЦИОННЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ВО ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЯХ И ТОРГОВЛЕ

Сейчас, когда в нашей стране в значительной степени исчерпаны источники экстенсивного развития минерально-сырьевой базы и многие из новых месторождений полезных ископаемых имеют значительно худшие технико-экономические условия освоения, чем эксплуатирующиеся в настоящее время, проблема развития внешней сырьевой базы приобретает важное значение. Советская экономика в течение многих десятилетий ориентировалась на обеспечение народного хозяйства собственным минеральным сырьем, импортируя лишь незначительные количества отдельных его видов. Увеличение поставок из других стран уже само по себе будет для нас нетрадиционным источником обеспечения. Активное развитие внешнеэкономической связи торговых отношений в области обеспечения минерально-сырьевой базы потребует разработки новых экономических критериев оценки эффективности вовлечения тех или иных внешних источников, а также существенной перестройки многих звеньев народного хозяйства и перехода к некоторым новым формам внешнеэкономических связей.

При использовании минерального сырья зарубежных стран может возникнуть целый ряд технологических проблем, поскольку за рубежом отдельные виды сырья отличаются от традиционно используемых в нашей промышленности. Переработка и утилизация таких видов сырья потребует изменения существующих технологий.

Рассмотрим тот комплекс экономических и технологических проблем, решение которых имеет большое значение для эффективного развития внешнеторговой деятельности в области минерального сырья.

Определение возможных импортеров сырья с точки зрения его фактического наличия обусловлено неравномерным характером распределения месторождений полезных ископаемых в недрах планеты и в связи с этим их высокой концентрацией на территории отдельных государств. Табл. 24, составленная по данным ведущих зарубежных журналов и обзоров по внешней торговле сырьем для 24 видов полезных ископаемых, показывает, что доля трех—шести ведущих производителей минерального сырья составляет от 55 до 95 % общей добычи стран несоциалистического мира.

Такая ситуация определяет необходимость осуществления гибкой политики в международной торговле сырьем, основанной на системно разработанных долгосрочных стратегических целях, согласованных с конечными народнохозяйственными задачами. При этом важной самостоятельной задачей является определение реальных (из потенциально возможных) импортеров, которые должны удовлетворять целому комплексу условий, включающих политические, экономические, ресурсно-технологические и транспортно-географические факторы. Анализ этих факторов представляет собой комплексное страноведческое исследование, включающее обработку данных с помощью математических методов.

Для определения целесообразности импорта в СССР того или иного вида сырья целесообразно учитывать следующие соображения.

Во-первых, зная ограниченность возможностей импорта сырья за свободно конвертируемую валюту, следует обеспечить поступление основной части сырья за счет различного рода безвалютных соглашений и сделок в качестве компенсации за оказание научно-технической и экономической помощи в различных отраслях экономики страны-импортера, в том числе и в развитии ее горнодобывающего сектора. Возможны и другие виды совместных взаимовыгодных действий, такие, как создание смешанных предприятий по добыче и переработке сырья в странах-импортерах. Получение сырья на безвалютной основе имеет также то преимущество, что сравнительная эффективность импорта и производства внутри страны легко сопоставимы, так как основаны на сравнении внутренних издержек. В то же время, в случае закупок за свободно конвертируемую валюту, сравнение зарубежных валютных курсов и внутренних затрат связано с рядом методических трудностей. В этом случае корректнее сопоставлять внутренние затраты на производство соответствующей экспортной продукции и добычу сырья внутри страны, чем использовать переводные валютные коэффициенты.

Во-вторых, для определения импортируемых видов сырья при росте затрат на его добычу и переработку внутри страны целесо-

Таблица 24

Доля добычи минерального сырья в капиталистических и развивающихся странах—ведущих его производителях (начало 80-х годов)

Виды сырья	Основные страны-производители	Доля стран-производителей, %
<i>Топливо-энергетическое сырье</i>		
Нефть	Саудовская Аравия, США, Мексика, Великобритания, Венесуэла	65
Природный газ	США, Канада, Алжир, Нидерланды	65
Уран	США, Канада, ЮАР, Австралия, Намибия, Нигер	90
<i>Черные металлы</i>		
Железные руды	Бразилия, Австралия, США, Индия	65
Марганцевые руды	ЮАР, Габон, Бразилия, Австралия	80
Хромиты	ЮАР, Филиппины, Бразилия	70
<i>Легирующие металлы</i>		
Молибден	Чили, США, Канада	80
Вольфрам	Канада, Австралия, Боливия, Южная Корея, США	55
Ванадий	ЮАР, США, Финляндия	75
Никель	Канада, Австралия, Новая Каледония	60
Кобальт	Заир, Австралия, Замбия, Канада	80
Ниобий	Бразилия, Канада, Нигерия, Заир	95
<i>Цветные металлы</i>		
Алюминий (бокситы)	Австралия, Гвинея, Ямайка, Бразилия	80
Медь	Чили, США, Канада, Замбия, Заир	65
Свинец	Австралия, США, Канада, Перу	60
Цинк	Канада, Австралия, Перу, Мексика	55
Олово	Малайзия, Индонезия, Боливия, Таиланд	75
<i>Благородные металлы и алмазы</i>		
Золото	ЮАР, Канада, Бразилия, США, Австралия	80
Металлы платиновой группы	ЮАР, Канада	95
Серебро	Мексика, Перу, США, Канада, Австралия	75
Алмазы	Заир, Ботсвана, ЮАР, Австралия	90
<i>Горно-химическое сырье</i>		
Фосфатные руды	США, Марокко, Иордания	75
Калийные соли	Канада, ФРГ, Франция	70
Плавленый шпат	Мексика, ЮАР, Испания, Таиланд	60

образными для импорта будут те его виды, внутренние затраты на производство которых больше, чем аналогичные затраты для осуществления импорта (затраты на оказание помощи, на функционирование смешанных предприятий, на производство экспортной продукции и т. д.).

В-третьих, при прочих равных условиях приоритет следует отдавать тем видам сырья, природная база которых у нас наиболее ограничена, учитывая при этом также их важность для народного хозяйства и эффективность применения.

Еще один важный момент, который необходимо принимать во внимание, — возможность уменьшения нагрузки на транспортную сеть страны благодаря импорту, осуществляемому в пункты, более приближенные к потребителям, чем отечественные источники сырья. И, наконец, необходимо учитывать, что развитие внешней сырьевой базы будет способствовать более активному включению нашей страны в международное разделение труда на выгодных для нее условиях, а также оказывать активное влияние на позитивное изменение структуры экономики в сторону увеличения веса в ней более высоких этажей экономики, характеризующихся концентрацией научно-технического потенциала.

Поскольку не существует абсолютно одинаковых по качеству и компонентному составу полезных ископаемых, необходимо тщательное изучение импортируемого сырья с целью обеспечения его комплексной переработки и использования. При этом подход к отдельным видам сырья должен быть строго индивидуальным как с точки зрения глубины его переработки, так и путей его использования в нашей промышленности. В общем случае наиболее выгодно импортировать сырье низкой степени обработки, поскольку большая часть конечной стоимости продукции производится в стране-импортере, причем эта стоимость по мере увеличения глубины обработки увеличивается нелинейно. Вместе с тем в ряде случаев бывает целесообразно ввозить сырьевые концентраты и полуфабрикаты более глубокой степени обработки. Это связано с двумя причинами: уменьшение количества перерабатывающих мощностей благоприятно отражается на состоянии окружающей природной среды; данные виды продукции в большей степени удовлетворяют технологическим требованиям.

Довольно чувствительны, например, к составу исходного сырья технологии по переработке бокситов. Технология, разработанная и осуществленная в расчете на качество определенного сырья, при переводе на сырье из другого источника может существенно ухудшить свои технико-экономические показатели. При этом снизится качество продукции и ускорится износ оборудования. Такое положение требует либо периодической переналадки оборудования, либо строительства новых мощностей под определенное сырье. Эти проблемы могут быть в значительной степени сняты при переходе к преимущественному импорту продукта более высокой степени

обработки — глинозема. Последний с технологической точки зрения гораздо более однороден, чем бокситы, что создает возможность для его широкого использования на всех электролизных заводах нашей страны. Имеется еще ряд преимуществ, среди которых следует отметить сокращение количества энергоемких и экологически грязных производств, уменьшение потерь полезного компонента при переделе и затрат на транспортировку, возможность строительства нашими силами бокситоперерабатывающих предприятий за рубежом с целью получения в порядке компенсации их продукции — глинозема.

При расширении импорта сырья перерабатывающая промышленность может столкнуться и еще с некоторыми проблемами, в частности, с переходом на такие виды сырья, которые в нашей промышленности пока не используются.

Достаточно характерным примером может быть положение с сырьем для получения ниобия и тантала. За рубежом эти металлы все в большей степени получают в качестве побочного продукта при производстве олова. В некоторых оловянных шлаках содержится до 15 % оксидов тантала и ниобия. При металлургической переработке олова на одну его тонну приходится 150—300 кг шлаков. Такой крупный производитель олова, как Таиланд, ежегодно экспортирует 4—6 тыс. т танталосодержащих оловянных шлаков. Переработка оловянных шлаков требует специальных технологий, зависящих от их качества и от вида конечного продукта. Шлаки с высоким содержанием оксидов тантала и ниобия (не ниже 8 %) могут быть переработаны гидрометаллургическим способом. Основные затраты в общей структуре приходятся на долю плавиковой кислоты. Из шлаков с более низкой концентрацией металлов изготавливаются тантало-ниобиевые синтетические концентраты. Они содержат 50—70 % оксидов тантала и ниобия и равноценны по качеству природным концентратам. Возможно также изготовление концентратов повышенной растворимости (до 99,5 %), которые отличаются по качеству от природных руд. Синтетические шлаки обычно не содержат посторонних примесей, имеющихся в природных рудах, например сурьму. Разработан также способ получения тантал-ниобиевого карбидного ферросплава в электропечах. Не останавливаясь на деталях существующих технологий, следует отметить, что целесообразность применения той или иной из них зависит от структуры и объема потребления тантал- и ниобийсодержащей продукции и некоторых других причин. Поэтому при переходе на нетрадиционные для нас виды сырья из внешних источников необходимо развитие технологий, наиболее соответствующих условиям применения того или иного вида сырья в отечественной экономике.

НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Научно-технический процесс способствует созданию и ускоренному внедрению ресурсосберегающих технологий, позволяет удовлетворять потребности в минеральном сырье за счет более полного комплексного использования известных месторождений полезных ископаемых, выявления и вовлечения в освоение экономически выгодных для разработки новых источников сырья. Так, в связи с ускоренным развитием атомной энергетики появилась возможность получения расщепляющихся материалов, платины и некоторых металлов платиновой группы в процессе ядерных реакций, протекающих в атомных энергетических установках. Расчеты показывают, что в результате радиохимической очистки топлива от высокорadioактивных примесей возможно экономически выгодное получение этих важных металлов в значительном количестве. Эти и другие приводимые в книге примеры позволяют подчеркнуть ту большую роль, которую играют наука и техника в выявлении и коммерчески выгодном освоении нетрадиционных источников минерально-сырьевых ресурсов.

1. РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ВЫЯВЛЕНИЮ НОВЫХ ТИПОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУД

Одновременно с расширением применяемых человечеством видов полезных ископаемых формировались взгляды на природные процессы, определяющие характер их распространения в земной коре. Со временем система таких взглядов вылилась в учение о полезных ископаемых. Важнейшая для обсуждаемого здесь вопроса особенность этого учения состояла в том, что оно развивалось вслед за практикой и было теснейшим образом с ней связано. На это указывает весь характер его исторического развития. Учение о полезных ископаемых базировалось на глубоком анализе условий залегания в земной коре месторождений полезных ископаемых и их взаимоотношений с вмещающей геологической средой. На основе наблюдений выдвигались те или иные гипотезы формирования месторождений. По мере выявления новых типов месторождений или новых видов минерального сырья появились новые теории и гипотезы относительно их образования.

Относящиеся к средневековью и более ранним историческим периодам взгляды на образование месторождений полезных ископаемых были в значительной степени схематичными и наивными. Однако их простота, не обремененная знанием обширного и разнообразного фактического материала, давала возможность для довольно широких обобщений, таких, как непутизм и плутонизм, представлений о «соках земли», и некоторых других. Они не име-

ют сейчас практического и теоретического значения, однако знаменуют собой начальный период формирования учения о полезных ископаемых, характеризующийся попытками сформулировать более или менее универсальные объяснения некоторым природным геологическим процессам.

По мере накопления данных, свидетельствующих о разнообразии скоплений минерального вещества в природе, стало возможным выявление общих закономерностей формирования и распространения отдельных типов месторождений. Обилие фактов и различных версий делало невозможным использование колоссального массива фактического материала без создания целостной теории.

Со временем учение о формировании месторождений полезных ископаемых распалось на ряд научных дисциплин, пошло по пути углубляющейся дифференциации исследований (по типам месторождений, геоструктурным элементам земной коры, методам исследования). По мере отработки месторождений выдвигаемые гипотезы становились все более обоснованными. Сравнение геологических условий залегания месторождений одного типа давало возможность выбрать из всего многообразия вариантов их формирования принципиальные черты геологической обстановки, сходные для всех месторождений данного типа. Появилась возможность наметить крупные геоструктурные области, в которых проявляется определенный генетический тип месторождений полезных ископаемых. Геологическое (в широком смысле) изучение геоструктурных элементов позволяло выделить те из них, где условия формирования месторождений определенных типов были наиболее благоприятны, что, в свою очередь, давало возможность ранжировать территории по степени перспективности на те или иные виды полезных ископаемых. На основе этих представлений формируется стратегия геологоразведочных работ, намечаются районы первоочередных поисковых и разведочных работ. Новые открытия заставляют постоянно пересматривать перспективы различных регионов. В этом смысле практика геологоразведочных работ является главным источником, питающим теоретические представления о той или иной геологической «специализации» региона исследований [65].

Так, в первой половине текущего столетия доминирующее положение в мировой добыче железных руд занимали руды мартит-гематитового состава. Отличаясь высоким содержанием железа (до 65 %), они не требовали обогащения, что во многом предопределяло интенсивность их использования (до 85 % мировой добычи) и быстрое истощение. В 50—60-х годах доля этих руд в мировой добыче упала до 45 %, а в настоящее время составляет 22 % общей добычи. Ожидается дальнейшее снижение. В то же время не использовавшиеся до 50-х годов железистые кварциты в настоящее время составляют более 50 % общей добычи железных руд, и эта доля продолжает расти.

Если в начале XX в. более 95 % мировой добычи алюминиевого сырья приходилось на месторождения карстового типа, связанные с древними бокситоносными формациями, то в настоящее время почти 95 % добычи приходится на месторождения преимущественно латеритного типа, связанные с молодыми бокситоносными формациями. До 1990 г. основу сырьевой базы для производства меди составляли почти исключительно жильные и медно-колчеданные месторождения. С 1913 г. интенсивно развивается открытая добыча медно-порфиновых руд, доля которых в настоящее время в мировом производстве превышает 60 %. Доля жильных месторождений упала до первых единиц процентов.

В начале XX в. 65 % добываемого молибденового сырья приходилось на грейзеновые и 35 % на жильные месторождения. К 1920 г. разработка грейзенов была прекращена, и добычу молибдена стали вести в основном из штокверковых и жильных месторождений, которые эксплуатировались до начала 40-х годов. С 20-х годов начался быстрый рост добычи молибдена из крупных медно-порфиновых месторождений с убогим содержанием молибдена. В настоящее время добыча молибдена в капиталистических и развивающихся странах из штокверковых молибденовых и медно-порфиновых руд производится в соотношении приблизительно 55 : 45, изменяясь в зависимости от конъюнктуры спроса на медь. Известен ряд других подобных примеров об изменении во времени роли в общем балансе добычи руд вольфрама, никеля, кобальта, сурьмы, фосфатов, цементного сырья из месторождений различных генетических типов [4].

Особо следует остановиться на месторождениях углеводородного сырья. Механизм их формирования подчиняется следующему фундаментальному физическому правилу — жидкости и газы распределяются в пористой сообщающейся среде согласно их плотности в специфических пластовых условиях¹.

Несмотря на принципиально единый механизм, в природе встречено довольно много типов скоплений углеводородов, отвечающих многообразию природных обстановок, в которых этот механизм реализуется. Большая часть известных в настоящее время месторождений нефти и газа представлена залежами антиклинального типа. Однако у нас нет бесспорных доказательств, что именно они содержат наибольшие количества углеводородов. Залежи такого типа, связанные с положительными геологическими структурами, наиболее просто поддаются выявлению методами геологического картирования и геофизическими исследованиями. Поэтому мировая практика нефтеразведочных работ была ориентирована на пре-

¹ Специфичность условий заключается в таком пространственно-временном сочетании проницаемых и непроницаемых частей литосферы, пластовых вод и углеводородов, при котором последние, занимая частично или целиком проницаемые части, лишены возможности миграции.

имущественное выявление антиклиналей и других положительных структур (рифов, эрозионных останцов и т. п.).

По мере исчерпания фонда таких структур, роста объемов поисковых и разведочных работ и как следствие повышения степени геологической изученности территории открывались другие типы залежей, не связанные с антиклинальными структурами. Вероятно, именно поэтому большинство известных залежей несводового типа приурочено к старым нефтедобывающим районам. В США в литолого-стратиграфических ловушках заключено 49 % залежей в шт. Оклахома, более 60 % залежей межгорной впадины Сан-Хоакин, 75 % залежей в шт. Канзас и почти все залежи межгорной впадины Сан-Хуан.

В природе встречены скопления нефти даже в таких условиях, которые, на первый взгляд, противоречат основным положениям современного учения о нефти. Примером могут служить притоки нефти, полученные из мощных глинистых толщ. Причины образования таких нефтенасыщенных глинистых пород довольно обстоятельно рассмотрены в специальной литературе. Хотелось бы подчеркнуть только их региональное распространение и самый разный геологический возраст. Это верхнемиоценовые глинистые и кремнистые сланцы Монтерей Калифорнии, верхнемеловые-эоценовые глинистые сланцы Минкос и Грин-ривер Скалистых гор, среднедевонские сланцы Огайо Предаппалачского бассейна, верхнеюрские аргиллиты баженовой свиты Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна и др.

Большой интерес представляют также залежи, образованные за счет капиллярного давления и вытеснения нефтью и газом воды из более проницаемых частей пласта в менее проницаемые (так называемые изоланы). Поскольку капиллярные силы не контролируются структурными и гравитационными факторами, подобные залежи могут быть встречены в любой части пласта, различного по проницаемости.

Таким образом, в каждый исторический отрезок времени учение о полезных ископаемых отражает конкретный, но далеко не полный перечень многообразных природных явлений, ведущих к формированию месторождений полезных ископаемых.

Вместе с тем рост потребления минерального сырья ведет к истощению месторождений известных типов, а частота случайных открытий месторождений новых типов, пригодных для эксплуатации при существующих технологиях, уже не компенсирует ухудшающихся условий добычи.

Осваиваемые новые крупные месторождения находятся в отдаленных районах, залегают на больших глубинах, часто в сложных горно-геологических условиях. Руды этих месторождений намного беднее и требуют больших затрат на переработку. Научно-технический прогресс не компенсирует ухудшающиеся условия производства сырья. Затраты в добывающих отраслях в течение последних

пятилеток устойчиво растут, технико-экономические показатели ухудшаются. Все большая доля производственных и других ресурсов, включая добываемое минеральное сырье, идет на компенсацию ухудшающихся условий производства в самих добывающих отраслях и обеспечение прироста их продукции, т. е. эти отрасли все больше и больше работают «на себя».

Такое положение тормозит социально-экономическое развитие, поскольку все большие средства отвлекаются от производства конечной продукции, от развития наиболее перспективных отраслей промышленности, решения продовольственной проблемы и многих других насущных задач нашего народного хозяйства.

Ухудшение качества минерально-сырьевой базы — процесс объективный, и с этим нельзя не считаться. Многие страны на стадиях бурного развития машинной индустрии потребляли минеральное сырье в больших количествах. Однако по мере исчерпания наиболее богатых месторождений доля первично производимого внутри страны сырья падала как в связи с ростом доли конечной продукции, так и благодаря обнаружению зарубежных источников сырья, более эффективных, чем ухудшающиеся по качеству месторождения собственной минерально-сырьевой базы.

Различные государства выбирали стратегии обеспечения сырьем исходя из своих природных условий, уровня технико-экономического развития, возможностей международного разделения труда. Обычно структура обеспечения экономики каждой страны минеральным сырьем представляет собой комбинацию различных хозяйственных мероприятий: использование вторичных ресурсов, материало- и энергосбережение, внедрение заменителей, импорт и, конечно, если позволяют природные условия, разработку собственной минерально-сырьевой базы.

При этом чем эффективнее обеспечение сырьем из первых четырех источников, тем больше возможностей для улучшения технико-экономических условий производства сырья из собственных месторождений, поскольку имеется время для развития новых технологий добычи и переработки, открытия новых типов месторождений в благоприятных географических и горно-геологических условиях. Например, анализ опыта разработки в Канаде широко распространенных месторождений семи металлов (меди, цинка, свинца, никеля, молибдена, серебра и золота) с 1939 г. до наших дней показал, что регулирование объемов добычи, комплексное использование сырья, внедрение новых методов переработки, ввод в эксплуатацию месторождений новых типов позволили сохранить на высоком уровне технико-экономические показатели производства, а по некоторым металлам даже не снизить их среднее содержание в руде за почти пятидесятилетний период.

Для нашей страны, обладающей значительной минерально-сырьевой базой и вступившей на путь интенсификации экономики, который предусматривает уменьшение нагрузки на горнодобываю-

щий комплекс, очень важно определить пути наиболее рационального использования своих природных ресурсов. В сложившейся ситуации можно наметить два главных направления, ведущих к улучшению экономических показателей производства сырья: 1) развитие принципиально новых технологий, позволяющих вовлечь в эффективную эксплуатацию многие известные виды сырья и месторождения, не считавшиеся до того балансовыми; 2) разработка новых теоретических подходов в обосновании направлений поисков месторождений полезных ископаемых. Рассмотрим некоторые возможные пути развития второго направления.

Как уже говорилось, геологическая наука идет вслед за практикой, описывая, объясняя и теоретически анализируя ее результаты. Теоретические обобщения дают возможность осуществлять прогнозирование и направлять геологоразведочные работы на выявление уже известных и апробированных промышленностью форм скопления минерального вещества известных генетических типов в новых районах. Пока не будет обнаружена, практически оценена и теоретически осмыслена новая форма скоплений полезных ископаемых, не будет и научно обоснованных методов их поисков в природе. Такое положение отвечает состоянию всего предшествующего периода развития учения о формировании месторождений полезных ископаемых — науки преимущественно описательной. За это время создан технический, лабораторный и методологический инструментарий, который постоянно совершенствуется и, по видимому, внесет еще много нового в научное обоснование наиболее эффективных направлений геологоразведочных работ. Вместе с тем это не единственная возможность коренного улучшения теоретических основ геологического поиска.

Из истории науки известно, какой мощный импульс для развития и качественного преобразования отдельных ее отраслей давало применение в них достижений других наук. Достаточно вспомнить, как повлияло на развитие физики применение математики. Сейчас имеются все предпосылки для более активного внедрения в учение о полезных ископаемых достижений химии, физики, математики, экономики. Сегодня многие методы данных наук уже применяются при прогнозировании, поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. Однако применение их идет в рамках сложившейся схемы исследования: они облегчают и упрощают отдельные операции, а не являются полноправным аппаратом познания, представляющим собой находящуюся в неразрывной взаимосвязи междисциплинарную систему знаний и методов.

Говоря о предпосылках создания такой системы, имеют в виду, что уже накоплен определенный объем знаний о геологическом строении, горно-геологических и о физико-химических условиях различных областей земной коры, о вещественном составе слагающих ее компонентов; имеются возможности моделирования реальных и гипотетических процессов взаимодействия различных

элементов земной коры, а также вычисления и прогнозирования вероятности их исходов, воссоздания системы признаков, характеризующих те или иные процессы; разработаны методы многовариантных расчетов экономической эффективности хозяйственных мероприятий и экономической оценки природных ресурсов.

Предлагаемая ниже схема междисциплинарных исследований по выявлению новых типов месторождений не является альтернативой существующим теоретическим воззрениям. Она, скорее, дополняет их. Указанные междисциплинарные исследования можно условно подразделить на ряд последовательных стадий.

Сначала рассматриваются функции, выполняемые различными видами сырья. Исследуются свойства, которые обусловили применение того или иного вида в определенном качестве. Выделяются материально и функционально взаимозаменяемые виды сырья и сырье, не имеющее заменителей (фосфаты, натриевая и калийная соли и т. д.). Такой анализ проводится специалистами по технологиям различных производств и по функциям тех процессов, в которых используется сырье. Затем сравнивается эффективность функций, выполняемых различными видами сырья и их заменителями (материальными и функциональными). Определяются виды сырья, применение которых в ряде областей эффективнее других альтернатив. Намечаются важнейшие виды сырья и объемы их добычи. Эта стадия относится к технико-экономическим исследованиям. Устанавливаются физико-химические особенности продукции из выделенных видов сырья, обуславливающие наиболее эффективное выполнение определенных функций, т. е. определяются те элементы, химические соединения и микрокомпоненты, наличие которых обеспечивает необходимые свойства (электропроводимость, твердость, пластичность, теплоизоляционные свойства и т. д.). Данные вопросы находятся в компетенции представителей материаловедения.

Далее выделяются минералы и горные породы, содержащие требуемые элементы и вещества из числа уже известных и описанных наукой. Они рассматриваются вначале с точки зрения обеспеченности промышленными скоплениями традиционных типов месторождений. Затем на основе современных представлений химии, физики, геохимии, геологии, формируются гипотезы возможного происхождения пока неизвестных минералов, горных пород, прогнозируются генетические типы месторождений, которые могут содержать гипотетические виды минеральных проявлений требуемых веществ. Эта стадия — ключевая и требует большой квалификации и воображения. Примером построения таких гипотез может служить предложенная Д. И. Менделеевым идея о происхождении нефти — образование ее в результате реакции между карбидами металлов и парами воды, происходящей в условиях высоких температур и давлений, характерных для больших глубин. Д. И. Менделеев выдвинул эту гипотезу, основываясь на чисто химических

соображениях, без рассмотрения геологических условий залегания нефтяных и газовых месторождений. Впоследствии сторонники гипотезы неорганического происхождения нефти нашли ряд серьезных геологических аргументов, подтверждающих теоретическую догадку Д. И. Менделеева и позволяющих на ее основании расширить зону поисков залежей нефти и газа. Не вдаваясь в обсуждение гипотезы неорганического происхождения нефти, на этом примере хотелось бы показать, как научные идеи, рожденные вне геологии, могут служить практике геологоразведочных работ.

Другой пример почти «кабинетного» предвидения возможных скоплений полезных ископаемых — предсказание советскими учеными широкого распространения газовых гидратов на дне Мирового океана. Основанием для этой идеи послужили экспериментальные данные, нахождение единичных газогидратных залежей на суше и их следы в донных пробах. Все это позволило предположить, исходя из физико-химической обстановки в различных частях дна Мирового океана и условий гидратообразования, наличие таких образований на 90% акватории с запасами в 10^{18} м³.

Целый ряд месторождений новых типов мог бы быть открыт благодаря научному предвидению, если бы исследование шло от науки к практике, причем затраты на это были бы значительно меньшими. Например, золотоносность черносланцевых формаций можно было предвидеть, зная абсорбирующую способность частиц органического вещества, помещенных в многокомпонентный раствор.

Проверка теоретических предпосылок о возможном наличии месторождений полезных ископаемых определенного типа может привести к интересным практическим результатам. Так, исходя из общей теоретической схемы круговорота элементов в природе и диалектически взаимосвязанных процессов рассеяния — концентрации вещества, в одной из работ был прослежен путь от коренного источника золота — эндогенных месторождений, выведенных в кору выветривания, до осадков Мирового океана, проанализирован количественный аспект этого круговорота.

Ориентировочные подсчеты показали, что эндогенные месторождения золота различных генетических типов при эрозии оставляют в традиционных россыпных месторождениях не более одной пятой первоначального количества металла. Остальное золото либо в первичной тонкодисперсной форме, либо после истирания в россыпи крупного золота выносятся. Основываясь на физико-химических свойствах тонкодисперсного золота и его коллоидных растворов, сделано предположение о существовании стратиформных месторождений четвертичного возраста, где золото сконцентрировано в глинистых отложениях межгорных и прибрежно-морских впадин.

Исходя из такого предположения, сделана попытка проверить его на одной из золотых россыпей, приуроченных к высокоглинистым аллювиальным отложениям. Пробирным анализом установ-

лено, что после обычной промывки в исследованной пробе осталось золота почти в три раза больше, чем было извлечено при такой промывке. В некоторых других россыпях в «хвостах» промывки содержание золота было в 10 раз больше, чем извлечено промывкой.

Описанный механизм образования глинистых стратиформных месторождений золота с известной долей условности можно распространить и на формирование подобных месторождений других металлов — вольфрама, олова, редких земель. По особенностям условий формирования, с одной стороны, и по условиям отработки и опробования, с другой, предлагается рассматривать эти месторождения как промежуточные между коренными и типично россыпными.

Аналогично, опираясь на физические и химические законы взаимодействия отдельных элементов и горных пород в различной геологической обстановке, можно предсказать скопления и других минеральных веществ.

Правила теории изометрии позволяют предсказать наличие большого количества не известных еще сегодня месторождений сложного состава. И. П. Шарапов, приводя пример существующей классификации известных эндогенных месторождений молибдена, содержащей всего три класса (медно-молибденовые, молибденовые, вольфрам-молибденовые), задает вопрос: «Почему в этой классификации нет молибдено-медно-вольфрамовых месторождений? Невозможны они в природе или возможны, но еще не найдены? В последнем случае можно прогнозировать их открытие». Он считает, что эти три металла в принципе могут составить 11 сочетаний типов месторождений, в названии которых на последнем месте будет стоять наиболее ценный для конкретного месторождения металл.

Это, естественно, не означает, что все сочетания возможны, и предстоят дополнительные теоретические исследования и обоснования возможности или невозможности существования каждого из них. Следует отметить, что в природе, помимо запрещенных (т. е. невозможных) сочетаний и вариантов протекания тех или иных процессов, имеется большое количество явлений, имеющих вероятностный характер. Если говорить о проблеме прогнозирования новых генетических типов месторождений полезных ископаемых, то существует множество возможностей протекания различных процессов концентрации и последовательного обогащения вещества, ведущих к образованию высоких концентраций полезных компонентов, но в каждом случае реализуется лишь один. Вместе с тем, идя не от эмпирических, а от теоретических представлений, следует выделить достаточно представительное множество гипотетических процессов и исходов.

Последующие две стадии междисциплинарных исследований осуществляются параллельно. Одна из них состоит в геологической

оценке месторождений уже установленных в природе минералов и горных пород, содержащих необходимые для наиболее эффективного осуществления определенных хозяйственных функций элементы и химические соединения. Сюда входят как эксплуатируемые сегодня традиционные месторождения, так и нетрадиционные, разработка которых по техническим или экономическим причинам в настоящее время невозможна или нецелесообразна. Исследования на этой стадии необходимы для определения наиболее дефицитных видов сырья и выбора направления работ по выявлению их новых видов, а также для ориентации технической политики в освоении некоторых нетрадиционных ресурсов.

Другая, параллельная стадия заключается в интерпретации гипотезы о формировании принципиально новых типов руд и месторождений, спроецированной на современную геологическую обстановку. Обстановка отражается в терминах стандартной геологической информации, включающей: состав пород, характер контактов различных формаций и серий, морфологию различных геологических образований, следы действия различных геологических агентов, глубину залегания, мощность, относительные размеры различных геологических тел и многое другое. Естественно, что разнообразие и объем информации требуют приведения ее в определенную систему, пригодную для использования при решении стоящей перед нами задачи. Современные достижения информатики и вычислительной техники дают возможность использовать максимальный по количеству признаков и по территориальному охвату объем информации, полученный в течение всего периода геологических исследований.

Процесс интерпретации протекает по следующей схеме. Согласно выбранной гипотезе строится модель процесса формирования месторождения, описывающая его в геологических терминах на всем временном интервале, начиная от начала формирования до современной эпохи. Из описания выделяются те элементы, которые можно рассматривать как «следы» моделируемых процессов в современной геологической обстановке. Информационно-поисковая система позволяет выделить те районы, где имеется наиболее представительный набор таких «следов», находящихся в требуемом для данной гипотезы сочетании. В случае выявления таких районов в них можно рекомендовать постановку поисковых работ на определенные виды минерального сырья. Эта стадия выполняется геологами и специалистами в области прикладной математики и информационных систем.

Такая организация исследования требует большой работы по созданию информационной системы. Необходимо собрать, систематизировать и организовать в требуемом для данной задачи ключе значительный фактический материал, накопленный в течение всего этапа геологических исследований, т. е., как минимум, с начала текущего столетия. Очень важно правильно раз-

работать способы выделения и отражения в современной геологической обстановке многообразных процессов, которые предстоит смоделировать. Признаки, характеризующие такие процессы, должны быть достаточно универсальны, чтобы их можно было выделить из существующей разнородной геологической информации, но вместе с тем каждый из них должен отражать достаточно узкий круг процессов, чтобы его интерпретация не вызывала многозначности истолкования. Кроме того, эти признаки должны поддаваться кодированию (числовому, ранговому и т. д.).

Такая кропотливая подготовка информации должна себя оправдать, поскольку в целом она дает ряд преимуществ по сравнению с традиционным теоретическим обоснованием постановки поисковых работ. Последнее опирается на анализ предшествующего практического опыта и направляет поиски на выявление аналогов в сходных геоструктурных, палеографических, геохимических или других условиях. Возможность установления таких условий по мере выявления новых месторождений уменьшается, и эффективность поисковых работ падает. Предлагаемая схема исследования позволяет априорно установить основные районы определенной территории, перспективные на те или иные принципиально новые по составу или условиям залегания виды полезных ископаемых.

Это не значит, что все эти месторождения будут выявлены или каждый из перспективных районов окажется продуктивным. Скорее всего, будет открыта небольшая часть из прогнозируемых месторождений. Но при этом намного возрастет вероятность открытия именно новых типов месторождений. Их дальнейшие поиски будут базироваться на существующих теоретических и методологических подходах традиционного учения о полезных ископаемых. Открытие даже нескольких новых типов месторождений позволит резко повысить эффективность геологоразведочных работ. Кроме того, оценка перспективности всей территории будет способствовать более целенаправленному формированию пространственной структуры минерально-сырьевой базы, что сейчас имеет очень большое значение. Следует также отметить, что обобщение и систематизация такого колоссального фактического геологического материала имеет и самостоятельную ценность. В процессе этой работы и по ее завершению может быть получен ряд важных результатов в области теории и практики геологоразведочных работ.

После выявления месторождений новых типов предлагаемое исследование вступит в завершающую стадию, состоящую в экономической оценке альтернативных вариантов обеспечения различными видами сырья или выполняемых им функций с учетом наличия новых типов месторождений. В случае если их освоение окажется конкурентоспособным с другими альтернативами (традиционные месторождения, вторичные ресурсы, заменители, им-

порт, ресурсосбережение), дальнейшие поиски таких месторождений будут вестись уже на основе разработанных методов поисков и разведки полезных ископаемых.

2. ПРОГРЕССИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОСВОЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Опора на фундаментальные законы и использование достижений других наук имеют важное значение не только для прогноза новых генетических типов месторождений полезных ископаемых, но и для разработки теоретических основ их освоения. Особенно важно это именно для нетрадиционных ресурсов минерального сырья, для которых отсутствие приемлемых прогрессивных технологий освоения — скорее правило, чем исключение. Данная проблема имеет много аспектов, и мы на них еще остановимся, а сначала рассмотрим принципиальные теоретические подходы.

Одной из важных является проблема перевода горной массы в более благоприятное для последующей переработки физическое состояние, отличное от того, в котором она находится в пластовых условиях. Это актуально для применения новых методов эффективного извлечения сырья на поверхность. Прежде всего данный вопрос касается так называемых геотехнологических методов добычи, которые предполагают перевод горной массы или содержащихся в ней полезных компонентов в состояние, пригодное для их извлечения на поверхность через скважины. Владение подобными технологиями позволит начать эксплуатацию глубокозалегающих рудных тел, а также залежей других видов полезных ископаемых, разработка которых традиционным подземным способом технически невозможна или экономически нецелесообразна.

Перевод горной массы в подвижное состояние возможен различными способами, основанными как на методах воздействия на породу, так и на свойствах самой породы. Можно выделить четыре типа таких наиболее распространенных и экономически приемлемых методов — механический, химический, термический и бактериологический. Из их названий понятно, в чем принципиальная особенность каждого из типов. Однако агенты, с помощью которых осуществляется воздействие на пласт, могут быть различными. Так, механическое воздействие включает подземные взрывы, гидроразрыв, пескоструйную обработку и др. При химическом воздействии используются различные жидкости, химические вещества и растворители — от простой воды до сильных кислот, щелочей и поверхностно-активных веществ (применение последних вызывает не только химическое, но и физическое воздействие на пласт). Термические методы различаются как характером теплоносителя, так и способами воздействия — от горячей воды до подземного горения. Они способствуют не только повышению подвижности вещества (в случае вязкой нефти), но и переводу его

в другую фазу (выплавление серы, подземная газификация). При бактериологических методах используются бактерии различных спектров, способные аккумулировать или разлагать различные виды минерального вещества.

В угольной промышленности получила распространение гидродобыча. Основная проблема ее дальнейшего развития — разработка установок для создания значительно более высокого давления водяной струи, что позволит применять гидродобычу в условиях твердых пород. Широкое внедрение гидродобычи по сравнению с обычными методами позволит достигнуть более высокой производительности, лучше контролировать качество добываемого сырья, уменьшить расходы на вентиляцию, освещение и другие виды обслуживания, а также снизить затраты на контроль за состоянием горных пород в районе разработок.

Все большее внимание привлекает добыча полезных ископаемых путем растворения и выщелачивания, так как этот метод не требует строительства шахт. Данный метод предусматривает следующие основные звенья процесса: 1) вскрытие скважиной рудного тела; 2) подачу растворителя на забой скважины; 3) подъем раствора на поверхность через эту или соседнюю скважину. Натриевые и калиевые соли в силу их высокой растворимости в обычной воде — наиболее благоприятные полезные ископаемые для такой добычи. Их извлечение этим методом практикуется довольно широко и ведется до глубин свыше 3000 м.

Добыча других растворимых в воде солей и относительно легко растворимых руд металлов пока не имеет широкого развития из-за ряда нерешенных проблем, к главным из которых можно отнести: 1) слабую растворимость сульфидов и оксидов в воде; 2) утечку растворов в трещины пород; 3) последствия попадания химически активных веществ в окружающую среду; 4) незамкнутость системы, способствующую безвозвратной утечке растворов; 5) осаждение металлических соединений в фильтрующих каналах; 6) возможные дополнительные потери раствора. Еще предстоит разработка надежных методов образования первичных пустот для закачки растворителя, а также усовершенствование методов гидрометаллургии с целью полного извлечения всех элементов, заключенных в растворе. В то же время необходимо помнить, что выборочно растворяются только определенные компоненты, другие же безвозвратно теряются. Отметим основные преимущества метода растворения по сравнению с традиционными методами: 1) уменьшение затрат и времени на извлечение полезных ископаемых; 2) возможность эксплуатации глубокозалегающих месторождений с невысокой концентрацией полезного компонента благодаря низким затратам; 3) уменьшение вредного влияния на окружающую среду. Разработка методов добычи растворением и выщелачиванием может привести к новым более эффективным методам технологии добычи полезных ископаемых. Вместе с тем современное состо-

Таблица 25

**Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых
и области их применения**

Методы воздействия	Области применения геотехнологических методов	
	промышленных	полупромышленных
Растворение	Добыча калийных и каменных солей, соды, борсодержащих солей и др. (Канада)	Разработка рассолов (СССР, НРБ, ПНР, ЧССР, ГДР, США и др.)
Выщелачивание	Добыча меди, урана, и др. Переработка отвалов (СССР, Япония, США и др.)	Разработка глубокозалегающих месторождений меди (США) и месторождений сульфидных руд (СССР, Япония и др.)
Выплавка	Добыча серы (США, Мексика, СССР, ПНР, Ирак и др.)	Добыча серы
Газификация и возгонка	Подземная переработка угля, горючих сланцев (Великобритания, США и др.). Интенсификация притоков вязких нефтей, битумов	Осушенные месторождения серы, месторождения битумов, вязких тяжелых нефтей

яние нуждается в значительном усовершенствовании, а их будущее пока остается неясным.

Другой метод, позволяющий вести разработку глубокозалегающих месторождений с поверхности, — это раздробление рудного тела посредством ядерного взрыва с последующим выщелачиванием полезных компонентов из измельченной породы.

Подземная газификация угля и возгонка нефтяных сланцев также относится к методам эксплуатации с поверхности глубокозалегающих месторождений. Учитывая большие ресурсы этих ископаемых, следует ожидать (в случае успешной реализации этих методов) освоения новых крупных источников энергоресурсов и химического сырья.

У методов скважинной эксплуатации — большое будущее. Если обычные шахтные методы, даже с учетом перспектив их развития, позволяют освоить глубины не более 5500 м, то скважинные методы дают возможность эксплуатировать залежи на глубинах до 10 км. Однако эти методы нуждаются в дополнительных научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках.

В табл. 25 показаны основные процессы и степень освоения технологий разработки некоторых полезных ископаемых, используемых в настоящее время. Несомненно, что в будущем они будут использоваться шире. С их внедрением существенно улучшатся экономические показатели деятельности предприятий, экологические и социальные условия в горнорудных районах.

Одним из таких перспективных экологических способов добычи является метод подземного выщелачивания металлов, который

широко применяется при разработке урановых месторождений. По сравнению с традиционными способами разработки месторождений (карьер, шахта, штольня и др.), подземное выщелачивание полезных ископаемых имеет ряд преимуществ. При его использовании резко сокращаются затраты на дорогостоящие и трудоемкие работы по сооружению горных выработок; исключаются затраты на содержание хвостохранилищ; не нарушается земная поверхность; возникает возможность полной автоматизации процесса; повышается культура производства; в меньшей степени загрязняется окружающая среда; улучшаются санитарно-гигиенические условия труда; значительно сокращается промышленное и гражданское строительство; повышается производительность труда и снижается себестоимость конечной продукции.

Значительны перспективы использования геотехнологических методов добычи и извлечения для других важных полезных ископаемых, в частности, лития, рубидия и цезия — из редкометалльно-флюоритовых руд; лития и редких земель — из кор выветривания массивов щелочных сиенитов; фосфора, скандия, иттриевых земель и стронция — из фосфоритов и другого фосфатного сырья. Вполне реально попутное извлечение при промышленной добыче урана этими методами таких элементов, как скандий, рений, гафний, германий, иттрий, лантаноиды и др.

Чтобы успешно решить эту важную задачу, необходимо ускорить теоретические разработки метода подземного выщелачивания, создать научно-методические основы разведки и освоения месторождений, пригодных для разработки этим методом. Следует глубже изучить состав руд, научиться моделировать процесс выщелачивания, создать надежный инструментарий управления им. Потребуются разработка новых методов измерения механических, физических и химических свойств горных пород непосредственно на участках их залегания, прямое определение содержания в породах химических элементов, развитие методов контроля за распространением ореолов загрязнения.

Технология подземного выщелачивания полезных ископаемых способствует широкому использованию вычислительной техники, на основе которой могут быть созданы комплексные автоматизированные горные предприятия будущего. Однако для создания таких предприятий потребуются месторождения новых нетрадиционных типов. В частности, в качестве источника урана наиболее пригодны крупные инфильтрационные месторождения в пластах проницаемых рыхлых песчаников и песков, залегающих среди глинистых отложений (водоупоров). При незначительном содержании карбонатов в рудах такие месторождения могут весьма эффективно разрабатываться подземным выщелачиванием кислотными растворами через скважины.

Целесообразно отметить также успешно развиваемое в СССР новое направление — микробиологическую гидрометаллургию, с

помощью которой можно вести крупномасштабное извлечение цветных, редких, благородных и других металлов и химических элементов из забалансовых руд, отвалов горнодобывающих, обогатительных и металлургических предприятий, охранных целиков подземных горных выработок, бедных промышленных руд и отработанных месторождений полезных ископаемых.

В мировой практике, в том числе и в СССР, в настоящее время применяются следующие методы бактериально-химического извлечения меди, урана, цинка и других металлов: кучное, подземное и чановое выщелачивание. В промышленных масштабах подземное и кучное бактериально-химическое извлечение меди и урана из бедных забалансовых руд, отвалов обогатительных фабрик и горнорудных предприятий применяется в двадцати странах. В США, например, этими способами добывают около 20 % меди.

При микробиологическом выщелачивании сульфидные минералы (руды цветных металлов более чем на 90 % сложены сульфидами) окисляются и растворяются в сернокислой среде в присутствии хемолитотропных тионовых железooksисляющих бактерий. Из всех элементов Периодической системы Д. И. Менделеева 60 могут концентрироваться или рассеиваться микроорганизмами. При кучном выщелачивании меди из забалансовых бедных руд во многих странах (США, Канада, Португалия, Мексика, Испания, СФРЮ, НРБ и др.) себестоимость добытого таким образом металла в 2—5 раз меньше, чем себестоимость меди, получаемой из промышленных руд пирометаллургическим способом.

В СССР кучное и подземное бактериально-химическое выщелачивание меди, цинка и других металлов осуществляется из забалансовых руд и отвалов Коунрадского, Кальмакырского, Волковского, Николаевского и других месторождений. Себестоимость получения меди значительно ниже, чем известными способами. Успехи в развитии бактериальной гидрометаллургии позволяют по-новому оценить значительные запасы низкосортных бокситов, которые без предварительного обогащения не могут использоваться в настоящее время для производства глинозема наиболее эффективным методом Байера [47].

Впервые на роль гетеротрофных микроорганизмов в разрушении силикатных минералов (кремнезем является основной вредной примесью в бокситах) указывал в своих работах еще академик В. И. Вернадский. В 1939 г. силикатные бактерии были впервые в СССР выделены из почв профессором В. Г. Александровым. Штаммы их в дальнейшем использовались при исследовании бокситов Висловского, Смоленского и Высокопольского месторождений. Кремневый модуль в опытных исследованиях бокситов Висловского месторождения был повышен с 6,6 до 13.

Отработанные бактериальная жидкость и промывочные растворы содержат в основном соединения кремния и алюминия. Последний может быть извлечен в результате ионообменных или дру-

гих известных процессов. Очищенный от алюминия раствор, по данным В. Г. Александрова и М. И. Терновской, представляет собой эффективное удобрение, так как содержит в активной форме кремнезем, аминокислоты, органические кислоты и другие продукты деятельности микроорганизмов. Использование бактерий позволяет значительно увеличить эффективность выщелачивания металлов из отвалов и бедных руд. На Кальмакырском месторождении в присутствии тионовых бактерий из сульфидной руды было извлечено 41,6 %, а без бактерий — лишь 18,3 % меди.

Применение кучного выщелачивания позволяет получить определенный эффект при переработке старых отвалов или бедных забалансовых руд золота и урана. Например, в США кучное выщелачивание золота проводится из пород при среднем содержании этого металла 2,2 г/т. Золотосодержащие породы помещают в виде куч массой до 9 тыс. т на водонепроницаемую пленку и затем орошают раствором цианида. Осаждение золота производится в абсорбционных колонках, заполненных древесным углем. Далее золото десорбируют в горячих щелочных растворах и извлекают электроосаждением. За 60 сут выщелачивается до 70 % содержащегося в породе золота.

Удовлетворительные результаты при кучном выщелачивании золота из забалансовых руд получены и в СССР. В Канаде ведется промышленное бактериальное выщелачивание урановых руд месторождения Эллот-Лейк. Ежегодно добывается более 60 т U_3O_8 , стоимость которого составляет 0,69 долл/кг.

Большую роль в повышении эффективности использования нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов играет применение в процессе их обогащения специальных добавок или проведение специальной технологической обработки сырья, вызывающих направленное (в желаемую сторону) превращение порообразующих и рудных минералов. Происходящие при этом перекристаллизация, обезвоживание или другие какие-либо изменения состава, текстурных или структурных особенностей руд позволяют снизить энергозатраты на обогащение, получить дополнительный выход полезного концентрата или повысить его качество. Другой прогрессивный способ обработки первичных руд предполагает перевод полезных соединений или химических элементов в подвижное состояние, позволяющее эффективно отделить их от порообразующей матрицы. Определенные перспективы имеет разрабатываемый способ промышленной минералургии — получение в процессе обогащения и специальной обработки полезных минералов с заданными свойствами [50].

Другой путь предполагает превращение извлекаемых минералов в подвижное состояние, позволяющее отделить их от порообразующей матрицы. Возможны также добавки ряда веществ к исходному материалу, ведущие к изменению состава полезных минеральных компонентов в направлении, обеспечивающем кон-

трастность технологических свойств, достаточную для их отделения.

Переработка труднообогатимых руд требует отхода от сложившихся принципов обогащения, в основу которых положено разделение минералов без изменения их состава. Нетрадиционные методы обогащения имеют дело с искусственными минеральными фазами. Пока они применяются только при обогащении железных руд (обжиг, магнитная сепарация, окускование). По существу, речь идет о превращении обогащения в минералургию, процесс получения полезных минералов.

Основные теоретические проблемы минералургии связаны с поисками таких физических и химических процессов, которые помогли труднообогатимые руды сделать легкообогатимыми. По-видимому, наиболее перспективно здесь использование опыта экспериментальной минералогии, пирогидрометаллургической и керамической технологий; применение химических и физических методов для осуществления процессов минералообразования, аналогичных природным.

Предлагается выделять следующие методы превращения минералов: механические термо- и пирохимические; гидрохимические; биохимические (бактериальное выщелачивание). Несколько в стороне стоят криогенные методы (замораживание пород с целью выделения минералов в зависимости от коэффициентов их теплового расширения); однако в основу их положены те же свойства, которые проявляются и в некоторых природных процессах, например при кристаллизации из расплавов.

Выбор метода производится на основании анализа вещественного состава сырья и характера поставленной задачи. При этом используют возможность регулирования основных параметров процесса для максимального его приближения к теоретической модели.

Направленное изменение свойств минералов перспективно не только в обогащении, где цель этих изменений состоит в увеличении физических или химических различий (технологические свойства) компонентов, необходимых для последующего выделения. Оно применяется и непосредственно для придания минералам и горным породам, которые более не будут подвергаться глубокому преобразованию, нужных технических свойств, что в свою очередь дает возможность использовать в народном хозяйстве (в конкретных областях применения) сырье непосредственно после его первичной переработки. Аналогичные возможности имеются и для устранения первичных и вторичных дефектов монокристаллов таких минералов, как кварц, исландский шпат, берилл, корунд, алмаз и др.

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ НЕТРАДИЦИОННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Возможность вовлечения конкретных нетрадиционных минеральных ресурсов в народнохозяйственный оборот зависит от наличия эффективных технологий их добычи, переработки и потребления. Поскольку речь идет о ресурсах нетрадиционных, т. е. еще неосвоенных, для большинства из них технологии (или отдельные важные их звенья) еще не созданы; только некоторые находятся в стадии разработки научных основ и проектирования или промышленной апробации. По этим причинам пока еще трудно говорить о конкретных технологических решениях и тем более — об ожидаемых экономических показателях их промышленной реализации. Тем не менее освещение имеющегося в этих областях опыта важно и интересно.

Синтетическое жидкое и газообразное топливо, получаемое термическим воздействием на добытый из недр уголь. Геологические ресурсы газообразного и особенно жидкого углеводородного топлива ограничены в гораздо большей степени, чем ресурсы угля. Между тем высока потребительская ценность именно этих видов топлива. Нефть — источник «моторного» топлива, незаменимого для многих видов транспорта. Природный газ по сравнению с углем обладает не только более высокой теплотой сгорания, но и легче транспортируется на большие расстояния, а главное — более приемлем в экологическом отношении. Все это мотивировало длительные технологические разработки, целью которых было создание экономически эффективных способов преобразования угля в синтетические аналоги природной нефти и газа. Хотя это топливо и получено из столь традиционного сырья, как уголь, его справедливо можно рассматривать как нетрадиционное по способам своего получения.

Технологические аспекты решения проблемы переработки угля на синтетическое жидкое и газообразное топливо, хотя и не новы, но достаточно сложны. Если способы переработки угля в синтетический газ известны и опробуются (хотя и в не особо крупных масштабах) уже очень много лет, то изучению способов переработки угля в жидкое моторное топливо уделено несравнимо меньше внимания. Кроме того, конкретные проекты углеперегонных заводов весьма сильно зависят от природного качества перерабатываемых углей (а диапазон различий этого качества очень велик). Стоит остановиться и на экономическом аспекте рассматриваемой проблемы, так как именно она является ключевой. Во-первых, для создания мощностей по производству синтетического топлива (СТ) требуется крайне высокий уровень капитальных затрат. Во-вторых, все известные способы получения, по крайней мере жидкого синтетического топлива (СЖТ), на сегодня неконкурентоспособны по сравнению с природным чистым топливом. И, нако-

нец, в-третьих, в настоящее время нет опыта эксплуатации заводов СЖТ коммерчески оправданного размера. С учетом сказанного, реальные судьбы мер по созданию технологий и мощностей для выпуска СТ в значительной степени будут зависеть от уровней соответствующих затрат и возможностей их снижения за счет совершенствования технологии.

Выполненные преимущественно зарубежными исследователями оценки эффективности газификации и сжижения углей неодинаковы и зависят от исходных данных, положенных в основу сравнения, а именно они у разных исследователей неодинаковы.

Так, одна из групп зарубежных исследователей проводила сравнение затрат на получение СТ с затратами на добычу натуральной сырой нефти или природного газа. Выводы из таких сопоставлений с точки зрения долгосрочной перспективы нереальные, так как авторы исходят из посылки о бесконечности нефтяных запасов, т. е. что топливное нефтеснабжение может продолжаться во всевозрастающих масштабах до бесконечности при нынешнем уровне цен и нынешнем состоянии мирового нефтяного рынка. Несмотря на это, такие сопоставления важны, но только лишь для оценки масштаба факторов, удорожающих, по сравнению с нынешними временами, экономику будущего. Что касается сопоставительной оценки реальных альтернатив топливоснабжения потребителей, то сопоставления указанного типа вряд ли реалистичны и уместны: нефть не является универсальной альтернативой при перспективном рассмотрении проблемы. По нашему мнению, более реальны следующие альтернативы:

1) для потребителей моторного топлива — различные виды СЖТ и технологические способы получения СЖТ;

2) для потребителей низкотемпературного тепла — различные способы использования угля и других видов твердого топлива, т. е. непосредственное их сжигание или переработка в СТ;

3) для ряда нынешних потребителей электрической энергии — традиционные (угольные) тепловые электростанции (с обязательным вводом дополнительных дорогостоящих средств снижения вредных выбросов в окружающую среду), либо перевод этих потребителей с электроэнергетики на использование СТ, получаемого из того же угля.

Наконец, отдельно может рассматриваться вопрос о глубокой переработке угля в многочисленные химические продукты. Базой для таких сравнений может служить получение аналогичных продуктов из нефти.

Первая альтернатива отражает, по существу, заранее осознанную неизбежность частичного перевода потребителей моторного топлива на СЖТ, и речь идет лишь о сравнительных достоинствах отдельных вариантов его получения. Во второй и третьей альтернативах столь категоричной необходимости в переходе на СТ нет, и здесь действительно оценивается принципиальная его целесооб-

разность. Базой для сравнения является прямое сжигание угля. Получение побочных химических продуктов при производстве СТ из угля резко улучшает экономичность самого СТ и экологические его характеристики.

Проанализируем материалы по оценке затрат, связанных с переработкой угля в синтетическое газообразное и жидкое топливо.

В докладе Угольного комитета ООН [2] содержатся данные по вопросам экономичности газификации и сжижения угля. Согласно им, получение аммиака и метанола путем газификации угля сможет стать экономически эффективным по сравнению с нефтью и природным газом лишь в случае роста цен на эти продукты в несколько раз. Согласно проекту SASOL-II, капитальные затраты на установку второго поколения процесса сжижения составят 2 млрд долл. (доллары конца 1975 г.) в расчете на производство 100 тыс. баррелей/сут по сравнению с 0,2 млрд долл., необходимыми для нефтеперегонного завода той же мощности. Термическая эффективность переработки угля в жидкие продукты составляет лишь 70 % этой величины для нефтеперегонных заводов. Цена СЖТ типа Syncrude, вырабатываемого из британского угля стоимостью 10—15 фунтов стерлингов за 1 т, примерно равна 20—30 долл./баррель (в ценах конца 1975 г.). Следует, правда, отметить, что если по первоначальной схеме затраты на переработку в несколько раз превышали стоимость исходного перерабатываемого угля, то при более поздних технологических схемах они были примерно равны.

Ниже приводятся расчетные данные о стоимости различных видов синтетического топлива в долларах 1980 г. на 1 тыс. БТЕ¹ при норме возврата средств в 12 %. Для сравнения укажем, что стоимость западнотехасской нефти составляет — 2,1 долл за БТЕ.

Синтетическая нефть:	
из горючих сланцев	3
битуминозных песчаников	3,25
Синтетический газ с теплотой сгорания:	
высокой	4—6
средней	3—4
Синтетическое жидкое топливо из угля	3—5

Значительная капиталоемкость всех известных способов переработки угля в СТ определяется необходимостью обеспечения высоких температур и давлений с целью извлечения вредных примесей и повышения содержания водорода; требуются и существенные энергетические затраты. По данным расчетов одной из американских компаний, тепловой к. п. д. процесса получения синтетического газа с высокой теплотой сгорания составляет всего 53 %, а с учетом использования побочных продуктов он может быть

¹ БТЕ — британская тепловая единица; 1 БТЕ = 1,06 · 10³ Дж.

повышен до 70 %. При получении из угля жидкого синтетического топлива тепловой к. п. д. ниже (особенно при промежуточном производстве газа). На заводе SASOL (ЮАР) он составляет всего 48 %, а по проекту SASOL-II — лишь 43 %.

По данным ориентировочных расчетов Дж. Р. Боудена, типичные показатели капиталоемкости экономически приемлемых способов использования угля составляют от 0,21 до 0,36 долл. 1974 г. на млн. БТЕ. На основе этого он делает следующие выводы.

Наиболее эффективным способом использования угля по-прежнему является прямое его сжигание с очисткой отходящих газов скрубберами. В настоящее время невозможно выбрать наиболее эффективную технологию переработки угля в СТ ввиду их незначительных ($\pm 10-15\%$) различий по уровням капитальных затрат и тепловой эффективности. Основными факторами, которые повлияют на этот выбор, будут, скорее всего, региональные условия производства и потребления СТ, режимные характеристики и ряд неэкономических факторов, т. е. речь не будет идти о выявлении чисто технологической предпочтительности какой-либо одной схемы.

В докладе, представленном Комитетом по природным ресурсам ООН на его пятую сессию, обобщены опубликованные различными авторами оценки экономической эффективности переработки угля в чистое (газообразное и жидкое) синтетическое топливо [5].

Отметив неполную сопоставимость отдельных имеющихся публикаций, авторы доклада указывают, что стоимость установленного оборудования для газификации угля в промышленный или энергетический газ колеблется от 30 до 90 долл. на 1000 ккал/ч (1 ккал=4,2 Дж) теплового содержания газа. Сюда не входят затраты на очистку от серы и лишь в отдельных случаях включена стоимость извлечения взвешенных частиц. С учетом оборудования для десульфуризации стоимость возрастет с 140 до 200 долл на 1000 ккал/ч. Таким образом, капитальные вложения на десульфуризацию составляют главную долю затрат, связанных с получением низко- и среднекалорийного газа. Основанный на Лурги-процессе переработки угля завод с суточной производительностью 7 млн. м³ высококалорийного синтетического газа (ВСГ) потребует вложений около 0,5—1 млрд долл. Цены на высококалорийный синтетический газ (1,21—1,24 цента), определенные по имеющимся проектам, все еще неконкурентоспособны по сравнению с ценами на традиционные виды топлива, включая импортируемый в США сжиженный природный газ (0,9—1,03 цента на 1000 ккал).

Экономические оценки завода с газификацией угля по схеме Синтан по сравнению с ВСГ следующие: производство ВСГ из угля стоимостью 11 долл/т стоит 1,20 цент/1000 ккал, а из угля по 17 долл/т — 1,68 цент/1000 ккал.

В табл. 26 приведены расчетные «нижние» уровни цены на газ (в центах на 1000 ккал), получаемый из угля по схеме Синтан.

Таблица 26

Расчетные „нижние“ уровни цены на газ (цент/100 ккал), получаемые при газификации угля по схеме Синтан при различных нормах возврата средств

Стоимость 1 т угля, долл.	Форма возврата средств, %		
	12	15	20
	11	1,08	1,23
13	1,13	1,28	1,57
15	1,18	1,33	1,62
20	1,23	1,38	1,67
25	1,28	1,43	1,72

Примечание. Годовое производство газа—7 млн м³/сут при 330 рабочих днях в году. Капитальные вложения—518,5 млн долл. или 215 долл. на 1000 ккал/ч синтетического газа с теплотой сгорания 8300 ккал/м³

Таблица 27

Структура затрат по схеме Синтан

Процес	Затраты		% к итогу
	долл/м ³	цент/1000 ккал	
Обогащение	4,94	0,06	4,7
Газификация	58,26	0,71	55,0
Пылеудаление	5,30	0,06	5,0
Преобразование	5,30	0,06	5,0
Очистка	17,6	0,22	16,6
Метанизация	8,83	0,11	8,3
Компрессия	0,71	—	—
Сброс и отстойка вод	4,94	0,06	4,7
<i>В.его</i>	105,88	1,28	99,3

Примечание. Цена на газ определена из расчета 20-летнего срока службы завода с учетом возвратов от реализации серы (25 долл/т), аммиака (60 долл/т) и смолы (0,1 долл/галлон). Стоимость перерабатываемого угля в табл. 27 принята равной 13 долл/т.

Внутренняя поэлементная структура затрат по схеме Синтан представлена в табл. 27.

Приведенная в табл. 27 структура затрат довольно типична для различных способов производства ВСГ. Это объясняется тем, что основными статьями затрат во всех случаях являются газификация (50 %) и очистка газа (15—20 %). В отношении же общей величины затрат (цен) на производство ВСГ можно отметить, что эти оценки колеблются в широких пределах — от 1,2 до 2 центов на 1000 ккал, в зависимости от стоимости перерабатываемого угля, норм возврата на капитал, мощности и режима работы завода. Авторы доклада полагают, что находящиеся в опытной разработке технологические схемы второго поколения снизят стоимость производства СТ не менее чем на 15 %.

Крупным фактором, определяющим конкурентоспособность получаемого СТ, является уровень цен на перерабатываемый уголь или сланец. В том же источнике показана зависимость между существующими ценами на уголь (сланец) и ценой получаемого синтетического топлива (последняя базируется на уровне затрат по производству СТ)¹. Как видно, уровень цен на исходное топливное сырье оказывает огромное влияние на конкурентоспособность СТ. Выполненные ФЕА расчеты «минимально необходимого» уровня цен (в долларах 1973 г.) показали, что эта величина колеблется от 9,37 до 16,34 долл/т при подземном и от 3,78 до 10,19 долл/т —

¹ Затраты на добычу плюс проценты на дисконтированный капитал (15 %).

при открытом способе добычи, в зависимости от конкретных значений природных факторов. Расчеты 1975 г., выполненные Горным бюро США, дают значения цен от 13,26 до 16,83 долл/т (только подземный способ).

В 70—80-х годах цены на уголь весьма резко колебались. В первой половине 70-х годов среди основных факторов, сильно повысивших цену на уголь, можно отметить следующие: ввод ряда регулирующих актов в области повышения безопасности труда шахтеров и охраны воздушной среды; возросшие требования к рекультивации земель; резкий (хотя и временный) рост потребности в угле, обусловленный четырехкратным повышением цен на импортируемую нефть после эмбарго 1973 г. В результате этого цены на краткосрочные поставки угля возросли до 50 долл/т, что почти в пять раз превышало производственные затраты. В последние годы эти цены столь же значительно снижались до уровня, обусловленного реальными производственными (эксплуатационными и капитальными) затратами.

В работе В. Л. Муира систематизированы материалы, характеризующие состояние и перспективы работ, ведущихся в мире в области газификации угля и производства из него жидкого топлива. Приведены описания существующих и разрабатываемых технологических процессов и их расчетные экономические показатели. Расчеты стоимостных показателей базируются на результатах, полученных на пилотных заводах. Как уже отмечалось, затраты по газификации угля относятся к заводу с производительностью 7 млн м³ ВСГ в сутки, что при 330 рабочих днях в году соответствует 2,3 млрд м³ газа в год. Это — производительность завода, рассматриваемая как оптимальная для принятых в исследовании процессов и оборудования.

Капитальные затраты, относящиеся только к заводу по переработке угля (без стоимости угольной шахты и инфраструктурных затрат), рассчитаны (в долларах 1975 г.) западновирджинским подразделением Горного бюро США для трех типов схем (табл. 28).

При использовании Лурги-процесса эксплуатационные издержки зависят от стоимости перерабатываемого угля следующим образом: при стоимости угля 5,5 долл/т издержки составляют 1,8 долл/млн БТЕ, при 7,7—2,03 и при 9,9—2,23.

Расчетная цена на газ в зависимости от нормы возврата капитала дана в табл. 29.

Большой разрыв между уровнями отпускных цен и эксплуатационных издержек отражает высокие требования к прибыльности нового капиталоемкого производства. Стоимость ВСГ, производимого из угля, по этим оценкам (относящимся к 1975 г.) выше, чем природного газа, в странах, где он добывается, но она конкурентоспособна с газом, импортируемым в страну извне.

Таблица 28

Показатели газификации по трем типам технологических схем

Технологическая схема	Уголь	Теплота сгорания угля, БТЕ/куб. фут (37,26 кДж/м ³)	Капитальные затраты, млн. долл.
Лурги CO ₂ -асеп- тор	Нью-Мексико	934	737,5
	Полубитуми- нозный	965	526,9
Синтан	Лигнит	967	445,4
	Вайодак	940	643,4
	Питтсбург	927	520,2

Таблица 29

Расчет цены на газ в зависимости от нормы возврата капитала

Стоимость 1 т угля, долл.	Продажная цена на газ, долл./млн БТЕ при норме возврата капитала, %		
	12	15	20
5,5	3,43	3,99	5,02
7,7	3,63	4,20	5,22
9,9	3,84	4,40	5,44

Примечание. В расчетах учтены возвратные суммы от реализации побочно получаемых серы, аммиака, смолы и синтетической нефти.

Экономические показатели преобразования угля в СЖТ подвергнуты детальному анализу в Горном бюро США. Согласно их сведениям, при коэффициенте термической эффективности процесса 63,6 % и 9,35 млн т потребляемого в течение года угля, количество производимого СЖТ составляет 2,24 млн т, сульфата аммония — 54,5 тыс. т, серной кислоты 40,4 тыс. т, серы — 11,8 тыс. т. Капитальные затраты непосредственно по самому заводу оцениваются в 661 млн долл. (середина 1975 г.). В их числе затраты на строительство составляют 530 млн долл., а на начальный запас катализаторов — 2 млн долл. Таким образом, общая стоимость завода составляет 532 млн долл.; с учетом процента за время строительства и рабочего капитала (соответственно 80 и 49 млн долл.) эта величина и составляет 661 млн долл.

При расчете эксплуатационных издержек стоимость рабочей силы принята равной 6 долл./ч, налоги и др. — 30 %, норма амортизации — 5 %, возврат затрат на реализацию серы, сульфата аммония и серной кислоты соответственно 24, 45 и 20 долл./т. Эксплуатационные издержки зависят от стоимости угля и составят: при стоимости 1 т угля 5,5 долл. издержки на 1 баррель будут равны 8,95 долл., а на 1 млн БТЕ — 1,42 долл.; при стоимости 7,7 долл. — соответственно 10, 19 и 1,61 долл., при стоимости 9,9 долл. — 11,43 и 1,8 долл.

При затратах на уголь 5,5 долл./т стоимость исходного угля на 1 млн БТЕ теплового его содержания составляет 0,31 долл. Получаемая искусственная нефть обходится в 1,42 долл./млн БТЕ. Таким образом, переработка угля в СЖТ сопровождается увеличением затрат на единицу теплоты сгорания в 4,6 раза.

Совместное влияние стоимости угля нормы дисконта на отпускную цену на СЖТ показано в табл. 30.

Таблица 30

Расчетная отпускная цена на СЖТ

Стоимость 1 т угля, долл.	Отпускная цена* (долл.) при норме дисконта, %		
	12	15	30
5,5	15,59	18,03	22,37
	2,48	2,85	3,53
7,7	16,92	19,27	23,60
	2,67	3,04	3,73
9,9	18,16	20,50	24,84
	2,87	3,24	3,92

* В числителе цена на баррель нефти, в знаменателе на 1 млн БТЕ.

В работе [67] приведены расчетные затраты по каталитической гидрогенизации угля тремя альтернативными способами, первый из которых, в свою очередь, дан в трех вариантах. В целом, таким образом, рассмотрены пять вариантов (1—3 варианты базируются на единой технологической схеме с частичным окислением или газификацией угля при различном давлении). Мощность завода по всем вариантам составляет 25,5 тыс. т угля в смену. Капитальные вложения рассчитаны по всем основным процессам (табл. 31).

Расчет годовых текущих затрат по всем пяти вариантам приведен в табл. 32.

Таблица 31

Капитальные затраты по различным вариантам, тыс. долл.

Процесс	Варианты				
	1	2	3	4	5
Обогащение и прочие операции с углем	18 279	18 279	18 279	18 279	18 279
Сжижение	233 950	234 689	229 552	213 472	268 382
Получение:					
водорода	193 404	182 142	206 690	226 135	252 025
кислорода	41 748	41 748	45 866	45 866	41 748
серы	8606	8606	8605	9064	10 804
Вспомогательные операции (электроснабжение, производство пара, водоохлаждение)	48 139	56 904	65 280	70 173	60 575
Пиролиз	—	—	—	35 785	—
Итого финансируемые капитальные вложения	544 126	542 368	574 273	618 774	651 813
Рабочий капитал	54 413	54 237	57 427	61 877	65 181
Всего капитал	598 539	596 605	631 700	680 651	716 994

Таблица 32

Текущие годовые затраты по вариантам, тыс. долл.

Затраты	Варианты				
	1	2	3	4	5
Переменные	31 710	35 585	32 168	32 562	37 778
Постоянные	44 132	45 026	45 790	49 820	51 047
Компенсация затрат:					
на аммиак	—3817	—3817	—3909	—3921	—5174
на серу	—5617	—5560	—5585	—5938	—7892
Итого	66 408	70 234	68 464	72 523	75 759

Таблица 33

Расчетная выручка от реализации продукции по вариантам, тыс. долл.

Вид продукции	Варианты				
	1	2	3	4	5
Нефть	59 313	59 581	57 727	60 381	65 959
В.его, включая отпускаемый на сторону газ по подвариантам:					
А	66 189	65 861	62 037	64 016	70 791
В	68 422	67 430	63 638	68 681	79 073
С	59 313	59 581	57 727	60 381	65 959
Аммиак	166	166	170	171	225
Сера	684	677	680	723	961

В табл. 33 показана суммарная выручка от производства продукции по всем пяти сопоставляемым вариантам.

Подварианты А, В и С отражают разные возможности выбора вида топлива для подогрева пара. Подвариант А ориентируется полностью на использование (в качестве топлива) «внутренних» полупродуктов — летучих газов и др. Подвариант В предусматривает применение угольного топлива и отпуск летучих газов на сторону в виде одного из видов «продукции» (оцениваемой в баррелях нефтяного эквивалента). Подвариант С отличается от В тем, что опускаемый на сторону газ не включается в число полученных «нефтепродуктов» и оценивается по стоимости вытесняемого угольного эквивалента.

В табл. 34 приведены данные о влиянии на приведенные выше результаты цен на расходующую электроэнергию, катализаторы, химикаты и т. п. Числа в таблице показывают рост или снижение (—) общих затрат на получение 1 барреля синтетической нефти (в центах) в случае возрастания цены на соответствующий вид

Таблица 34

Возрастание затрат по вариантам при росте цен на ресурсы

Затрачиваемые (или производимые) ресурсы и элементы затрат	Рост или снижение затрат (цент на 1 баррель нефти) по вариантам				
	1	2	3	4	5
Электроэнергия	8,8	10,6	10,1	9,6	8,6
Катализаторы и химикаты	5,3	5,4	5,3	4,9	5,9
Живой труд (включая сопряженные с ним затраты)	5,1	5,2	5,4	5,6	4,6
Поддержание (4%)	9,7	9,8	11,0	11,0	10,0
Налоги и страховые сборы (2%)	4,8	4,9	5,5	5,5	5,0
Аммиак	-1,7	-1,7	-1,9	-1,7	-2,0
Сера	-2,5	-2,5	-2,7	-2,6	-3,0
Всего изменение текущих издержек, центы	29,5	31,7	32,7	32,1	29,1
То же, % к базовым текущим издержкам	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6

расходуемых ресурсов на 10 %. Рост цен на аммиак и серу, в отличие от цен на другие ресурсы, не увеличивает, а снижает удельные затраты на нефть, так как аммиак и сера относятся к числу получаемых конечных продуктов. Все расчеты выполнены для нормы возврата капитала 15 %, стоимости угля 20 долл/т и подварианта В использования топлива. Видно, что 10 %-ное увеличение цен одновременно на все виды рассматриваемых ресурсов приводит к повышению удельных затрат на 1 баррель нефти на 1,6 %.

Все расчеты выполнены для срока строительства завода три года, причем его мощность осваивается в год сдачи. В табл. 35 приведены итоги расчетов возрастания величины затрат для двух

Таблица 35

Расчет величины затрат при различных способах освоения мощностей

Цены, долл/баррель	Варианты				
	1	2	3	4	5
Базовая	18,611	19,031	20,722	20,318	18,459
Способ 1	<u>19,423</u>	<u>19,853</u>	<u>21,613</u>	<u>21,266</u>	<u>19,340</u>
	4,4*	4,3	4,3	4,7	4,8
Способ 2	<u>19,817</u>	<u>20,252</u>	<u>22,046</u>	<u>21,726</u>	<u>19,768</u>
	6,5	6,4	6,4	6,9	7,1

* В знаменателе дан процент прироста.

способов: 1) мощность осваивается за два года, соответственно на первом году 50 %, на втором полностью; 2) в первом году освоение мощности составляет 50 %, во втором — 75 %, в третьем мощность осваивается полностью. Из табл. 35 следует, что оба эти допущения (возможно, все равно чрезмерно оптимистичные) могут значительно увеличить затраты на получаемую нефть.

Единственным элементом технологической схемы варианта 1, для которого пока нет даже демонстрационных установок промышленного масштаба, является собственно сам завод по сжижению. При допущении вдвое больших капитальных затрат на его строительство общие вложения в комплекс возрастут с 598 до 856 млн долл., а «цена» на синтетическую нефть повысится с 18,61 до 22,28 долл./баррель¹.

Приведенные расчеты позволяют сделать ряд выводов.

1. Возрастание давления в установке снижает затраты на 1 баррель получаемой синтетической нефти, но по мере возрастания давления темпы снижения затрат уменьшаются вследствие растущих трудностей эксплуатации оборудования.

2. Модификация основной технологической схемы путем ввода пиролизной установки (вариант 4) практически не снижает затрат на баррель нефти.

3. Схема варианта 5 снижает непосредственные (учтенные в расчетах) затраты приблизительно на 1%. Следует, однако, добавить, что, помимо того, вариант 5 обладает рядом неучтенных выше преимуществ, связанных с более высоким качеством продукции и устранением отдельных ступеней фильтрации и загрузки угля.

Л. Л. Андерсоном и Д. А. Тилманом приводятся итоги экономических расчетов сравнительной эффективности получения СЖТ из угля. Расчеты базируются на 16-летнем сроке амортизации, 48%-ном федеральном налоге и норме дисконта 12% (табл. 36, в долларах 1976 г.).

Согласно расчетам, газ с низкой теплотой сгорания в рассмотренных (средних) условиях может конкурировать с другими топливными альтернативами. Приведенные в табл. 36 результаты, естественно, будут варьировать в зависимости от региональных условий, размеров предприятий и стоимости угля.

В ряде работ рассматривается лишь одна группа крупных потребителей энергии — бытовой сектор. Исследуются возможные затраты потребителей по двум вариантам их снабжения необходимой энергией для домашних бытовых установок. Оба варианта одинаковы по первичному источнику энергии — углю, но по первому варианту уголь перерабатывается в электроэнергию, а по второму — в синтетический высококалорийный газ. Расчеты вы-

¹ При исходной цене на уголь 20 долл./т, норме возврата капитала 15 % и подварианте В.

Таблица 36

Расчетные затраты на получение различных видов СЖТ, $\mu \cdot 10^6$ долл.

Затраты	Газ			СЖТ	
	низкой калорийности	средней калорийности	высокой калорийности	тяжелое	легкое
Капитальные вложения	200	350	1100	800	1250
Пусковые затраты	20	20	40	60	40
Рабочий капитал	20	20	40	60	40
Чистые текущие издержки в год	70	70	175	195	155
Общий годовой выпуск топливной продукции, 10^{12} БТЕ	50	40	95	130	90
Удельные затраты на 10^6 БТЕ, долл.	2,30	4,10	4,85	3,20	5,95

полнены для конкретных условий шести крупных городов США, расположенных в различных климатических зонах. Затраты рассчитаны по всему циклу процессов франко-потребитель, включая переработку угля, передачу и использование энергии. Расходы учтены за полный срок строительства и эксплуатации соответствующих установок. Они выполнены для двух предпосылок, первая из которых ориентируется на традиционную, а вторая — на прогрессивную технологии. Данные проведенных расчетов приведены в табл. 37 и 38.

Расчеты для всех шести рассмотренных городов показывают явное (в среднем в 2 раза) снижение затрат бытового потребителя синтетического натурального газа по сравнению с электроэнергией, получаемой из угля, — даже при самой прогрессивной технологии.

Отдельно для случая электрообогревания бытовых помещений были определены также необходимые капитальные затраты, которые при применении ВСГ оказались в 2,8 раза ниже. Поскольку

Таблица 37

Затраты франко-потребитель, долл. на 1 млн БТЕ полезной энергии, поставляемой в бытовой сектор

Город	Прогрессивная технология		Город	Прогрессивная технология	
	газ из угля	электроэнергия из угля		газ из угля	электроэнергия из угля
Атланта	4,94	7,45	Филадельфия	4,35	8,41
Конкорд	4,54	10,61	Сиэтл	4,05	8,73
Хьюстон	5,43	6,96	Тильса	4,49	7,75

Примечание. Для сравнения укажем, что затраты по традиционной технологии для Филадельфии составили: для газа — 6,95, а для электроэнергии из угля — 14,68 долл./млн БТЕ.

Таблица 38

Расчетные показатели эффективности двух вариантов

Показатели	Газификация угля	Получение из угля электро- энергии (с учетом затрат на скруб- беры)
Мощность, усл. ед.	250	3000
Годовой объем производства, усл. ед.	91,3	18,396
Капитальные затраты, млрд долл.	1,3	2,7
Погашение капитальных затрат, долл/млн БТЕ	2,34	7,05
Затраты на топливо, долл/млн БТЕ	0,72	1,31
Эксплуатационные издержки, долл/млн БТЕ	0,96	0,59
Возврат от реализации побочных продуктов, долл/млн БТЕ	-0,72	Нет свед.
Затраты на доставку энергии до потребителя и рас- пределение, долл/млн БТЕ	1,15	4,82
Общие затраты (цена), долл/млн БТЕ	4,45	13,80

Примечание. Доллары 1976 г.

в данных расчетах не учитывались различия в тепловой эффективности электрических и газовых теплоустановок (а у первых она выше), были выполнены дополнительные расчеты, позволившие их учесть. Они показали, что на одинаковое количество выполненной работы требуются различные капитальные затраты: при приготовлении пищи на электроплите — 175 долл. и на газовой плите — 122 долл. на установку; при сушке платья — 277 и 105 долл. соответственно; при водонагреве — 1339 и 577 долл. соответственно и т. д. (все расчеты выполнены на весь срок службы каждой установки).

Использованные в расчетах показатели термической эффективности процессов составили (в целом по всем процессам): при газификации угля — 36% и при получении электроэнергии из угля — 25%. Расчеты ориентировались на использование западноамериканского полубитуминозного угля и Лурги-процесса газификации, обессеривание отходящих газов при выработке электроэнергии и полезное использование попутных (энергетических и энергетических) продуктов газификации угля.

Для пяти рассмотренных способов получения СЖТ из угля важное значение имеет величина материальных потоков технологической схемы. В работе [67] приведены оценки экологических затрат, характеризующих, с одной стороны, натуральную потребность в угле и воде для производства СЖТ, а с другой — получаемые при этом выбросы в окружающую среду.

На разных стадиях производства СЖТ происходят как потребление, так и сброс воды (в последнем случае — загрязненной). В случае газификации вода потребляется при выработке синтетического газа и очистке сырого газа охлаждающими уста-

новками. Сброс вод при этом имеет место на скрубберах и охлаждающих установках, а также при получении метана. При выработке сжиженного топлива вода используется как поставщик водорода и охлаждающая жидкость. Величина удельного расхода воды сильно зависит от индивидуальных особенностей завода — главным образом от степени рециркуляции воды и масштабов использования водяного охлаждения.

Минимальный расход воды на производство ВСГ, по данным Р. Ф. Пробштейна, составляет 72 галлона ($3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$) на 10^6 БТЕ (при схеме воздушного охлаждения в тех же 90% охлаждающих установок). Процесс сжижения угля требует дополнительно как минимум 31 галлон воды на 10^6 БТЕ получаемого топлива. Это существенно меньше потребности в воде, возникающей при получении тех же 10^6 БТЕ в виде электроэнергии на тепловых станциях (146 галлонов).

Для производства $0,1 \cdot 10^{15}$ БТЕ из угля одним заводом требуется от 1,6 до 3,2 млрд галлонов воды в год. Исследования показали, что если потребности в воде сравнительно небольших заводов (производящих преимущественно газ с низкой теплотой сгорания в количествах до 10^{11} БТЕ в сутки) могут еще быть удовлетворены в большинстве регионов США, то при строительстве более крупных заводов необходимо будет ориентироваться лишь на наиболее водообильные регионы.

Одним из крупных доводов в пользу производства дорогостоящих газа и СЖТ из угля в США считаются соображения средоохранного порядка. Приводятся следующие сопоставления. Сжигание синтетического газа со средней теплотой сгорания приводит к выбросам NO_x и CO в количестве соответственно 40 и 48 *ppm*. При сжигании природного газа выбросы этих веществ достигают 60 и 70 *ppm*, а угля — еще больше. Вместе с тем существуют выбросы и при переработке угля в синтетическое топливо. Так, по опубликованным материалам, производство $0,1 \cdot 10^{15}$ БТЕ синтетического топлива из угля сопровождается выбросом в атмосферу около 400 т взвешенных частиц, от 2 до 8 тыс. т оксидов серы, 3,5—6 тыс. т оксида азота, 8—130 т углеводов, 250—450 т оксида углерода и 1—2 т альдегидов. При использовании технологии Фишера—Тропша аналогичные выбросы составят: частицы — 1600 т, оксиды серы — 26 тыс. т и больше, чем в предыдущем случае, объемы выбросов других компонентов. Вредные сбросы в воду складываются из взвешенных частиц, растворенных и органических веществ, включая фенолы. Все указанные выбросы, а также величина «теплового загрязнения» в значительной мере зависят от конкретного обустройства технологических процессов и способа охлаждения (водяное — воздушное). Количество получаемой золы (от 3300 до 8400 т на 1 млрд БТЕ произведенного топлива) определяется типом углей и общей эффективностью процесса переработки.

Приведенные данные свидетельствуют, что преобразование углей в синтетическое топливо не устраняет полностью имеющихся проблем, связанных с охраной окружающей среды, однако облегчает их решение. Так, в процессе этой переработки содержащаяся в угле сера имеет тенденцию связываться с водородом с образованием H_2S . Что касается процессов прямого сжигания угля, то здесь имеет место переход серы в SO_2 , гораздо хуже улавливаемую из отходящих газов. Общий объем газов при переработке угля любым из рассмотренных способов меньше объема отходящих газов от прямого сжигания угля. Возможности снижения выбросов в водный бассейн хорошо видны на примере одной из технологий, основанной на способе Фишера — Тропша: строящийся в настоящее время завод спроектирован с учетом полного отсутствия сбросов воды.

Подсчитано, что для обеспечения выполнения установленных в ряде штатов США экологических стандартов необходимо затрачивать до 6% энергии, получаемой при переработке угля. По данным Миллса, капитальные затраты при этом возрастут на 26%.

В банке данных ресурсной группы ИИАСА содержатся данные о расчетных технико-экономических параметрах и ресурсоемкостных характеристиках процессов строительства и эксплуатации завода по получению СЖТ (Synсrude) из угля. Данные относятся к способу «Н-cool process» (США). Термокаталитическая переработка угля в СЖТ в реакторе происходит при 2700 psig и 850 °F. Проектная мощность завода 1,365 млн м³ СЖТ в год (8,59 млн баррелей в год). Срок строительства завода — 5 лет. Капитальные вложения — 412,5 млн долл. третьего квартала 1974 г. (включая 330 млн долл. прямых строительных затрат; остальное — оплата земли, налоги, проценты). Ресурсные затраты периода строительства составляют:

рабочая сила, чел.-лет	3500
материалы, т:	
цемент	5442
бетон готовый	43540
трубы металлические	9980
стальные конструкции и изделия	5360
оборудование (включая моторы):	
насосы, т	690
компрессоры, т	6000
охлаждающие поверхности, тыс. м ²	149
котлы, ккал/ч	$2,52 \times 10^9$
всего металлоконструкции, строительные материалы и оборудование, тыс. т	436,9
алюминиевые изделия	1,315
вода для изготовления бетона и бытового потребления млн. м ³	0,70
земля, км ²	0,3

Считается, что в период нормальной эксплуатации завод должен потреблять 2,98 млн т иллинойского угля калорийностью

6000 ккал/кг в течение года и 28 390 л воды ежеминутно. Удельные расходы важнейших видов ресурсов на 1 м³ получаемой нефти составляют:

рабочая сила, чел.-ч	0,93
материалы, долл.	3,03
погашение стоимости оборудования, долл.	1,26
электроэнергия, кВт-ч	203,9
топливо для тепловых процессов, ккал	5871
вода, м ³ :	
ввод	9,849
потребление	3,497
выход	6,352
земля, м ²	0,879

Суммарные текущие годовые затраты следующие (млн долларов 1980 г.): материалы — 4,1; оборудование — 1,72; электроэнергия, вода и топливо — 5,08. Численность персонала завода: рабочие — 522 чел.; прочий персонал — 116 чел. Проектный объем производства продукции составляет: СЖТ (20—25° API) — 1,365 млн м³/год; сера — 102,2 тыс т в год; аммиак — 32,5 тыс. т в год.

В исследовании сопоставляются экологические воздействия двух альтернатив использования угля (получение высококалорийного газа и выработка электроэнергии) в расчете на одинаковое количество получаемого полезного тепла (табл. 39).

Таким образом, на долю завода по газификации угля приходится около 1/10 доли выбросов в атмосферу, приносимых тепловой электростанцией с наилучшей технологией охраны окружающей среды. Такой завод требует в 5—10 раз меньше воды, чем тепловая (угольная) или атомная электростанция, и дает существенно меньшее количество зольных отходов. Проведенный большой объем исследований, касающихся вопросов эффективности

Таблица 39

Экономические показатели двух альтернатив использования угля

Показатель	Завод по получению ЕСГ из угля (250 млн. куб. фут/день)	Тепловая электростанция на угле со скрубберами (300 кВт)
Выбросы в атмосферу, куб. фут/ч:		
частицы	180	1070
SO ₂	450	4300
NO _x	1780	20 830
CO ₂	90	1200
CH _x	30	360
Потребность в воде, акр-футов (1,2·10 ³ м ³) в год	6300	54 300
Зольные отходы, т/сут	1400	5100

переработки угля в газообразное и жидкое синтетическое топливо и апробации крупномасштабной переработки угля в искусственное газообразное и жидкое топливо в США и ряде других капиталистических стран, позволяет сделать следующие выводы.

1. Технологическая доступность крупномасштабной переработки угля (в первую очередь в газообразное, но также и в жидкое топливо) не вызывает сомнений.

2. Главным «узким местом» проблемы является высокий уровень затрат, особенно капитальных. По сравнению с нефтью и природным газом СТ на сегодняшний день в целом экономически неэффективно.

3. Разрабатываемые в настоящее время передовые технологические методы способны снизить затраты на переработку угля в СТ приблизительно на 20 %. Однако и в этом случае абсолютный уровень удельных затрат по производству СТ в просматриваемой перспективе останется высоким.

4. Расходы на получение СТ сильно зависят от величины удельных затрат на добычу перерабатываемого угля, которая в разных странах и бассейнах разнится в десятки раз. Поэтому и возможная эффективность переработки угля в СТ в различных регионах будет весьма неодинаковой (вплоть до изменения знака оценки).

5. Сравнительная конкурентоспособность СТ со временем будет сильно зависеть от динамики цен на нефть и природный газ.

6. Для отдельных групп потребителей, ныне ориентирующихся на электроэнергию, получаемую при сжигании угля, переход на синтетический высококалорийный газ, получаемый переработкой того же угля, экономически эффективен уже сейчас. Таким потребителем в первую очередь является коммунально-бытовой сектор народного хозяйства.

8. Имеющиеся оценки соответствующих затрат получены преимущественно расчетным путем и лишь для опытных установок малой мощности. Различия по уровням затрат у большинства рассматриваемых в настоящее время технологических схем переработки угля в СТ не настолько велики, чтобы какой-либо из этих схем можно было отдать наибольшее предпочтение.

9. Большое влияние на выбор технологии и на общую эффективность получения СТ будут оказывать различия в природном качестве перерабатываемых углей (химический состав, теплота сгорания, наличие вредных примесей) и региональные особенности, определяющие ту или иную полноту возможной утилизации побочно получаемых вторичных продуктов. Получение и реализация этих продуктов могут стать одним из основных факторов повышения эффективности производства СТ.

10. Для эффективного управления качеством перерабатываемого угля, получения достаточно широкой номенклатуры производ-

ных продуктов и в конечном счете благоприятной экономики СТ целесообразна организация предприятий в виде технологически единых горно-химических комбинатов. Для угольной промышленности СССР такой тип предприятия будет совершенно новым.

11. Синтетическое топливо, получаемое из угля, очень выгодно отличается своей экологической чистотой — как на стадии производства, так и при последующем потреблении.

Газ и синтетическое жидкое топливо из угля и горючих сланцев, получаемые методом подземной газификации. Одно из перспективных направлений получения синтетического газообразного и жидкого топлива из угля — применение скважинно-химической (бесшахтной) технологии, предусматривающей перевод угля в газообразное состояние непосредственно в недрах, без предварительного извлечения его на поверхность. Этот способ гораздо менее разработан, чем получение СЖТ из добытого угля. Известные в настоящее время процессы получения из угля СЖТ условно подразделяются на четыре группы.

1. Ожижение угля растворителями (спирт и т. д.) с получением жидких углеводородных продуктов.

2. Косвенное сжижение, включающее газификацию угля с последующим синтезом метанола либо углеводородов по методу Фишера — Тропша

3. Пиролиз угля, включающий его полукоксование и последующую гидрогенизацию жидких продуктов.

4. Прямая гидрогенизация угля.

По сравнению с углем продукты его ожижения представляют интерес не просто как альтернативное сырье для нефтехимического производства, а являются экологически более чистым топливом.

Идея подземной газификации углей (ПГУ) была высказана еще Д. И. Менделеевым. В СССР и ряде других стран накоплен некоторый опыт ее технического воплощения. Идея подземной газификации углей вызывает интерес со многих точек зрения: «грязное топливо» — уголь преобразуется в сжигаемый без золы остатка и поллютантов газ; полностью устраняются тяжелые подземные работы. Предполагалось, что капиталоемкость ПГУ будет ниже, чем капиталоемкость подземной добычи угля: бурение скважин — процесс гораздо менее дорогостоящий, чем проходка и поддержание протяженной сети горных выработок на обычной шахте. К сожалению, практическая реализация этой, на первый взгляд, достаточно простой и эффективной идеи оказалась далеко не столь легко достижимой. Проводимые опытно-промышленные исследования так и не обеспечили стабильность процесса горения угля в недрах — главным образом из-за большой изменчивости горно-технических условий залегания угольных пластов. Кроме того, весьма низкой оказывалась и теплота сгорания получаемого из угля газа. Экономические показатели газификации угольных

пластов были неудовлетворительны. На фоне открытых в это время в СССР крупных запасов дешевого и высококалорийного природного газа продолжение опытов по подземной газификации углей было принято нецелесообразным, и эти работы прекратились.

Позднее к ПГУ обратились в США. Это было связано с событиями нефтяного кризиса, когда уголь вновь предстал как спасительный, практически неограниченный источник энергии. США купили советские лицензии на ПГУ, но пошли, однако, по пути разработки собственных технологий. В литературе последних лет не содержится подробных сведений о ходе этих работ. В СССР с начала 80-х годов идея ПГУ получила новое развитие в высказанной акад. В. В. Ржевским идее проекта «Углегаз», предусматривающей комбинацию традиционных способов добычи основной части наиболее эффективных запасов угля в пределах шахтного поля с последующей «доборкой» целиков и участков угольных пластов с неблагоприятными условиями методом ПГУ.

Известны также предложения по получению из угля синтетического жидкого топлива. Некоторые из этих (пока никак не опробованных) предложений базируются на скважинном вскрытии угольных пластов, нагнетании через группы скважин растворителя угля и последующей откачке полученной нефтеобразной жидкости на поверхность через скважины. Идея о переводе угля в СЖТ непосредственно в пласте весьма привлекательна, но следует, однако, признать, что реализация ее несравненно более сложна, чем извлечение из горных пород самых высоковязких нефтей.

В качестве источника возможного получения искусственного жидкого топлива издавна, хотя и в основном теоретически, рассматривались и горючие сланцы. Технологии получения СЖТ из сланцев разрабатываются в ряде западных стран уже более 30 лет. Известно несколько методов эффективной внутрислоевого перегонки горючих сланцев. Один из давно апробированных способов добычи жидких углеводородов заключается в прокачке разогретого рабочего агента (горячей воды, пара, углекислого газа, фенола, спирта, толуола, бензина и т. д.) через естественные и искусственные трещины в сланцевом пласте между нагнетательными и эксплуатационными скважинами.

Для подземной перегонки горючих сланцев используют внутренний (процесс горения в пласте) или внешний источник тепла (закачка горячих вытесняющих агентов). Необходимую для протекания процесса подземной перегонки сланцев трещиноватость создают в процессе проходки подготовительных горных выработок и скважин, а также — гидроразрыва пласта, дробления сланцев обычным взрывчатым веществом и с помощью ядерных взрывов. Технические и технологические особенности указанных процессов подробно описаны в работе [68]. Пик этих исследований и работ по созданию опытных установок приходится на 70-е годы. Ряд крупнейших нефтяных монополий «Галф ойл», «Экс-

сон», «Шелл», «Мобил ойл» и др. образовали в 1971 г. из паевых началах корпорацию «Парахо девелопмент», осуществлявшую две крупные программы технологических НИР и ОКР в штатах Колорадо и Юта (США). В 70-х годах ретортным способом было произведено более 16 тыс. т синтетического жидкого топлива.

Американская кампания «Оксидентал Петролеум» в эти же годы разработала технологию извлечения СЖТ из горючих сланцев непосредственно в недрах путем создания подземных «реторт» и термической переработки сланцев в процессе подземного горения. В двенадцати последовательно создавшихся ретортах было получено около 15 тыс. т жидкого топлива. В начале 80-х годов в США осуществлялись 14 различных крупных проектов получения СЖТ из сланцев. Предполагалось, что к 1990 г. будет производиться таким способом до 50 млн т СЖТ ежегодно; к 2000 г. объемы производства СЖТ из сланцев в США намечалось увеличить до 25 млн т по минимальному сценарию и до 240 млн т по максимальному. Требуемые капитальные вложения при этом должны были бы соответственно составить от 22 до 350 млрд долл. Считалось, что наиболее крупными ограничениями при осуществлении такой программы могут стать большая потребность в воде (до 1 млрд м³), а также экологические проблемы. В некоторых долгосрочных прогнозах предполагалось, что доля синтетических нефти и газа в общем топливном балансе США составит к 2000 г. около 12%. Несмотря на эти прогнозы, позднее, в 80-е годы, указанные проекты были пересмотрены и в основном сняты с повестки дня.

Более практичными на сегодняшний день оказались осуществляемые в США работы по внутрислоистой переработке горючих сланцев¹. Большое внимание уделено так называемой вертикальной модифицированной *in situ* (МИС) технологии, предусматривающей переработку 80—60% сланцев в СЖТ в подземных ретортах и выдачу остальных 20—40% сланцев для аналогичной переработки в надземных установках. Данная технология была разработана компанией «Оксидентал Петролеум» и испытывалась в шт. Колорадо. Хотя потери керогена в подземных ретортах достигали 50%, невысокая стоимость горных работ делала эту технологию эффективной. По калькуляциям 1975 г. удельные капитальные затраты на сооружение МИС-установки составляли 480 долл., а эксплуатационные расходы — 51 долл. на 1 т сланцевой смолы. Следует, однако, отметить исключительно благоприятные условия залегания горючих сланцев на рассматриваемых участках: при небольшой глубине залегания мощность сланцевого пласта достигает многих десятков метров, что, собственно, и предопределяет

¹ Здесь и ниже использованы материалы отчета делегации специалистов (А. С. Астахов, Г. Г. Пигнастый, М. А. Сургучев, И. П. Эпик), участвовавших в IV Международной конференции ИИАСА «Мировые ресурсы горючих сланцев и их возможное использование», — г. Голден, США, 1981 г.

возможность применения такой («вертикальной») схемы проведения горных работ в пределах участка. В штате Колорадо компания «Рио Бланко ойл шейл» совместно с другими американскими фирмами подготовила к запуску комбинированную установку по переработке сланцев. Подземная переработка сланцев предусматривалась по МИС-технологии, поверхностная — в ретортах «Лурги-Рургаз» (ФРГ). В предпусковом состоянии была МИС-реторта с площадью сечения 330 м² и высотой 120 м, рассчитанная на проектную производительность 1000 баррелей сланцевой смолы в сутки. Всего проектом «Рио-Бланко» в то время предусматривалось производство ретортами МИС 2,5 млн т СЖТ в год (50 тыс. баррелей в сутки) и надземными ретортами «Лурги-Рургаз» 1,3 млн т в год (26 тыс. баррелей в сутки).

В 70-х годах, когда страны Запада все еще находились под впечатлением нефтяного кризиса, предполагалось промышленное использование более десяти различных технологий термической переработки горючих сланцев в СЖТ. По данным компании «Эксон», запасы горючих сланцев и углей в США позволят обеспечивать в течение 175 лет производство СЖТ на уровне 750 млн т в год (в единицах нефтяного эквивалента). Специалисты компании полагают, что для реализации этой программы потребовалось бы не менее 30 лет, требуемые капитальные затраты составили бы 850—1500 млрд долл. (в ценах 1980 г.). На осуществление программы было бы задолжено более 1,1 млн человек. Позднее, в связи с улучшением общеэнергетической обстановки в США, программа была полностью снята с повестки дня, однако проведенные технологические разработки не теряют своего значения и на сегодняшний день с точки зрения более отдаленных перспектив.

Метан угольных месторождений. Технологические способы извлечения метана угольных месторождений хорошо известны и широко применяются на практике. Дегазация угольных пластов в пределах подготовленных к выемке участков обычно осуществляется при помощи газоотводящих скважин. В зависимости от природной метаноносности и газопроницаемости угольных пластов и вмещающих пород в скважины поступает от 30 до 50% содержащегося метана и других природных газов. С технологической точки зрения не представляет трудностей и использование каптированного газа. Однако здесь на первый план выступают экономические показатели. К сожалению, не весь каптируемый метан в настоящее время может быть использован как топливо. Часто содержания его в смеси бывают довольно низкими, изменчива и концентрация.

По подсчетам А. Т. Айруни, Л. М. Зенковича и других исследователей, выполненным в 1986 г., ежегодно во всем мире при добыче угля выделяется около 22—23 млрд м³ метана. В одиннадцатой пятилетке из добываемых подземным способом углей ежегодно выделялось метана (млрд м³): в Донецком бассейне 2—

2,5, в Кузнецком — 0,8—1 и в Печорском — 0,5—0,6 (не считая выделений из пластов-спутников и пород).

В 1985 г. при дегазации угольных пластов в СССР было извлечено 1,7 млрд м³ метана, который частично использовался в котельных установках. В двенадцатой пятилетке, по прогнозам В. Ф. Твердохлебова, В. А. Колесника и других авторов, количество ежегодно утилизируемого метана при подземной разработке угольных пластов и дегазации вмещающих пород могло бы составить от 3,5 до 4 млрд м³.

Морская добыча нефти и газа. Разработка техники и технологии морской добычи прогрессирует. В 1960 г. на морских нефтепромыслах (без СССР) было получено около 12% мировой добычи нефти, к 1980 г. доля этой добычи составила 25—30%, а к 1990 г. прогнозируется на уровне 35—40%. Снизить высокую себестоимость морской добычи углеводородов можно путем разработки и осуществления прогрессивных геофизических методов поисков, сокращающих объем дорогостоящего бурения, а также за счет внедрения новых эффективных способов разработки.

К настоящему времени предложены различные варианты разведочного и эксплуатационного бурения в условиях континентального шельфа:

- искусственные насыпные и намывные острова различных типов, в том числе и с опорной стенкой;

- искусственные ледяные острова и платформы соответственно для мелко- и глубоководных районов;

- мобильные и стационарные буровые установки, преимущественно конусного типа, в районе ватерлинии;

- выведенные из эксплуатации морские суда, притопленные на мелководье;

- буровые суда с подводными якорными нишами;

- буровые суда с якорной системой стабилизации, обеспечивающей ориентировку носовой оконечности навстречу дрейфующим льдам;

- обычные буровые суда со специальными арктическими приспособлениями;

- платформы на воздушной подушке;

- полупогружные буровые установки с системой динамического позиционирования, оборудованные мощной энергетической установкой;

- донные добывающие комплексы;

- туннельно-камерный способ.

Принципиально новый туннельно-камерный способ добычи нефти предложен специалистам США для месторождений, расположенных в непосредственной близости от берега.

Ниже приводится распределение капитальных вложений по различным видам работ при камерном проекте разработки мор-

ского нефтяного месторождения в арктических условиях (в млн долл.).

I. Проектирование и разработка системы «Отакс»	10
II. Строительно-монтажные работы	313
1. Монтаж оборудования у устья штольни (дороги, аэропорт, резервуары и т. д.)	35
2. Строительство жилых помещений (100 тыс. долл./чел.)	80
3. Проходка двух туннелей и 8 камер (объем работ 597 тыс. м ³ при стоимости 65,4 долл./м ³)	34
4. Удаление породы на поверхность (объем работ 497 тыс. м ³ при стоимости 13,08 долл./м ³)	47
5. Облицовка бетоном при стоимости 261,59 долл./м ³	50
6. Прокладка труб, изоляция трубопровода, электропроводка при стоимости 3281 долл./м	55
7. Бурение 96 скважин и их обустройство (исключая зарплату) при стоимости 300 тыс. долл./скв.	48
8. Устройство системы вентиляции	4
III. Оборудование	40
1. Энергосиловая установка (три турбогенератора по 15 тыс. кВт каждый)	5
2. Оборудование для проходки туннелей и облицовки (две установки), в том числе некоторые затраты на конструирование	4
3. Транспортное оборудование (30 единиц)	1
4. Оборудование по технике безопасности (заглушки, шлюзовые камеры, системы контроля, система аварийного отключения, переходы)	30
IV. Прочие непредвиденные расходы (10 % всех затрат)	36

В целом при протяженности туннеля в 16 км и глубине его заложения в 600 м от морского дна капитальные вложения оцениваются на уровне 400 млн долл.

Расчеты показали, что применение туннельно-камерного способа добычи при разработке шельфовых участков месторождения Прадхо-Бей позволит окупить вложенные средства за счет выручки от реализации нефти и газа за 5 лет. Чистый доход при многолетней эксплуатации нефтяных и газовых месторождений таким способом может оказаться весьма значительным. При этом упрощается оборудование промысла, снижаются объемы бурения. Не влияют на процесс добычи штормовая и ледовая обстановка, более надежно защищается от загрязнения окружающая среда.

Арсенал техники и технологии добычи нефти и газа на шельфе включает также применение автономных и управляемых с поверхности погружных систем, оснащенных манипуляторами. По мнению специалистов, есть возможность использовать автоматические, телеметрические системы, создать над устьем скважин искусственные оболочки.

Потребность в поисково-разведочном бурении на нефть и газ в различных океанических условиях и на все больших глубинах привела к созданию буровых установок принципиально новых конструкций (самоходных полупогружных, судов-катамаранов и др.). Они обеспечивают проведение исследований в неблагоприятных условиях океанической среды и могут эксплуатировать-

ся длительное время без дополнительного обеспечения. Среди новых технических решений следует отметить применение автоматических систем прокладки курса, стабилизации бурового судна, а также устройств для повторного ввода бурильного инструмента в скважину в глубоководных условиях работ и компенсатора вертикального перемещения судна. На многих современных морских буровых установках используют автоматическую или полуавтоматическую систему подъема труб при спуско-подъемных операциях.

Если поисково-разведочные работы на больших глубинах морей и океанов не вызывают особенных трудностей, то организация эксплуатации месторождений нефти и газа потребовала многочисленных разработок. В настоящее время существуют три типа оснований платформ глубоководных эксплуатационных систем: стационарные, с натяжными системами крепления и плавающие. Основные факторы, способствующие сокращению сроков строительства и окупаемости значительных капитальных вложений, — установка платформ на опорные плиты с предварительно пробуренными скважинами, использование подводных и плавучих эксплуатационных систем. Однако ни одно из этих решений не считается радикальным для глубин 500—1000 м. Стоимость содержания подобных установок весьма различна. В условиях Северного моря она составляет: 100 млн долл/год (для стационарных платформ) и 150 млн долл/год для платформ с растяжками и 20 млн долл/год для плавающей эксплуатационной системы.

Среди нефтегазоносных бассейнов акваторий значительными потенциальными ресурсами обладает арктический шельф нашей планеты. При освоении этих ресурсов помимо обычных технических и экологических проблем, с которыми сталкиваются на морских месторождениях углеводородов, новой сложной проблемой является производство работ в ледовых условиях. Вообще ледовый покров как наиболее сложный и специфический элемент природной среды Арктики не считается непреодолимым препятствием для промышленного освоения ресурсов шельфа. Для разработки арктических месторождений в районах с различным спектром природных условий к настоящему времени предложено свыше 50 проектов эксплуатационных оснований [64].

Состояние разработки подавляющего большинства из них находится на стадии технического предложения или проекта, рабочего или эскизного проектов, а осуществлены были только некоторые из них. Все эти проекты оснований по способу сопротивления давлению льдов делятся на три основных класса:

основания, устанавливаемые на морское дно и снабженные фундаментом, на который воздействует ледовая нагрузка;

плавучие основания, давление льда в которых воспринимает корпус и якорная система, если она имеется;

основания островного типа, устойчивость которых достигается с помощью песка или гравия.

Среди неплавучих (стационарных) оснований по типу конструкций различаются гравитационные (большинство), свайные и комбинированные. Отличительной чертой гравитационных оснований является большой диаметр фундамента, обеспечивающий устойчивость конструкции и относительно малый диаметр сечения опорной колонны на уровне моря, благодаря чему ледовая нагрузка снижается до минимума.

Плавучие основания не рассчитаны на таранное воздействие льдов, но значение их для исследования глубоководных районов моря очень велико; кроме того, при критической ледовой обстановке они могут перемещаться в безопасное место.

Для оснований островного типа разработано большое число проектов, в том числе и островов многоразового использования, на строительство которых можно применять различный материал. В настоящее время предпочтение отдается кессонам, в качестве которых могут использоваться бетонные блоки или стальные кольцевые конструкции.

В зависимости от глубины моря предлагаются примерно следующие области применения оснований различного типа: 0—50 м — гравийные насыпные острова; 0—80 м — песчаные намывные острова; 50—250 м — основания островного типа многоразового использования; 20—300 м — гравитационные основания; 300—500 м — конструкции конической формы; свыше 500 м — плавучие основания.

К перспективным направлениям освоения морских арктических ресурсов нефти и газа может быть отнесена также разработка донных добывающих комплексов.

При поисково-разведочном бурении, наряду с насыпными (намывными) островами, буровыми судами и платформами, успешно используются искусственные ледовые острова и платформы для размещения бурового оборудования. При организации поисково-разведочных работ ведущая роль в комплексе инфраструктуры принадлежит транспорту, среди которого наиболее дешевым является водный, а наиболее дорогостоящим — воздушный.

В результате выполненных исследований и практических работ за рубежом определилась генеральная стратегия освоения нефтегазовых ресурсов арктических акваторий: обеспечение разведки, добычи и транспортировки углеводородов по возможности в течение круглого года. Эта задача чрезвычайно сложна, так как ни США, ни Канада не располагали опытом проведения работ в осенне-зимних условиях Арктики. Обеспечение круглогодичного цикла работ в арктических условиях предопределяет повышенные требования к созданию соответствующих морских технических средств.

Изучение зарубежного опыта освоения арктических ресурсов нефти и газа позволяет обратить внимание на следующие важные тенденции, определившиеся при решении этой задачи.

Между началом поисково-разведочных работ в нефтегазоносном бассейне и выходом на планируемый уровень добычи существует длительный интервал, достигающий 20—25 лет. Весьма характерно, что даже на арктической суше это интервал для гигантского месторождения Прадхо-Бей, освоение которого гарантировало значительную прибыль, составил 10 лет. В Арктике с момента реализации проекта, до ввода месторождения в эксплуатацию в среднем проходит 14 лет.

С целью рационального выбора наиболее перспективных на нефть и газ участков проводится значительный объем геофизических исследований. Ведущая роль которых признается сегодня всеми без исключения исследователями.

Определилась опасность ввода в эксплуатацию месторождения на ранней стадии разведки, из-за возможного последующего существенного неподтверждения предварительных оценок запасов, что создает предпосылки некупаемости миллиардных затрат на сооружение стационарных эксплуатационных оснований. По этой причине своевременно была отложена реализация планов разработки нефтяного месторождения Тарсьют в море Бофорта. Для рентабельной разработки месторождения Тарсьют необходимо, чтобы извлекаемые запасы нефти составляли 80—160 млн м³, однако бурение показало, что они не превышают 56 млн м³. Последующая разведка этого месторождения окончательно решит вопрос о возможности его эксплуатации.

Наблюдается значительное удорожание всех стадий освоения ресурсов нефти и газа и весомое преобладание (70—75%) в структуре капитальных вложений затрат на сооружение эксплуатационных оснований (по проектным оценкам). В результате сейчас рентабельными для освоения являются только крупные (150 млн т и более) высокопродуктивные месторождения, расположенные на небольшой глубине и вблизи уже существующей транспортной сети (США, море Бофорта).

При отсутствии трубопровода минимальный порог запасов удваивается. Например, стоимость одной скважины в море Бофорта в 10—15 раз превышает аналогичные расходы в Мексиканском заливе. Самая дорогая поисковая скважина в море Бофорта была пробурена на структуре Муклук в 1983—1984 гг. Она оказалась непродуктивной, хотя предполагалось, что будет открыто месторождение нефти с запасами порядка 220—675 млн т (по другим оценкам даже 675—1350 млн т). Ее стоимость вместе с искусственным островом 120 млн долл., тогда как в Северном море затраты на проходку поисково-разведочной скважины составляют 6—10 млн долл. Затраты на сооружение в норвежском секторе Северного моря в водах глубиной 146 м на нефтяном месторождении Статфьорд третьей бетонной нефтедобывающей гравитационной платформы типа «Кондан», рассчитанной на обслуживание 42 скважин, составляют 2,3 млрд долл. (оценка). Поэтому ло-

гичным выглядит противопоставление освоению нефтегазовых ресурсов на арктическом шельфе в качестве альтернатив добычу тяжелой и производство «синтетической» нефти, которые в этой ситуации станут конкурентоспособными.

Исследование процессов освоения арктических ресурсов проводится с анализом максимального числа возможных вариантов разведки, добычи и транспортировки арктических углеводородов с учетом комплекса геологических, технических, экономических и других предпосылок, которые используются для разработок комплексных долгосрочных проектов полного цикла освоения ресурсов нефти и газа для заблаговременного сопоставления затрат на освоение с их возможными результатами. При выполнении таких исследований, основывающихся на системном подходе, широкое применение получают методы экономико-математического моделирования на ЭВМ различных систем и процессов. В этом плане характерным примером может служить разработанный компанией «Петро-Канада» широко известный план, получивший название «Арктик пайлот проджект» и предусматривающий создание комплекса добывающих, перерабатывающих и транспортных средств для поставки газа на месторождения Дрейк Пойнт на о. Мелвилл в восточную часть Канады.

Освоение нефтегазовых ресурсов североамериканского континентального шельфа сопряжено с решением сложных геологических, научно-технических, социально-экономических, экологических и других проблем. Необходимость успешного решения их определяется значительным удорожанием всех видов работ в суровых арктических условиях, задачей формирования постоянного населения и обеспечением возможно лучших условий его проживания, а также разработкой комплекса природоохранных мероприятий. Многие из этих проблем будут присущи и евроазиатским районам Северной полярной области Земли, поскольку они обусловлены объективными факторами, действующими повсеместно. К числу наиболее важных проблем можно отнести следующие.

В ледовых акваториях поисковые работы на нефть и газ необходимо обеспечить значительным фондом подготовленных структур (на порядок больше, чем для аналогичных объектов на суше) с целью установления приоритетности их разбуривания не только по величине перспективных ресурсов (категория C_3 в СССР), но и по наличию реальных средств для организации эксплуатации в конкретных районах акваторий. Установка на разведанных месторождениях дорогостоящих нефтегазопромысловых сооружений требует более высокой, чем на суше, подтверждаемости разведанных запасов.

Ограниченный расчетный срок (20—25 лет) службы обычных морских нефтегазопромысловых сооружений, сокращающийся при освоении месторождений нефти и газа в ледовых акваториях, диктует необходимость разработки ускоренных технологических схем

добычи углеводородов. Весьма сложной и дорогостоящей будет и процедура демонтажа ледостойких эксплуатационных оснований. Решение проблемы освоения глубоководной части арктического шельфа, очевидно, следует искать в использовании донных добывающих комплексов и специальных плавающих систем.

В общих чертах определилась проблема транспортировки из Арктики больших объемов углеводородов, в качестве возможных решений которой на стадии предварительного проектирования рассматриваются трубопроводы различного диаметра, крупнотоннажные водоизмещающие и полупогруженные суда, а также крупнотоннажные танкеры подледного плавания. Эта проблема изучается в США и Канаде уже 15 лет, но она еще далека от своего окончательного решения.

Создание технических средств для сбора, откачки, транспортировки и ликвидации разлитой нефти в ледовых условиях находится еще на стадии предварительного изучения. Это обстоятельство не может не вызывать беспокойство в нашей стране, учитывая, что при возможном разливе нефти в море Бофорта циркуляция вод и льдов будет способствовать перемещению нефтяных загрязнений на акватории, прилегающие к побережью СССР.

В связи с этим возникает проблема изучения возможных негативных последствий нефтяного загрязнения вод и льдов Арктики, которая находится еще на стадии самых предварительных гипотез, но имеет глобальное значение, учитывая возможное существенное влияние нефтяного загрязнения арктических льдов на климат всей нашей планеты.

По-прежнему для освоения арктических ресурсов актуальной остается задача поисков и разработки новых, нетрадиционных технических средств и технологических способов, возможно даже фантастических с позиций сегодняшнего дня, но позволяющих выявить принципиально новые альтернативы, не ограничивая принятие решений выбором лучшей среди уже известных.

Таким образом, можно сделать вывод, что при определении возможных направлений и конкретных мероприятий по освоению арктического шельфа требуется применение комплексного анализа, сочетающего, как минимум, восемь аспектов: геологический, природно-климатический, технико-технологический, экономический, экологический, социальный, политический и организационный. Учет всех этих аспектов важен в одинаковой мере, хотя, безусловно, определяющими и первичными в этой цепочке являются природно-климатические и геологические условия арктического шельфа. Вместе с тем, дальнейшие темпы освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа будут определяться, с одной стороны, естественным истощением и ухудшением качества сырья в зонах с благоприятными природными условиями, а, с другой стороны, новыми техническими возможностями добычи и транспортировки арктических углеводородов благодаря научно-техническо-

му прогрессу. Вероятнее всего нефть и газ из морских месторождений североамериканской Арктики поступят в хозяйственный оборот в крупных объемах только в начале XXI в. При этом необходимо учитывать, что с 1982 г. мировая потребность в нефти стабилизировалась на уровне 7,15 млн м³/сут, в то время как нефтедобывающая промышленность легко может давать 9,54 млн м³/сут, что безусловно вызывает уменьшение интереса к новым нефтедобывающим районам.

Нетрадиционные ресурсы природного газа. В настоящее время рассмотрен ряд принципиально возможных технологий разработки скоплений природного газа в геологических формациях низкой проницаемости, в зонах повышенного (аномального) пластового давления и газогидратов. В первую очередь это относится к ресурсам углеводородного сырья, залегающим на очень больших глубинах в условиях повышенного горного давления.

К числу таких технологий в первую очередь относятся методы создания зон повышенной проницаемости (эксплозивный, гидро-разрыв пласта и др.), а также обработка пород кислотами, растворителями, другими химическими и бактериальными препаратами, комбинированное кислотно-механическое и гидравлическое воздействие на породы. Отдача пластов, согласно ряду теоретических расчетов, может возрасти при этом в 4—6 раз.

В зонах повышенного горного давления, как уже отмечалось, залегают также большие количества термальных вод, содержащих метан в концентрации насыщения (до 35—40 м³ метана на 1 м³ воды). Такие воды представляют собой потенциальные источники получения сразу трех видов энергии — тепловой и кинетической энергии вод и метана. Величина этой энергии пропорциональна пластовым температуре, давлению и обратно пропорциональна солености подземных вод, которые извлекаются из недр через скважины. Искользованные воды, сохраняющие повышенную соленость, закачиваются обратно в недра — в другие проницаемые водоносные горизонты.

Возможная по идее технология использования рассматриваемого вида ресурсов — скорее всего, комбинированная. Извлекаемые из недр термальные воды пропускаются через сепаратор, где из них извлекается метан, далее они служат целям тепло- и электроснабжения. Некоторая часть полученной энергии, естественно, расходуется на собственные нужды принятой технологической схемы.

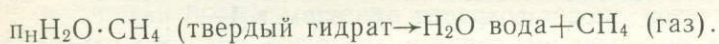
В нашей стране предложение о возможности использования растворенных в подземных водах углеводородных газов было впервые выдвинуто в 1963 г., когда было рекомендовано использовать выделенный из термальных вод метан для их подогрева. В те времена в Японии добыча растворенного в подземных водах газа составляла 1/3 общей добычи газа (около 300 млн м³). Рентабельное извлечение метана обеспечивалось здесь при газонасы-

щенности вод в 1,2—2,7 м³/м³. Подаваемые с помощью газлифта или погружных насосов газодержащие рассола после сепарации метана использовались для получения йода.

В США рентабельным считается использование пластовых вод с газовым фактором более 7 м³/м³ и дебитом 3 тыс. м³/сут из коллектора с проницаемостью более 0,02 мкм², содержащего 12 км³ воды с температурой более 150 °С и минерализацией менее 60 г/л.

В СССР промышленное использование углеводородных водорастворенных газов, по данным разработок В. Н. Корценштейна, возможно из искусственных газовых залежей, создание которых осуществимо за счет следующих методических приемов: снижения пластового давления в системе перепусков газонасыщенных вод из высоконапорных в низконапорные; с помощью высаливания растворенных газов при увеличении минерализации газонасыщенных вод, нарушением фазового равновесия предельно газонасыщенных систем пластовыми сверхмощными взрывами и др.

Одним из наиболее крупных перспективных источников углеводородных и других природных газов являются газовые гидраты. В принципе технологические способы переработки газовых гидратов в рабочее топливо базируются на реакциях типа



Энергия на осуществление данной реакции должна доставляться извне и составляет, по данным теоретических расчетов В. А. Куускраа и Р. Ф. Мейера, около 10% теплоты сгорания получаемого газа [67].

В настоящее время запатентовано несколько способов разработки газогидратных залежей. В основе всех способов разработки материковых газогидратов, перекрытых непроницаемыми породами, лежит один общий принцип — перевод непосредственно в залежи газа из гидратного в свободное состояние, с последующим отбором его традиционными методами. Разрушение газовых гидратов может быть достигнуто за счет снижения пластового давления, а также в результате теплового, химического, электрокаустического и других способов воздействия на газогидратную залежь. Свободный газ выводится на поверхность через скважины с поддержанием необходимых изотермических параметров и большими объемами попутно получаемой из гидратов воды.

Проведенная в 1970—1976 гг. опытно-промышленная эксплуатация Мессояхского газового месторождения в районе г. Норильска показала эффективность совместной разработки свободной газовой и газогидратной залежей. За указанный период из месторождений было отобрано более 9 млрд м³ газа, в том числе около 2 млрд м³ из газовых гидратов.

Освоение громадных ресурсов газовых гидратов имеет много еще нерешенных технических и технологических проблем.

Вязкие нефти. Значительная часть выявленных геологических ресурсов нефти приходится на ее разновидности с повышенной вязкостью (выше, скажем, 30 МПа·с). Применение традиционных технологий добычи (включая добычу с поддержанием внутрипластового давления путем закачки воды либо газа) оказывается малоэффективным. Конечная нефтеотдача пласта при этом не превышает 20%.

Одно из важных технологических направлений эффективного вовлечения месторождений высоковязких нефтей в эксплуатацию — использование термических (тепловых) методов повышения нефтеотдачи пластов. Приоритетное значение здесь имеет метод паротеплового воздействия на пласт, который применяется для более полного извлечения не только высоковязких нефтей. Большие перспективы связываются с внедрением третичных методов интенсификации притока углеводородного сырья (рис. 23) и повышения конечной нефтеотдачи продуктивных пластов.

Промышленные испытания и совершенствование научных основ и технологии применения данного метода в СССР были начаты еще в середине 60-х годов на ряде сильно истощенных к тому времени залежей высоковязких нефтей.

Широко используются термические методы на месторождениях тяжелых нефтей и битумов США, Венесуэлы и Канады. Большое значение, придаваемое данным методам, определяется тем, что на долю тяжелых нефтей и битумов в этих странах приходится свыше 200 млрд т запасов, что составляет значительную долю всех мировых запасов нефти (по некоторым оценкам — более половины). Освоение этого нетрадиционного ресурса жидкого углеводородного топлива имеет крайне важное значение. Известен ряд крупных действующих проектов, позволяющих добывать более 1 млн т нефти в год с отдельного месторождения методом термического воздействия на пласт. В Калифорнии (США) из 36 млн т добываемой тяжелой нефти половина приходилась на долю тепловых методов.

В США и в Венесуэле наиболее технологичным и эффективным считается метод вытеснения тяжелой нефти непрерывным паротепловым воздействием на пласт. Процесс термического воздействия начинается с циклических паротепловых обработок призабойных зон эксплуатационных скважин. Затем, когда очередные циклические воздействия становятся малоэффективными, переходят на непрерывную подачу пара в скважину. В середине 80-х годов в западных странах существовало около 100 различных проектов паротепловой обработки скважин, позволяющих получать до 20 млн т высоковязкой нефти в год. В США было разработано около 140 новых проектов паротеплового воздействия на нефтеотдачу общей стоимостью 7,3 млрд. долл.

Отечественный и зарубежный опыт уже сегодня показал, что в ближайшем будущем непрерывное вытеснение тяжелых нефтей

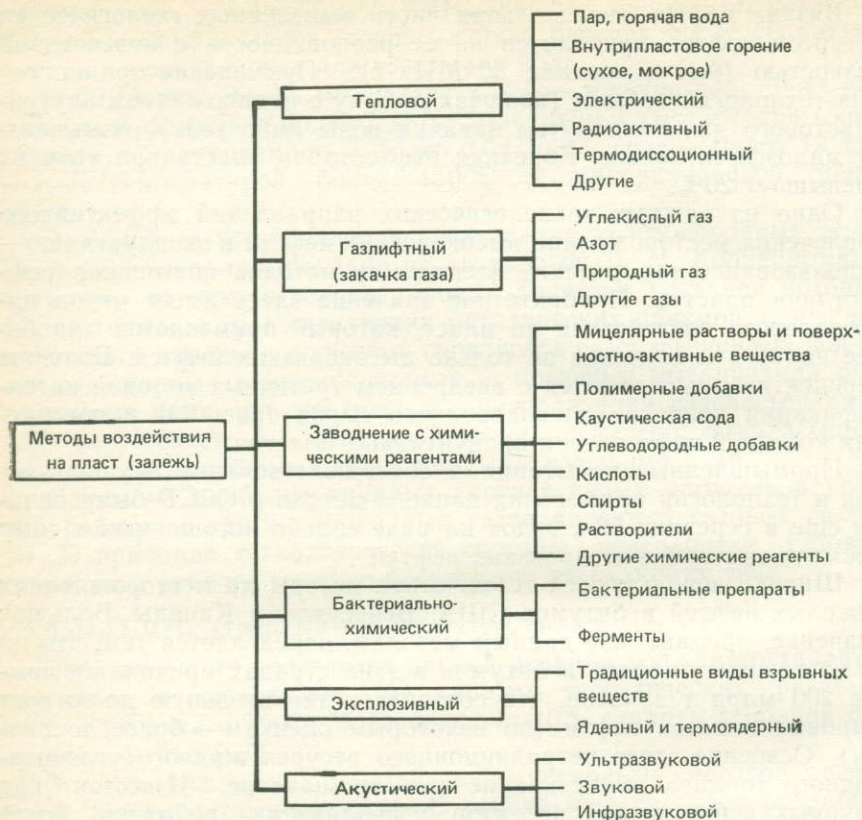


Рис. 23. Третичные методы повышения извлечения и интенсификации притока углеводородного сырья

паром получит дальнейшее развитие. Метод позволяет повысить коэффициент нефтеотдачи на 20—30% по сравнению с традиционной технологией нефтедобычи. Эффективность методов возрастает, если они начнут применяться уже на ранних стадиях эксплуатации залежи. Эта эффективность тем значительней, чем выше вязкость нефти.

Основная доля затрат (от 15 до 50% всех расходов) при использовании термических методов повышения нефтеизвлечения приходится на энергетические затраты.

По мнению специалистов, метод нагнетания пара наиболее эффективен при глубине залегания пластов до 1400 м и вязкости нефти до 15000 мПа·с. Дебит скважины возрастает в 6—10 раз через несколько месяцев после начала обработки паром. Конечная нефтеотдача по залежам тяжелых и высоковязких нефтей оценивалась в 33—35%, а для отдельных пластов — до 70%. Сам

по себе фактор вязкости нефти, столь негативно сказывающийся на полноте извлечения нефти при традиционной технологии добычи, по данным наблюдений, существенно не влиял на конечную нефтеотдачу при применении метода паротеплового воздействия на пласты. Расход пара на 1 т добываемой нефти во всех проектах составлял от 2,7 до 5 т.

Существенные технологические трудности, связанные с применением методов термического воздействия на нефтесодержащие пласты, заключаются в том, что обычное, серийно выпускаемое нефтяное оборудование не выдерживает присущих паротепловому методу температурных нагрузок. При подъеме вязких нефтей известными способами возникают значительные трудности, связанные с гораздо большими, чем обычно, гидравлическими сопротивлениями системы, снижением к. п. д. насосов и газлифтной системы и др. Трудности существуют и при подборе оборудования скважин для подъема нефти на разных стадиях тепловых процессов и т. д. Решение многих из этих проблем пока еще впереди.

Гораздо менее освоен в настоящее время один из перспективных методов теплового воздействия на нефтяные пласты — метод внутрипластового горения. По имеющимся данным, процесс внутрипластового горения протекает нестабильно, труднорегулируем и капиталоемок, сопровождается выделением агрессивных газов.

Значительная проблема при использовании термических методов — необходимость подачи теплоносителя на большие глубины (характерные для большинства нефтезалежей), в результате чего неизбежно возникают значительные потери тепла и общие паровые энергозатраты существенно возрастают. Кроме того, такая технология требует каждый раз индивидуальной параметрической привязки к конкретным (весьма разным) условиям залегания нефти в недрах. Тем не менее перспектива активного вовлечения в оборот запасов тяжелых и вязких нефтей столь заманчива, что технологические поиски в этой области, бесспорно, будут развиваться.

В последнее время получили широкое распространение исследования по химической и бактериологической обработке пластов. При химической обработке используются различные кислоты, растворители — аммиак, озон, перекись водорода и др. С их помощью повышается проницаемость призабойной зоны и продуктивного пласта трещин, усиливающие отдачу углеводородного сырья. Бактериологической обработке подвергаются отработанные пласты нефтяных месторождений. Специально подобранные бактерии, питаясь органикой и остаточной нефтью и выделяя при этом метан и диоксид углерода (что в свою очередь увеличивает подвижность остающихся в пласте флюидов), позволяют получить дополнительные количества нефти и природного газа.

Битуминовые пески и песчаники. Битуминовые пески (песчаники) отличаются от песчаных пород, содержащих тяжелые неф-

ти, большей вязкостью нефтяного или битуминозного компонента, а нередко и рядом других свойств. Известные технологические способы извлечения жидкого топлива из битуминозных песчаников варьируют в соответствии с их природными характеристиками. Битумы не обладают способностью течь в естественном состоянии. В песчаных породах к тому же отсутствуют и протяженные каналы, по которым мог бы течь битум. Эти породы весьма неоднородны, и извлечение из них битума требует крупных энергетических затрат.

При незначительных глубинах залегания битуминозные пески могут в принципе разрабатываться открытым методом¹, при этом по обычно применяемой в данном случае технологии, т. е. крупными драглайнами, роторными экскаваторами, с применением гидровскрыши. Далее осуществляется двухстадийный термический (с помощью горячей воды и пара) процесс извлечения битума из добытой массы. Затем полученный битум обрабатывается в центрифугах и подается на обогатительную установку, где путем обогащения исходного битума водородом или удаления углерода повышается отношение водорода к углероду вплоть до получения коммерчески пригодного СЖТ.

При более глубоком залегании битуминозных песчаников, согласно ряду предлагавшихся проектов, нефтяная их компонента может извлекаться непосредственно в недрах, т. е. *in situ*. Согласно накопленному в Канаде (пров. Альберта) и США (шт. Юта) опыту, наиболее приемлемы из существующих методов два — метод нагнетания пара и метод горения.

В первом случае нагнетание пара в пласт может осуществляться как циклически, так и непрерывно. Принцип метода горения по идее мало чем отличается от принципа подземной газификации углей. Обогащенный кислородом воздух нагнетается в пласт через скважину и обеспечивает выгорание части битума. Остающаяся часть битума при нагревании обретает меньшую вязкость и выдается через специальную скважину. Далее выданный на поверхность продукт подлежит обогащению.

Один из факторов, удорожающих получение СЖТ из битуминозных песчаников, — значительное потребление воды на «вымывание» битума. Воду из хвостовых отстойников к тому же пока не удается использовать повторно, нельзя ее и сбрасывать в водоемы, так как очистить воду от твердых частиц и битума трудно. Бедность водных источников в регионе (например, шт. Колорадо, США) может стать препятствием к внедрению этого метода добычи.

¹ По высказываниям К. Ф. Хеддона, президента «Грейт канадиан ойл сэндз лимитед», открытый способ добычи и переработки битуминозных песков в условиях пров. Альберта (Канада) эффективен лишь при линейных коэффициентах вскрыши не больше 1:1 и содержании битума в песках не менее 8% (по массе).

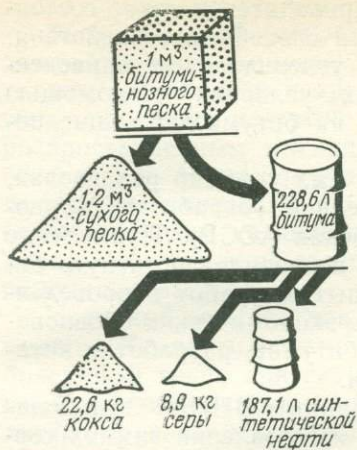


Рис. 24. Продукты переработки битуминозных пород месторождения Атабаска по проекту «Ойлсендз»

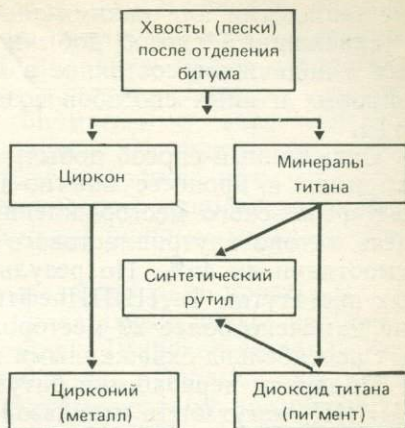


Рис. 25. Промышленное производство тяжелых минералов из битуминозных песков месторождения Атабаска по проекту «Синкруд». По Л. В. Тривой

Открытый способ отработки канадских месторождений связан с переработкой и размещением больших количеств песка. Это ставит серьезные экологические проблемы и существенно увеличивает издержки производства «синтетической» нефти. Один из путей снижения затрат и уменьшения отрицательных воздействий на окружающую среду — попутное извлечение из отработанных песков полезных рудных компонентов (рис. 24, 25).

Опыт нефтедобывающих организаций нашей страны и зарубежных компаний показывает, что добыча углеводородов из битумосодержащих пород в промышленных масштабах может оказаться рентабельной. На Ярегском нефтяном месторождении в Коми АССР успешно реализуется термошахтный способ разработки нефти с вязкостью 15—20 тыс. МПа·с.

В общем случае способы извлечения жидких углеводородов нефти из битумосодержащих пород можно подразделить на три группы [32]:

карьерные и очистные способы шахтной разработки, при которых порода извлекается на поверхность, а битумы экстрагируются тепловыми методами (горячей водой, паром) и растворителями. При этом достигается почти полное извлечение углеводородов из пород, независимо от их консистенции и вязкости;

дренажные способы шахтной разработки, при которых жидкие углеводороды добываются в шахте из скважин без извлечения и подъема битумосодержащих пород на дневную поверхность. Такая система разработки применяется в тех случаях, когда битумы или тяжелая высоковязкая нефть находятся в пластовых условиях в

подвижном (текучем) состоянии либо приводятся в такое состояние тепловыми или какими-либо другими способами воздействия; скважинный способ добычи жидких углеводородов, приведенных в подвижное состояние в пластовых условиях с помощью тепловых и иных способов воздействия на битумсодержащие породы.

Скважинный способ добычи битумов был успешно реализован, например в процессе опытно-промышленной разработки Мордово-Кармальского месторождения (Татарская АССР). Применение здесь метода внутрислоевого горения позволило достигнуть битумоотдачи до 45%. По результатам опытных работ и проведенных институтом ТатНИПИнефть технико-экономических обоснований намечено более 20 месторождений битумов, разработка которых рентабельна скважинными методами.

Продукты переработки битумов, по данным ВНИИУСа и БашНИИМП, могут быть использованы для изготовления зимних сортов смазочных масел, дизельного топлива, дорожного и строительного битума и др.

Биологическое топливо. Существенным источником получения энергии в настоящем и будущем служит растительная биомасса. Процесс фотосинтеза, осуществляемый растениями с помощью солнечной энергии, лежит в основе всего живого на земле. Рассмотренный с более узкой, чисто энергетической точки зрения, фотосинтез представляет собой процесс преобразования и аккумуляции солнечной энергии в потенциальную энергию растительной биомассы. Формы полезного использования последней человеком различны. Самая простая из них — прямое сжигание дров с целью получения тепловой энергии. Более сложная — сжигание продуктов природных разновидностей биомассы в виде угля, нефти и природного газа. Обе указанные формы использования энергии биомассы уже с давних времен являются традиционными. Менее освоены способы искусственного преобразования исходной биомассы в квалифицированное топливо, которые, собственно, и можно отнести к нетрадиционным. Эти вопросы будут еще освещены.

Прямое сжигание растительной биомассы в виде дров — самый древний из способов получения тепловой энергии. Дрова играют громадную роль в энергетике и сегодняшнего дня. Известно, что значительная часть людей на нашей планете живет в слаборазвитых странах, где дрова служат основным источником энергии. На биомассу приходится около 1/7 части всей вырабатываемой в настоящее время в мире энергии. В развивающихся странах (помимо стран ОПЕК) на долю дров, экскрементов животных и отходов сельскохозяйственного сырья приходится 90% всей вырабатываемой в этих странах энергии. Более половины человечества используют дрова в качестве главного источника тепловой энергии при приготовлении пищи. Ввиду весьма ненадежного учета имеющиеся оценки объемов фактического потребления биомассы

в слабо развитых странах могут быть многократно заниженными.

Энергетический ресурс, аккумулированный в существующей на данный момент биомассе Земли, равен величине всех доказанных топливных резервов недр, или 10% полной величине геологических подземных ресурсов мирового топлива. Вопреки широко распространенным мнениям, роль биомассы в энергетическом обеспечении будущего человечества может не только не исчерпаться, но и возрасти. Но речь при этом должна идти уже о совершенно новых технологиях энергетического использования биомассы, что делает ее своего рода нетрадиционным топливно-энергетическим ресурсом.

Исходные посылки для такого вывода довольно просты. Достигающая Земли солнечная энергия представляет собой необъятно большой и вечно притекающий источник. Широкое ее вовлечение в энергетический баланс крайне заманчиво. Однако она очень диспергирована и колеблется по сезонам, поэтому прямая ее аккумуляция очень дорога. Вместе с тем уже сейчас в природе существует и действует в громадных масштабах процесс освоения и преобразования солнечной энергии с помощью растений — фотосинтез. Идея использования энергии, накапливаемой в биомассе, заманчива, хотя и не проста для эффективной реализации. Программы энергетического использования биомассы разрабатываются не менее чем в двух десятках стран. Наиболее обещающими в их числе являются программы получения биогаза. В целом же можно в принципе говорить о довольно широком спектре биологических источников энергии и технологий ее извлечения.

Помимо переработки биомассы ряда обычных растений тропической и умеренной зон земной суши известны проекты искусственного разведения прудовых и морских водорослей и микроорганизмов. Энергия из них может собираться как простым сжиганием для выработки электричества, так и путем ферментации с получением метана.

Ряд растений, распространенных в обширных зонах пустынь и полупустынь, синтезирует и выделяет сок, содержащий углеводороды, которые также могут представлять интерес в качестве топлива и химического сырья. Наконец, такие обычные сельскохозяйственные культуры, как подсолнечник, соя, пальмовые деревья содержат большие количества масел, которые могут непосредственно использоваться в качестве дизельного топлива или в виде добавок к нему. Есть расчеты, показывающие, что высокомеханизированная кукурузоводческая ферма в США может полностью обеспечить собственную потребность в энергии, выделяя на выращивание подсолнечника 10% своих посевных площадей.

Ряд технологических трудностей, обуславливающих пока низкую эффективность широкого использования биомассы как источника энергии, связан с большим содержанием в биомассе воды и ее малой физической и энергетической плотностью. Существующую

щие технологии переработки многочисленных разновидностей биомассы в целом могут быть подразделены на две группы — биологические и тепловые. В основу положен процесс переработки или ферментации биомассы бактериями с получением метана, этанола, других спиртов и кислот. Примером может служить использование анаэробных бактерий для переработки навоза, сточных вод, пищевых отходов и водорослей. Основу вторых составляет термохимическая газификация древесной массы, соломы, шелухи, сельхозпродуктов и т. д. Эти технологии во многом сходны с процессом газификации углей и вырабатывают аналогичные продукты, которые можно использовать либо в газообразном виде, либо превращать в жидкое топливо и химикаты. Одним из наиболее вероятных видов продукции является так называемый «синтетический газ», представляющий собой смесь оксида углерода с водородом. Он и служит исходным сырьем для дальнейшего получения углеводородов (хорошо освоенный процесс Фишера — Тропша) или метанола. Сама по себе переработка синтетического газа большой новизны не представляет, поскольку она освоена при переработке углей в СЖТ.

Д. О. Холл приводит ряд цифр, характеризующих возможную эффективность процессов переработки биомассы [67]. Так, 1 л спирта, полученный ферментацией биомассы, будет обходиться, согласно расчетам, от 10 до 60 центов США (цены 70-х годов). Ряд авторов считают, что метанол, полученный газификацией древесных пород, будет существенно дешевле этанола, полученного методом ферментации, однако практических данных об этом пока не имеется.

На сегодняшний день исследователями разных стран выдвинут также ряд идей создания искусственных систем, реализующих реакцию фотосинтеза с целью конечного получения топлива и химикатов. Многие из них интересны по своему замыслу, но говорить о возможностях их эффективной реализации в близком будущем, вероятно, было бы преждевременным.

Разработка нетрадиционных руд железа, марганца, ванадия и других металлов. Перспективная оценка железорудной базы нашей страны была бы далеко не полной без учета ресурсов оолитовых лептохлорит-гидрогетитовых руд Западно-Сибирского бассейна — одного из крупнейших в мире районов сосредоточения осадочных железных руд. По минералогическому составу (главные рудные минералы представлены в основном гетитом, гидрогетитом, сидеритом и железистыми хлоритами) и текстурно-структурным особенностям оолитовые руды Западной Сибири в значительной своей части труднообогатимые, пригодные лишь для обжиг-магнитного метода обогащения. Обогащение по более простой и дешевой гравитационно-магнитной схеме не позволяет повысить среднее содержание железа в товарной руде более чем до 42—46%, что приводит при доменной переработке к получению боль-

шого количества шлака (1070—1090 кг на 1 т чугуна) и высокому расходу кокса. Разработка более эффективной методики освоения таких руд поставила бы на службу народному хозяйству природную кладовую железа с запасами в сотни миллиардов тонн.

Освоение оолитовых бурожелезняковых руд ведется на базе Лисаковского месторождения, расположенного на юго-западном фланге Западно-Сибирского железорудного бассейна. Добыча их в условиях этого месторождения открытым способом в благоприятных горнотехнических условиях залегания характеризуется самыми низкими затратами в стране. Трудности же освоения заключаются главным образом в отсутствии достаточно экономичных методов обогащения руд. Практика Западно-Сибирского металлургического завода, использующего до 150 кг лисаковского концентрата на выпуск 1 т металла, показала целесообразность освоения новой сырьевой базы для тех предприятий, где осуществляется конверторное производство стали.

Значительная работа по освоению этого вида сырья проделана металлургами Карагандинского металлургического комбината. Получаемые в процессе передела фосфористого чугуна холодно- и горячекатаный листовой прокат не уступают по качеству продукции, изготовленной на базе обычного чугуна.

Снижение производительности конверторов при работе на фосфористом чугуне компенсируется реализацией фосфатных шлаков, содержащих от 6 до 12% оксида фосфора. Использование этих шлаков в качестве удобрений на полях ряда областей Северного Казахстана, по данным УралНИИЧМ, эквивалентно применению суперфосфата при внесении полутонных количеств первого по отношению ко второму.

Хотя содержание железа в Лисаковском гравитационно-магнитном концентрате почти на 10% превышает его количество в концентратах, получаемых из аналогичных руд за рубежом, оолитовому сырью трудно конкурировать с традиционными магнетитовыми рудами. В связи с этим первоначальная задача — дальнейшее повышение качества лисаковского концентрата. Испытания подтвердили возможность получения обжиг-магнитным способом из всех типов магнитных руд Лисаковского месторождения концентратов с содержанием железа свыше 60% при степени извлечения до 78%.

Разработка и внедрение рентабельных методов глубокого обогащения бедных оолитовых руд, агломерации и комплексного металлургического их передела поставят на службу народному хозяйству страны новый источник железа, который пока относится к нетрадиционным видам минерального железорудного сырья.

Перспективным источником получения еще одного из широко применяемых в черной металлургии металлов — ванадия служат тяжелые и высоковязкие нефти.

За рубежом уже давно ведется извлечение ванадия из продуктов сжигания нефтей и нефтепродуктов. В Италии в годы второй мировой войны ванадий добывался из продуктов чистки котлов и топок, работающих на мазуте. В послевоенное время промышленная добыча ванадия из золы венесуэльских нефтей и мазутов осуществлялась гидрометаллургическим способом канадскими и американскими компаниями. Компания «Ойл продакшн» (США) разрабатывает в настоящее время технологию извлечения ванадия из нефти при ее крекинге. Шведская фирма «Микспроцессор АБ» строит завод по извлечению ванадия из дыма электростанции, работающей на мазуте. Из золы от сжигания мазутов получали ванадий в ВНР. В Канаде разрабатывается пирометаллургический способ попутного получения ванадия из битуминозных песков. В связи с открытием в Венесуэле крупных запасов тяжелой ванадийсодержащей нефти в районе Ориноко (запасы ванадия оцениваются в 1 млрд т) планируется организация крупномасштабного производства этого металла при комплексном освоении региона.

ВНИГНИ совместно с Ленинградским горным институтом и институтом металлургии им. А. А. Байкова разработаны методы извлечения ванадия из нефти путем получения нефтяного кокса и дальнейшего использования его в доменном производстве. Разработана также последующая технология двойного шлакового переплава и гидрометаллургического извлечения ванадия из шлаков.

В некоторых странах получение ванадия из нефти освоено на промышленном уровне. В Канаде разработана и опробована в промышленном масштабе технология извлечения ванадия из нефти, содержащей 200 г/т этого металла, на установке с производительностью 3800 м³/сут сырой нефти со следующим расходом реагентов на получение 1 кг V₂O₅: 3 кг серной кислоты, 0,25 кг перхлората натрия и 1 кг аммиака.

Технологическая схема процесса проста: предварительно обессоленная нефть подвергается атмосферной перегонке; ванадий концентрируется в остатке, где его содержание достигает 0,06%; остаточный продукт используется для производства асфальта, в качестве котельного топлива и для получения нефтяного кокса. Полученный ванадийсодержащий кокс после измельчения в шаровой мельнице сжигается. Обогащенная ванадием зола (до 15% V₂O₅) перерабатывается гидрометаллургическим способом.

Получение ванадия возможно также из шламов и зольных остатков, образующихся при сжигании мазута на тепловых станциях. Компания «Лонг Айленд Лайтинг» (США) организовала промышленную добычу ванадия из мазута, который используется в качестве топлива для выработки электроэнергии. За год получено более 300 т оксида ванадия при стоимости 1 м³ металлоносной золы 1,3 долл.

Извлечение ванадия из нефти необходимо для снижения кор-

розионного воздействия оксидов этого металла, накапливающихся в золе при сжигании мазута на оборудование ТЭС. Кроме того, оксиды ванадия, никеля и других элементов обладают токсичными свойствами и их утилизация предупреждает загрязнение окружающей среды.

В промышленных масштабах из нефти получают также серу и ее производные. В США производство серы при рафинировании нефти составляет 1,3 млн т. На предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности сера утилизируется из сероводорода, который получают при гидроочистке средних дистиллятов, вакуумного газойля — сырья для каталитических и термических процессов.

В Японии в середине 80-х годов на установках по обессериванию нефти ежегодно получали около 1 млн т серы при стоимости 1 т 37—42 долл., что дешевле самородной серы.

В литературе приводятся краткие сведения о попутной добыче ртути на нефтяном месторождении Цимрик (шт. Калифорния, США).

Целесообразно отметить, что кроме ванадия, серы и ртути в нефти различных месторождений мира обнаружены заметные концентрации еще более 40 химических элементов: никеля, ртути, титана, хрома, марганца, железа, стронция, золота, кальция и др. Они входят в состав солей различных кислот и металлоорганических соединений. Концентрация их колеблется в широких пределах и при разработке приемлемой технологии извлечение может быть эффективным. Извлечение металлов в общем случае улучшает потребительские свойства нефтепродуктов.

Железомарганцевые конкреции морского дна. По данным зарубежных исследований, конкреции изученных районов Тихого океана содержат в среднем (%): Fe — 12%; Mn — 21; TiO₂ — 1; Co — 0,3; Ni — 0,67; Cu — 0,43; Pb — 0,1; Zn — 0,07; Mo — 0,04 и т. д. Общие запасы железомарганцевых конкреций на изученных площадях дна Тихого океана оцениваются в 300 млрд т. В пересчете на чистый металл эти запасы намного превосходят запасы марганца и соответствующих цветных металлов, выявленных на суше. По оценкам отдельных авторов, подводная добыча конкреций со временем может оказаться конкурентоспособной по сравнению с эксплуатацией соответствующих месторождений недр суши.

Обнаружение этих столь богатых, ранее неизвестных рудных ресурсов вызвало огромный интерес к ним. Исследованиями и разработкой технологических способов их эксплуатации занялись многие крупные зарубежные фирмы. Были образованы и соответствующие транснациональные специализированные корпорации.

В конце 80-х годов проблемами поисков, разведки и добычи марганцевых конкреций занимались 8 консорциумов, в которые входило около 80 компаний и организаций из 10 стран мира.

В 1978 г. консорциум «Ocean Minerals» (Omco) завершил испытания судна «Glomar Explorer». Были отобраны пробы конкреции у побережья Калифорнии с глубины 1,8—2,4 км и к юго-востоку от Гавайских островов с глубины 5,4 км. В сотнях проб, общая масса которых измерялась тысячами килограммов, в среднем содержалось (%): Mn — 25; Ni — 1,5; Cu — 1,2; Co — 0,2. Это позволяет рассматривать ЖМК в качестве одного из источников удовлетворения перспективных потребностей промышленности в цветных и черных металлах. Подсчитано, что океан ежегодно производит около 16 млн т этого вида минерального сырья.

В 70—80-х годах было выполнено большое число научных проектно-конструкторских и экспериментальных работ по созданию и апробации разнообразных технологических схем добычи и транспортирования конкреций океанического дна. Установлены следующие исходные предпосылки, которые придется иметь в виду при создании любого технологического способа добычи морских конкреций:

транспортно-добычная установка должна быть передвижной, так как площадь «горного отвода» на 25-летний срок амортизации составляет около 20 тыс. км²;

добыча горной массы со дна может осуществляться только в виде гидросмеси;

в технологической схеме необходимо предусмотреть единый комплекс добычных и транспортных процессов, осуществляемых автоматизированно на основе робототехники;

В настоящее время известны три принципиальные транспортно-технологические схемы подводной разработки океанических месторождений данных конкреций.

Первая из них предусматривает использование канатно-ковшевых элеваторов типа многоковшевой драги. Канатная петля с черпаками спускается в воду с судна без каких-либо направляющих и свободно ложится на дно. Длина каната опытно-промышленной многочерпаковой драги, испытывавшейся одной из японских фирм, достигала 12,5 км (при черпании конкреций с глубины 4,5 км), диаметр капронового каната составлял 40 мм, черпаки емкостью 45 л располагались через каждые 25 м по длине каната. Предусматривались варианты работы драги из двух базовых судов, соединенных канатной петлей. Статическая нагрузка на рабочую ветвь элеватора составляла около 500 т. Предполагалось, что для рентабельной работы подобных систем их годовая производительность должна достигать 1 млн т. Существенный недостаток системы — происходящая при движении ковшей отмывка конкреций, приводящая к загрязнению океана.

Вторая технологическая схема основана на использовании группы автономных подводных лодок-рудосборников, погружающихся с единой большой полупогружной платформы и работающих далее в автоматическом режиме (без экипажа) по челноко-

вому графику. Лодки массой 800 т имеют, согласно проекту, полезную грузоподъемность 250 т. Погружение и всплыв лодок предполагаются путем манипуляций с балластом массой 300 т. Извлечение и выгрузка конкреций осуществляются посредством установленных на лодках шнековых устройств. Схема считается перспективной.

Третий возможный вариант технологии базируется на использовании для добычи и подъема конкреций гидро- и пневмотранспортных систем со специализированным судном-платформой. Этот вариант имеет множество проектных разработок, одна из которых, наиболее работоспособная, предусматривает соединение скреперного трала для взрыхления пласта сложившихся конкреций с гибким трубопроводом, снабженным всасывающим устройством типа эрлифта. Данный способ считается перспективным при разработке конкреций на больших глубинах. Его достоинство — в технологической простоте, малой материалоемкости, возможности полной автоматизации процессов и незначительном загрязнении окружающей среды. Недостаток системы — ее большая энергоемкость.

Одна из возможных разновидностей гидропневматической системы основывается на использовании вместо сжатого воздуха легких жидкостей, либо гидросмесей, подаваемых в трубопровод под давлением, создаваемым посредством погружных насосов. Возможны и различные комбинации рассмотренных схем.

К середине 80-х годов были добыты первые сотни тонн морских конкреций. Тем не менее пока еще рано говорить о создании соответствующих промышленных установок. Множество технических трудностей предстоит еще преодолеть. Среди них — проблемы обеспечения надежности работы системы, непрерывного ее перемещения в процессе драгирования, резкого снижения энергоемкости установок, совершенствования параметров и долговечности специализированного оборудования, повышения экономической эффективности технологии.

При всей сложности этих задач залежи конкреций Мирового океана — перспективные новые ресурсы металлургии, и их коммерческое освоение является, по-видимому, лишь вопросом времени.

«Техногенные месторождения» полезных ископаемых (отходы и вторичные ресурсы горного производства). Своеобразным дополнительным ресурсом ряда полезных ископаемых становятся накопленные в отвалах «пустые» горные породы, шлаки, шламы и хвосты горных, горно-обогачительных и топливно-энергетических предприятий.

При всех существующих способах добычи и обогащения объемы отходов весьма значительны. Согласно данным ИПКОН АН СССР [2], из общего объема добываемых в СССР ежегодно 15 млрд т горной массы лишь около 40% используется, извлека-

ется в конечный продукт. Таким образом, ежегодно в отвалы и хвостохранилища складывается порядка 8—9 млрд т пород и отходов, значительная часть которых могла бы уже сегодня или в ближайшем будущем использоваться для доизвлечения различных полезных компонентов. Процесс накопления горных масс продолжается столько, сколько существует горная промышленность; обратный процесс утилизации данных ресурсов происходит в несравненно меньших масштабах. Всего к настоящему времени в отвалах горнодобывающих и перерабатывающих предприятий страны скопилось около 60 млрд т вскрышных и скальных пород и твердых отходов. В силу происходящих процессов выветривания значительная их часть, вероятно, уже утратила свою первоначальную ценность.

Итак, отвалы возникают из-за отсутствия экономически эффективных способов их переработки. Однако со временем то, что было вчера бесполезным, становится сегодня и завтра более чем эффективным. Это объясняется несколькими причинами:

появляются новые или более выгодные способы извлечения полезных компонентов, содержащихся в породах отвалов;

повышается эффективность извлечения на фоне истощения традиционных, более богатых, ресурсов соответствующего сырья;

использование пород отвалов и хвостохранилищ начинает рассматриваться как источник получения дополнительной прибыли горным предприятием, снижающим свою эффективность по мере отработки лучших запасов;

разработка отвалов становится рентабельной ввиду появления новых потребностей в одном из содержащихся в них компонентов, ранее не считавшихся сколько-нибудь полезными;

к ликвидации отвалов и хвостохранилищ побуждают соображения охраны окружающей среды.

По тем или иным причинам сейчас наблюдаются вполне очевидные сдвиги в сторону более заинтересованного отношения к утилизации пород и отходов [29, 59].

Особенно ярко видна необходимость переоценки взглядов на эффективность разработки отвалов при рассмотрении вопроса с широких народнохозяйственных позиций. Действительно, по сравнению с использованием богатых руд разработка пород отвалов кажется далеко не выгодной. К аналогичному выводу может привести и оценка эффективности их разработки на основе существующих (нередко заниженных) цен на минеральное сырье. Но выводы резко изменятся, если за базу для сравнения взять реальную народнохозяйственную альтернативу — удовлетворение растущих потребностей народного хозяйства за счет новых горных предприятий, значительную часть которых приходится строить все в менее благоприятных условиях, часто на больших расстояниях от потребителей. По сравнению с этим переработка уже добытых пород отвалов и хвостохранилищ в принципе выгодна. Конечно, и

здесь все решают конкретные экономические расчеты. Однако в целом ресурсы, аккумулированные в отвалах предприятий, бесспорно, необходимо учитывать и рассматривать как особую нетрадиционную разновидность — созданные человеком техногенные ресурсы минерального сырья.

Технологические особенности извлечения и переработки техногенных ресурсов резко различны для конкретных их видов. К настоящему моменту накоплен положительный опыт эффективной разработки таких ресурсов [7].

Хвосты труднообогатимых руд цветных металлов и отходы переработки концентратов могут стать ценным источником дополнительного извлечения различных металлов [61]. Так, шламы пиromеталлургической переработки свинцовых концентратов содержат до 17% цинка, до 3% свинца, до 0,9% меди, а также оксиды железа, кремния и алюминия. Такие шлаки эффективно перерабатываются уже сейчас на Усть-Каменогорском свинцово-цинковом комбинате [8]. В Унипромедь выполнены исследования по комплексной электротермической переработке шлаков медеплавильных заводов. Особый интерес представляет получение из шлаков ряда попутных компонентов, извлечение которых на металлургических заводах часто не превышает 15%.

Большие возможности на перспективу видятся в области использования красных шламов, являющихся отходами современных процессов переработки бокситов. Красные шламы содержат около 30% железа, 12—30% оксида алюминия, 2—4% диоксида титана, 0,2% пероксида ванадия, цирконий, галлий, ниобий, скандий, редкоземельные элементы. Забалансовые и окисленные руды цветной металлургии, складированные в отвалах, содержат значительные количества неизвлеченной меди, свинца и цинка. На Балхашской обогатительной фабрике накоплен некоторый практический опыт переработки таких руд.

Исследуются также возможности более комплексной переработки скопившихся пиритных огарков, образующихся при производстве серной кислоты, которые могут стать источником извлечения железа, золота, серебра, ряда цветных и редких металлов.

Предприятия черной металлургии накопили в отвалах более 440 млн т шлаков. В настоящее время шлаки используются в основном на производство шлакопортландцемента, тепло- и звукоизоляционных материалов, в дорожном строительстве и на производство удобрений. Между тем сталеплавильные шлаки содержат около 20% железа, которое может быть извлечено из них и полезно использовано. А ферросплавные шлаки вполне закономерно рассматривать как ресурс получения ряда легирующих металлов.

Значительная часть пород, сосредоточенных в отвалах, может стать сырьем для переработки в разнообразные строительные

материалы. Опыт в этой области имеется у многих горных предприятий.

Возможности эффективного использования отходов в каждом отдельном случае определяются, с одной стороны, разработанностью соответствующих технологий, а с другой — экономической их эффективностью. В свою очередь, эта последняя во многом зависит от наличия спроса потребителей в зоне, не слишком удаленной от мест наличия отвалов.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ

Человеческая деятельность по добыче и использованию минерального сырья ведет к перераспределению химических элементов во всех составляющих биосферы — в литосфере, гидросфере и атмосфере. При этом в литосфере концентрация элементов выравнивается за счет разрушения локальных участков высокой концентрации — месторождений полезных ископаемых. На поверхности литосферы эти элементы вновь концентрируются уже в готовых изделиях (немобильных и мобильных), причем их концентрация здесь существенно выше, чем в месторождениях. Антропогенная деятельность сопровождается выбросами ряда элементов в гидро- и атмосферу, где при определенных условиях возникают концентрации, намного превышающие кларковые.

Вновь созданные концентрации элементов в несвойственных природе сочетаниях претерпевают дальнейшие изменения, дополняя и расширяя круговорот веществ в природе. Главная особенность этой части круговорота — скорость, на много порядков превышающая скорость естественных природных процессов. Вместе с тем превращения техногенных концентраций можно в первом приближении сравнить с естественным разрушением природных рудных тел, с той лишь принципиальной разницей, что если рассеяние элементов во втором случае происходит под действием физических и химических законов, то для первых, помимо этого и в большей степени, свойственны технические, экономические и социальные причины рассеивания.

Отсюда и вторичные формы скопления минерального вещества имеют другой вид, требуют иных методов оценки, освоения и эксплуатации. Теория вторичных ресурсов еще находится в стадии разработки, но уже появились отдельные методики их экономической оценки, первые попытки классификации. Попытаемся очертить основной круг проблем, связанный с этим, явно нетрадиционным видом минеральных ресурсов. Следует подчеркнуть, что проблема их использования тесным образом переплетается с другой важной народнохозяйственной проблемой — защитой окружающей природной среды от загрязнения различными видами производственных и бытовых отходов.

Значительная часть использованного первичного сырья продолжает свое существование в готовых изделиях и по мере их физического или морального износа переходит в отходы. Часть материалов под воздействием химических и физических процессов рассеивается в окружающей среде, вступает в природный круговорот веществ и теряется безвозвратно. Основная же масса производственных и отработанных в различных изделиях сырьевых материалов накапливается в рассредоточенном состоянии на поверхности земли и формирует новую сырьевую базу, которой свойственна своя технологическая цепочка, начинающаяся сбором и сортировкой отходов и заканчивающаяся их металлургическим или химическим переделом, из которого они опять попадают в сферу производства и потребления готовой продукции совместно с материалами минерального происхождения [24].

Материал для вторичной переработки образуется на всех стадиях, начиная с металлургического передела (например, непроваренный металл и некондиционные сплавы). При обработке металлов резанием в отходы идет большое количество металлической стружки, остатков от заготовок, бракованных деталей. Эти два вида отходов получили в литературе название «новый скрап», в отличие от «старого или амортизированного скрапа», представляющего собой устаревшее и вышедшее из строя промышленное оборудование и предметы потребления.

Эффект вторичной переработки или рециклинга с точки зрения охраны окружающей среды и сбережения минеральных ресурсов не ограничивается только уменьшением объема твердых отходов и получением дополнительного количества сырья. Широкие масштабы вторичной переработки позволяют сократить объемы горнодобывающей промышленности и соответственно усилить охрану окружающей среды. Имеется возможность сократить добычу не только сырья, которое перерабатывается, но и энерго-ресурсов. Общая экономия энергии (за исключением издержек на сбор сырья для переработки) теоретически может достигнуть 98 % энергетических затрат на переработку первичного сырья. Однако практически эта экономия составляет 60—80 %. Согласно расчетам, проведенным Агентством по защите окружающей среды США, при производстве стали из отходов по сравнению с производством из первичного сырья потребление энергии снижается на 74 %, а воды на 40 %; на 87 % уменьшается загрязнение атмосферы, на 97 % — количество отходов добычи; на 105 % — отходы производства, поскольку при рециклинге отходы не только не создаются, но и уменьшаются существующие.

Весьма эффективно вторичное использование цветных металлов. Так, при производстве алюминия и его сплавов из вторичного сырья удельный расход электроэнергии сокращается в 20—25 раз, масса топлива (условного) — более чем в 7 раз, соответствующие капитальные вложения — в 6—8 и более раз.

Наибольшие перспективы в настоящее время имеет использование потребительского скрапа, поскольку доля его утилизации по сравнению с промышленным скрапом низка, что объясняется как отсутствием достаточной заинтересованности местных властей (владельцев городских свалок, где этот скрап концентрируется) в реализации металлической составляющей отвалов, так и сравнительно слабо развитой технологией сбора и разделения различных металлов, а также отделения неметаллических составляющих, среди которых важное место занимает топливо. Имеющиеся оценки среднего содержания различных металлов на городских свалках Европы и США характеризуют их как месторождения с нерентабельной для разработки концентрацией. Однако в расчет не входят издержки на сбор, транспортировку и размещение отходов на свалках, а также стоимость земли, отводимой под свалки. В ряде случаев эти издержки столь высоки, что делают рециклинг потребительского скрапа экономически рентабельным даже без учета издержек на добычу и переработку эквивалентных количеств металла из руды. По мере накопления отходов и ухудшения качества естественных месторождений проблема увеличения доли рециклинга встанет более остро.

Вторичной переработке подвергаются не только металлосодержащие отходы, изготовленные из материалов минерального происхождения (стекло, различные пластмассы и др). Обычно принято считать, что топливно-энергетические ресурсы расходуются безвозвратно и не подлежат повторному использованию. Однако и здесь имеются резервы для повторного использования, заключающиеся в утилизации горючих газов (коксового, доменного, конверторного, нефтезаводского), физического тепла отходящих газов с высокой температурой, отработанного пара, горячей воды. Вторичные энергетические ресурсы нашей промышленности приближаются к 100 млн т топлива (условного) в год и с ростом промышленного производства быстро увеличиваются.

Особо следует остановиться на отходах горнодобывающей промышленности, поскольку они лучше всего отвечают понятию нетрадиционных минеральных ресурсов, так как, с одной стороны, не являются объектом массовой переработки на базе существующих технологий, а с другой — находятся в природном состоянии. Хотя месторождения полезных ископаемых и представляют собой природные концентрации определенных элементов, последние составляют в среднем незначительную часть общей массы горной породы. По усредненным оценкам сейчас используется 1/12 часть извлекаемой минеральной массы. Остальное на различных стадиях переработки поступает в окружающую среду в твердой, жидкой и газообразной формах.

Ежегодно в отвалы и хвосты поступает значительное количество различных пород и отходов обогащения. Затраты на обустройство и содержание хвостохранилищ составляют 30—60 коп/м³

и достигают 10 % капитальных вложений на сооружение добывающих предприятий.

Отходы, несмотря на то что на их «создание» были затрачены трудовые, материальные, энергетические и другие ресурсы, обладают «отрицательной» потребительной стоимостью, так как требуют затрат на предотвращение ущерба, наносимого окружающей среде, не удовлетворяя при этом никаких общественных потребностей.

Высказано достаточно много рекомендаций и указаний по поводу расширения использования отходов, однако положение продолжает оставаться далеким от желаемого. Так, в настоящее время из апатит-нефелиновых руд на производственном объединении «Апатит» выделяются только апатит и частично нефелин, а остальные полезные компоненты складываются в отвалы. В Криворожском железорудном бассейне содержание железа в «хвостах» колеблется от 13,5 до 21,6 %, содержание марганца в отвалах Никопольского бассейна составляет 13—17 %.

Как видно, в отходы попадают элементы, соединения и материалы, используемые в народном хозяйстве. Для их получения строятся специальные добывающие и перерабатывающие предприятия, создаются технологические установки. Такая парадоксальная ситуация обычно объясняется тем, что издержки на получение нужных компонентов из отходов выше, чем на специализированных предприятиях. Во многих случаях это так, если издержки считаются по «усеченному циклу», т. е. сравнивается стоимость извлечения из отходов и из руд. При этом в расчет не принимаются расходы на предшествующих стадиях — добычи, транспортировании и т. д. Однако если считать издержки на получение определенных компонентов, находящихся в отходах, то они представляют собой лишь относительно небольшую часть общих издержек, так как распределяются на все полезные компоненты минеральной массы. В настоящее время они в полном объеме относятся на такие специализированные руды. С учетом этого значительная часть нерентабельных компонентов может перейти в категорию рентабельных.

Кроме того, в ряде случаев себестоимость продукции из отходов даже при таком расчете ниже специализированной. Например, себестоимость получения 1 т диоксида титана из титановых шлаков на 85 руб. ниже, чем при производстве ее из традиционного сырья (ильменитового концентрата); при производстве 1 т фтористых соединений из апатитового концентрата капитальные вложения ниже на 150 руб., чем при получении их из плавикового шпата. Производство 1 т щебня из скальных вмещающих пород Лебединского горно-обогатительного комбината (КМА) может обходиться производителям в 1,5 руб. В то же время в Белгородскую область, где расположен Лебединский ГОК, ежегодно завозят около 3 млн м³ щебня стоимостью по 6—8 руб/т.

При комплексном использовании сырья у добывающих предприятий возникает еще одна трудность. Во многих случаях такую побочную продукцию они должны отпускать по себестоимости независимо от оптовой цены. Однако иногда потребителям из-за высоких транспортных расходов было бы выгоднее приобрести ее по цене, выше оптовой, но на месте. При низкой себестоимости отпускная цена могла бы иметь промежуточное значение между себестоимостью и оптовой ценой, что выгодно и производителю, и потребителю. Однако существующие условия не стимулируют расширения и совершенствования производства побочной продукции. Перерабатывая и продавая отходы по себестоимости, предприятие имеет только «лишние хлопоты», не связанные с выполнением отраслевых плановых показателей. В лучшем случае эти показатели не ухудшаются. Предприятия не получают при этом никакой прибыли, не считая некоторого сокращения отвалов и расходов на их содержание.

Такая комплексная переработка минеральной массы отчетливо отражает негативные черты отраслевого принципа ресурсопользования, при котором каждая добывающая отрасль при разработке месторождения стремится минимизировать издержки производства планируемой ей отраслевой продукции. При таком положении затраты на производство неотраслевой продукции оказывают отрицательное влияние на основные плановые показатели предприятия со всеми вытекающими отсюда последствиями. Экономическая ответственность предприятий и отраслей ограничивается только компонентами природных богатств, добыча которых им поручена.

В некоторых случаях добывающие предприятия налаживают производство «неотраслевой» продукции, особенно если отходы содержат опасные для человека и окружающей среды загрязнители. Делается это часто под нажимом региональных и санитарных органов, а также общественности. В большинстве случаев такое производство не обеспечивается централизованно соответствующими ресурсами. Но если, несмотря на все трудности, производство удастся наладить, продукция нередко не находит должного спроса.

Происходит это по двум причинам: во-первых, из-за высокой себестоимости, рассчитываемой по конечной стадии производства продукта, а во-вторых, ввиду насыщения потребителей заранее спланированным количеством того или иного продукта, производимого на специализированных отраслевых предприятиях и расписанного по всем потребителям.

Таким образом, анализируя положение с использованием отходов горнодобывающей промышленности, можно сделать вывод, что в настоящее время у основных продуцентов и потребителей отходов отсутствуют или сильно редуцированы реальные экономические интересы в изменении существующего положения в сто-

рону значительного расширения ассортимента и увеличения объема использования отходов.

Из чего складываются эти интересы и кто является их главным выразителем? Они складываются из конечных целей развития общества, и поэтому государственные народнохозяйственные интересы должны быть приоритетными, поскольку в конечном итоге народнохозяйственные цели, даже в случае противоречия с отраслевыми, наиболее полно отвечают интересам развития общества. Выразителем их должно быть государство в лице центральных и региональных органов управления. В некоторых странах для поощрения отраслей, использующих вторичное сырье, предусматриваются льготные условия их финансирования.

В связи с этим при определении эффективности использования отходов следует учитывать общий народнохозяйственный эффект. При его исчислении необходимо исходить из сравнения стоимости продукции из отходов со стоимостью ее получения из других источников, что может быть проведено двумя способами.

При первом сравнивается стоимость производства продукции из уже извлеченных и складированных отходов со стоимостью получения из других источников, например из новых месторождений. При этом переработка отходов будет рентабельной при соблюдении следующего неравенства:

$$C_{отх} - Э_{эк} \leq C_{разв} + C_{осв} + C_{доб} + C_{пер} + C_{эк},$$

где $C_{отх}$ — затраты на продукцию из отходов; $Э_{эк}$ — положительный экологический эффект, достигаемый увеличением использования отходов; $C_{разв}$ — затраты на разведку нового (вслед за замыкающим) месторождения, из которого может быть получена дополнительная продукция; $C_{осв}$ — затраты на освоение этого месторождения; $C_{доб}$ — затраты на добычу на этом месторождении; $C_{пер}$ — затраты на переработку руды этого месторождения (обычно единственный показатель, который сравнивается со стоимостью продукции из отходов); $C_{эк}$ — затраты на природоохранные мероприятия на всех стадиях разработки месторождения.

В случае равенства затрат предпочтение следует отдать левой его части, так как при более полном использовании разрабатываемой минеральной массы сокращается число горнодобывающих предприятий, уменьшается фондоемкость и в целом интенсифицируется экономика.

При втором способе также сравнивается стоимость продукции из отходов с затратами на ее получение из нового месторождения, но в стоимость продукции из отходов включаются полные затраты. В этом случае издержки всех стадий разработки месторождения, дающего отходы (разведка, добыча, переработка), распределяются между всеми компонентами, в том числе и на-

ходящимися в отходах, пропорционально их ценности. Именно об этом мы уже говорили.

Затраты по извлечению каждого компонента зависят от норм амортизации основных фондов, трудовых, материальных, энергетических и других затрат. Амортизационные отчисления в горнодобывающей промышленности составляют 15—20 % себестоимости продукции. Структура фондов в этих отраслях такова, что большая часть их относится к пассивным фондам (рудники, карьеры, обогатительные фабрики), общая стоимость которых не зависит от номенклатуры извлекаемых компонентов. Это же относится и к значительной части активных фондов (горнопроходческая техника, транспорт и т. д.). Отсюда следует, что при пропорциональных затратах других ресурсов увеличение числа извлекаемых компонентов приводит к росту общей ценности производимой продукции и повышению фондоотдачи. При таком подходе отходы уже не выступают бесплатными, а имеют определенную ценность, в ряде случаев большую, чем на тех месторождениях, где этот вид сырья относится к основным рудам. Однако даже в этом случае не следует безоговорочно отдавать предпочтение последним. Использование отходов, даже относительно более дорогих, удешевляет затраты по основным компонентам месторождения, поскольку часть стоимости фондов распределяется на них. В этом случае необходимо провести оптимизационные расчеты всей минерально-сырьевой базы, определить, какие месторождения дают наиболее высокий суммарный эффект. Вполне возможна целесообразность эксплуатации месторождений, на которых добыча части компонентов дороже по сравнению с теми месторождениями, которые пока не следует разрабатывать.

Существенная сторона заинтересованности производителей и потребителей в использовании отходов — отпускные цены на продукцию из них. Вероятно, условиями, стимулирующими увеличение использования отходов для производителей, должно быть превышение отпускной цены над себестоимостью (это формирует прибыль и расширение объемов переработки), а для потребителей — назначение закупочной цены ниже существующей оптовой цены и транспортных расходов на доставку централизованно распределяемой продукции, подлежащей замене отходами. Таким образом, речь идет о предоставлении предприятиям права на установление договорных цен на определенный ассортимент продукции. Подобный порядок будет стимулировать не только предложение, но и спрос продукции из отходов.

Переходя к проблеме спроса, следует заметить, что если первые две рассмотренные проблемы — расчет рентабельности и установление договорных цен — требуют для своего решения лишь организационно-управленческих мероприятий, то третья проблема — организация спроса на отходы — только этими мерами решена быть не может. Существует определенная потребность в

каждом виде продукции, удовлетворение которой централизованно планируется на определенную перспективу. Для этого создаются производственные мощности, транспортная сеть, жилищно-бытовой сектор. Поступление рентабельной продукции из отходов сможет создать ее общее перепроизводство или существенное недоиспользование уже созданных мощностей для специализированного производства. Чтобы избежать этих негативных последствий, часть сверхнормативной продукции некоторых видов сырья может быть реализована на мировом рынке, что даст средства для импорта наиболее капиталоемких и трудоемких видов сырья. По-видимому, какая-то доля такой экспортной выручки может оставаться у предприятий-производителей для стимулирования расширения экспорта и совершенствования производственно-технологических процессов (закупка лицензий, оборудования, технологий).

Однако экспорт не может целиком решить проблему производства избыточного количества сырья. Необходимо также увеличение внутреннего спроса наряду с прекращением строительства наименее эффективных мощностей. Увеличение внутреннего спроса может быть достигнуто благодаря разработке и внедрению новых технологий, которые связаны с высоким потреблением того или иного «загрязнителя» или с заменой этим «загрязнителем» какого-нибудь более дефицитного вида сырья. Поскольку эти мероприятия имеют существенный природоохранный эффект, значительная часть средств на разработку и внедрение таких технологий может быть выделена из ассигнований на природоохранные мероприятия. Такая политика позволит создать реальные экономические интересы в использовании отходов и сделает структуру всего производства более экономичной. Проводящаяся сейчас хозяйственная реформа может сыграть важную роль в регулировании спроса.

Широко известные из специальной литературы примеры дают достаточное представление о крупных сырьевых резервах, имеющихся в отходах горнодобывающей промышленности. Расширение их использования ведет к снижению капиталоемкости народного хозяйства, улучшению его отраслевой и территориальной структуры, к сохранению и улучшению качества окружающей природной среды. Поэтому целесообразность использования отходов не вызывает сомнений. В настоящее время существует более 40 целевых государственных научно-технических программ, предусматривающих внедрение в ряде отраслей малоотходных технологий, решение важнейших проблем, связанных с разработкой таких процессов и специального оборудования для них. Однако в целом по народному хозяйству доля вторичных ресурсов в общем объеме переработанного сырья составляет пока всего лишь несколько процентов (по разным оценкам, 9—13 %).

Основная причина такого положения — еще остающаяся на

местах несогласованность ведомственных интересов, обусловленная спецификой образования и использования отходов. Дело заключается в том, что, как правило, отходы образуются и должны перерабатываться не в той отрасли, которая получает эффект от их использования. Как уже отмечалось, дополнительные затраты на переработку отходов ухудшают экономические показатели предприятия-переработчика, учет которых ведется по установленному ассортименту продукции, куда в большинстве случаев не входит продукция из отходов. Даже если на эти цели направлять средства отрасли, получающей эффект от отходов, то в стороне остается финансирование долгосрочной технической политики, в которую входит разработка новых перерабатывающих процессов и развитие технологий, определяющих устойчивый спрос на сырье из отходов.

Для этих целей недостаточно межотраслевой кооперации существующего типа. По-видимому, необходимо образовать такое финансирование из фонда, созданного для целей, совпадающих с конечными целями переработки отходов. Из имеющихся фондов наиболее близкими, куда можно включить и средства на разработку и внедрение технологий по переработке наиболее массовых отходов и по их использованию в различных отраслях, являются централизованно выделяемые средства на природоохранные мероприятия. Эта часть данного фонда может быть сформирована как раз из отчислений отраслей, получающих эффект от использования отходов.

Возможны и другие пути расширения использования отходов. Например, можно ожидать хороших результатов от перестройки существующей отраслевой структуры, усиления роли региональных органов в управлении промышленностью.

Конечно, использование вторичных ресурсов и отходов связано с определенными затратами. Как правило, это средства на сбор, транспортировку, сепарацию отходов. Нередко такие мероприятия требуют разработки и внедрения совершенно новых технологий. При определении эффективности их использования с народнохозяйственных позиций следует принимать в расчет три основных принципа, обусловленных полнотой учета как затрат, так и результатов.

Во-первых, затраты на получение сырья из отходов наиболее корректно сопоставлять не со средними затратами на его получение из первичных ресурсов, а с замыкающими затратами на данное сырье (с учетом транспортного фактора). Замыкающие затраты нередко в два и более раз выше средних, и поэтому варианты с использованием отходов могут оказываться предпочтительными, вплоть до достижения рационального экономического уровня утилизации вторичных ресурсов. Использование отходов требует учета эффекта от отказа строительства и эксплуатации предприятий из группы замыкающих, которым предстоит рабо-

тать в объективно наихудших условиях, поскольку включение в переработку отходов фактически означает снижение задаваемого объема добычи первичных ресурсов. Специфика реальных закономерностей добычи полезных ископаемых такова, что небольшие изменения объемов извлечения очень сильно влияют на величину предельных (закрывающих) затрат. Поэтому снижение даже на единицы процентов объема производства нередко приводит к весьма значительному уменьшению предельных затрат и позволяет отказаться от строительства новых предприятий, осуществляемого часто в необжитых районах и вызывающего в свою очередь лавинообразный сопутствующий рост нового строительства и сопряженных затрат. В этом случае соотношение объемов использования первичных и вторичных ресурсов балансируется на уровне равенства соответствующих затрат. В целом снижение замыкающих затрат на сырье или топливо означает весьма значительную экономию народнохозяйственных ресурсов.

Во-вторых, использование отходов и вторичных ресурсов дает большой экологический эффект, поскольку при этом освобождаются земли, становятся чище гидро- и атмосфера (утилизация жидких и газообразных выбросов). Часть эффекта поддается экономической оценке в виде роста урожайности, снижения заболеваемости и т. д. Другая же часть, заключающаяся в сохранении и улучшении эстетических свойств ландшафта, сбережении уникальных природных комплексов, имеет большое социальное значение.

И, наконец, поскольку доля реально используемых в экономике СССР вторичных ресурсов в их общем объеме в настоящее время невелика, постольку в росте их использования скрыт большой потенциальный эффект. В данном случае относительно небольшие приращения затрат значительно увеличивают эффективность использования вторичных ресурсов. Росту эффективности будет также способствовать появление косвенных эффектов: в энергетике, на транспорте, в процессе урбанизации и т. д. Вполне естественно, что при достижении высокого уровня утилизации отходов и использовании их наиболее благоприятной в технико-экономическом отношении части его дальнейшее повышение может стать экономически менее эффективным и сравнимым с простым использованием первичных ресурсов.

5. СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ЗАМЕНТЕЛЕЙ

Использование заменителей наиболее дорогих и дефицитных видов минерального сырья можно рассматривать как внедрение нетрадиционных ресурсов, поскольку в каждом отдельном случае для этого требуется либо принципиально новый вид сырья и соответствующие способы его переработки, либо такая же новая технология применения известного сырья, либо принципиальное

изменение удовлетворения потребности в той или иной функции, выполнявшейся ранее заменяемым сырьем. Все это отвечает тем представлениям о нетрадиционных минеральных ресурсах, из которых исходят авторы настоящей работы. Именно в связи с этим рассмотрим использование заменителей в качестве альтернативного пути обеспечения минеральным сырьем.

Несмотря на то что подобный способ удовлетворения потребности в ресурсах имеет длительную историю и широко распространен в различных областях экономики, теоретические вопросы, связанные с возникновением потребности в заменителях и ее целесообразностью, социальными и экономическими последствиями, типами замены, разработаны слабо. Попытку классифицировать последнюю группу вопросов предпринял в 1983 г. Дж. Тилтон. Он выделил пять типов замены, которые, по его мнению, существенно влияют на структуру потребления минерального сырья.

Первый тип замены — материал на материал, т. е. один материал заменяется другим. Это — наиболее общепринятый тип замены, и можно привести много примеров: применение алюминия вместо меди в кабельной промышленности и при производстве охлаждающих радиаторов для автомобилей; пластмасс — вместо стали при изготовлении автомобильных кузовов и выпуске широкого ассортимента металлоизделий; бора, никеля и молибдена взамен при производстве стали; керамики — вместо специальной жаропрочной стали в деталях турбин и реактивных двигателей и др. К этому же типу замены относится и использование угля как источника синтетического жидкого топлива вместо нефти. Замена материала на материал в одних случаях происходит без существенных технологических изменений в области использования, в других же случаях требуется значительная реконструкция имеющихся технологий и создание целого ряда сопряженных отраслей с соответствующей инфраструктурой.

Второй тип замены — другие производственные ресурсы на материал — заключается в уменьшении количества используемого материала благодаря росту вовлеченного труда, энергии, капитала. Например, ручная пайка в радиотехнической и электронной промышленности требует меньше припоя (обычно олова), чем автоматизированное производство с использованием плат и интегральных схем. В подобных случаях, а их довольно много, решающим фактором для выбора технической политики и соответственно количества и состава используемых материалов является текущее и прогнозируемое соотношение затрат на материалы, энергию, рабочую силу, оборудование. В зависимости от изменения этого соотношения во времени может меняться спрос на различные материалы.

Третий тип — качество на материал. Улучшение качества позволяет продлить срок службы и уменьшить потребность в том или ином виде сырья. Например, легирование стали и ее специаль-

ная обработка могут значительно (в несколько раз) повысить срок службы изделия, в котором эта сталь применяется. Дж. Тилтон приводит пример замены тонкостенных легких бутылок одноразового употребления, производившихся в США во время второй мировой войны, более толстостенными бутылками, использовавшимися многократно и тем самым уменьшавшими потребность в стекле.

Четвертый тип — межпродуктовой заменой — связан с изменением состава используемых товаров и услуг для удовлетворения определенных потребностей. Скорее всего, речь здесь идет о функциональной замене. В экономике существует и постоянно изменяется комплекс средств и производственных процессов, выполняющих определенные конечные и промежуточные функции. Например, для обеспечения сельскохозяйственных растений необходимы для роста элементами — фосфором, калием и азотом — создан комплекс мероприятий по добыче и производству минеральных удобрений, средств для их транспортировки и внесения в почву, или для осуществления телефонной связи созданы комплекс соответствующей аппаратуры и разветвленная система разветвленных кабелей и проводов.

Наряду с этим существуют или развиваются альтернативные способы осуществления подобных функций. Так, для сохранения и пополнения питательных веществ в почве можно применять комплекс лесных и других «сухих» мелиораций, использовать органические источники питательных веществ, совершенствовать методы орошения и внесения удобрений. При определенном соотношении затрат этот путь становится эффективнее, чем дальнейшее наращивание мощностей по выпуску минеральных удобрений, и позволяет снизить потребность в таких видах сырья, как апатиты, фосфориты, калийные соли и др. Внедрение радиотелефонов, спутниковой связи позволяет существенно уменьшить потребность в меди, которая используется в традиционных телефонных кабелях и проводах. Передача изображения по фототелеграфу дает возможность избежать материальных и энергетических затрат, связанных с изготовлением и доставкой газетных матриц в другие города, развитие телевидения снижает потребность в строительстве новых зданий для кинотеатров и т. д.

Хотя в этом типе замены уже имеются пересечения с ранее выделенными типами (со вторым и в меньшей мере третьим), он все-таки сохраняет черты самостоятельности, поскольку можно подобрать ряд примеров, которые нельзя отнести к другим типам.

Дж. Тилтон выделяет еще один тип технологической замены, осуществляемый благодаря усовершенствованиям технологии в сторону снижения материалоемкости. По нашему мнению, его нельзя признать самостоятельным. Об этом свидетельствуют и примеры, которыми он иллюстрирует данный тип замены.

Первый пример относится к значительному уменьшению по-

требности в олове благодаря развитию электролитических методов его нанесения на консервные банки. Но этот пример можно отнести ко второму типу замены. Для развития этой технологии потребовалась замена существующего оборудования (т. е. вложение капитала).

Второй пример замены такого типа — применение алюминиевых банок для напитков вместо банок с оловянным покрытием. Этот пример можно отнести к замене первого типа. Хотя для изготовления алюминиевых банок и потребовалась разработка новой технологии, принципиально это не меняет дело — можно отнести данный пример к смешанному типу замены (первый с элементами второго).

Анализ различных типов замены показывает, что «чистых» типов существует не так много. Объясняется это, по-видимому, множеством факторов, влияющих на замену, различной структурой потребления отдельных видов сырья в разных странах и отсюда — разной степенью эффективности использования и замены отдельных материалов. Такое положение создает большую пестроту взаимодействующих факторов и оставляет мало места для классификационно чистых типов замены.

Остановимся теперь на других теоретических вопросах заменяемости различных видов минерального сырья. Попытаемся ответить на вопрос, что вызывает потребность в замене, и выделим ряд факторов, влияющих на этот процесс. Во-первых, ресурсные факторы, выражающиеся в слабой обеспеченности разведанными запасами того или иного вида сырья в масштабах страны или мира в целом. Эти факторы по-разному влияют на процесс замены в отдельных группах стран.

Небольшие объемы разведанных запасов какого-либо вида сырья или даже полное их отсутствие в индустриально развитых капиталистических странах, имеющих большой ассортимент экспортной продукции и отсюда возможность приобретения необходимого сырья на мировом рынке, не стимулирует эти страны к активным поискам и внедрению заменителей. Более того, некоторые из этих стран, обладая солидными запасами отдельных видов сырья, предпочитают его импортировать преимущественно из развивающихся стран. Последние же, чтобы избежать разработки и внедрения заменителей основными потребителями, бывают вынуждены снижать цены на сырье, в частности на медь. Об этом говорили основные производители меди среди развивающихся стран на IX сессии Комитета по природным ресурсам ООН в 1985 г.

С другой стороны, многие страны, не имеющие больших возможностей импортировать сырье, вынуждены искать заменители многим его видам в ущерб технологической и экономической целесообразности и качеству продукции. В первую очередь для этого используются местные материалы и источники энергии. Металлы

нередко заменяются деревом или металлами, которые имеются в стране; в качестве топлива используются лес, биогаз. В отдельных странах (Бразилия) выращиваются растения с большим содержанием углеводов. Из этих растений получают этиловый спирт для добавки (в количестве до 10 %) к обычному моторному топливу без изменения конструкции двигателя.

К подобным заменам иногда прибегают и некоторые развитые страны — импортеры сырья по соображениям безопасности, а также в случае военных конфликтов, вызывающих прекращение поставок традиционного сырья, т. е. руководствуются политическими факторами. В большинстве случаев использование таких вынужденных заменителей после ликвидации перебоев в поставках или окончании военных конфликтов прекращается. Однако некоторые технические идеи, заложенные в таких технологиях, оказываются довольно плодотворными и получают развитие в соответствующих условиях. Примером может служить получение жидкого моторного топлива из угля, к которому была вынуждена прибегнуть Германия во время второй мировой войны. Впоследствии (через три десятилетия) идея получения такого топлива стала очень популярной, а в ЮАР, например, нашла коммерческое воплощение. Процесс этот был бы шире, если бы ценообразование на нефть имело другой характер. На этом примере видно, что в некоторых случаях внедрению заменителей способствует сочетание ресурсных и политических факторов.

Весьма актуально развитие заменителей и для СССР. Экономические показатели производства отдельных видов сырья в нашей стране ухудшились и в ряде случаев перед народным хозяйством стоит проблема — осваивать новые месторождения в необжитых районах, часто с экстремальными природными условиями, или разрабатывать новые технологии и производить оборудование для получения и использования заменителей наиболее дефицитных видов сырья.

Нехватка разведанных ресурсов в глобальном масштабе вызывает общую озабоченность основных потребителей — промышленно развитых стран и стимулирует поиски заменителей. Обычно глобальная нехватка какого-либо вида сырья сразу же отражается на повышении его цены. Поэтому страдают от этого в большей степени развивающиеся страны, не имеющие возможности оплачивать возрастающие расходы по импорту. Они ищут свои пути замены, о которых уже говорилось. Промышленно развитые страны осуществляют производство заменителей в рамках сложившейся технологической структуры, имеющей ограниченное количество вариантов замены. Одно из важных требований, предъявляемых к заменителю — сохранение конкурентоспособности продукции, выпускаемой при его применении.

В рассматриваемом процессе возникают как бы два полюса. Первый полюс — в развитых странах, связан с адаптацией к но-

вой ситуации, с обеспечением тем или иным видом сырья в сложившейся международной интегрированной технологической структуре. Как показал опыт «нефтяного кризиса» (в течение 5—7 лет вместо нефти в ряде отраслей использовались заменители), такая адаптация может быть довольно успешной. Хотя на Западе этот успех связывают главным образом с действием рыночного механизма, нельзя не увидеть, что большую роль в его достижении сыграло государственное регулирование как в рамках отдельных стран, так и в организации, объединившей все капиталистические промышленно развитые страны для решения этой проблемы — Международного энергетического агентства (МЭА).

Второй полюс, находящийся в развивающихся странах, ориентирован на максимальную мобилизацию местных ресурсов для выполнения тех функций, при которых ранее использовался заменяемый вид сырья. И хотя весь производственный процесс здесь направляется, скорее, на «выживание», нежели чем на сохранение конкурентоспособности (если она была), именно здесь могут родиться революционные технические идеи и решения, которые вполдствии ожидает широкое распространение и вытеснение традиционных технологий. Это связано с тем, что страны, участвующие в данном процессе, поставлены перед необходимостью приспособиться прежде всего к своим условиям, а не к традиционным технологиям. Учитывая разнообразие таких условий, следует ожидать возникновения большого количества различных технических решений, часть из которых может быть перспективна для всего мира. Например, можно допустить, что на возникновение идеи мини-заводов в черной металлургии, которая сейчас находит широкое воплощение во всем мире, определенное влияние оказали неудачные и несвоевременные попытки КНР решить вопрос обеспечения металлом путем строительства «домашних доменных печей в эпоху большого скачка».

Разнообразию технических решений в области разработки заменителей способствует также различная структура потребления одного и того же вида сырья в отдельных странах. Так, для промышленно развитых стран характерен рост потребления многих видов сырья в производстве изделий высокой степени обработки, сфере услуг, химической промышленности, тогда как в менее развитых странах значительное количество сырья идет на изготовление полуфабрикатов.

Подобные различия в структуре потребления обуславливают отличия «узких мест» в сырьевом обеспечении разных стран, что и дает потенциальное разнообразие технических решений. Однако такое разнообразие не следует отождествлять с широким спектром альтернатив для конкретной экономики каждой страны. Потенциально имеющиеся решения необходимо сопоставить с возможностями и перспективами развития экономики-реципиента. После

Таблица 40

Структура потребления олова в США. По Дж. Тилтону

Область использования	1955 г.	1978 г.
Лужение	34,1/37*	17,3/27
Пайка	22,6 25	18,3/29
Изготовление бронзы и латуни	20,0/22	10,4/17
Химическая промышленность	1,9/2	7,6/12
Другие области	13,3/14	9,5/15
Всего	91,9/100	63,1/100

* В числителе — тыс. т, в знаменателе — %.

этого выбор значительно сужается. В табл. 40 приведена структура потребления олова в США в 1955 и в 1978 гг.

Из табл. 40 видно, что абсолютное потребление олова удалось сократить почти на треть, изменив при этом структуру потребления в сторону значительного уменьшения доли лужения и использования в сплавах, наряду с резким увеличением его применения в химической промышленности и некоторого увеличения в пайке. Однако для СССР копирование такого пути невозможно, поскольку в США уменьшение потребления олова для лужения произошло в значительной степени за счет замены его в консервной промышленности алюминием, специальным картоном и некоторыми другими материалами, производство которых в СССР по разным причинам не получило широкого распространения. Кроме того, в СССР в химической промышленности не используются оловоорганические соединения в качестве стабилизатора для пластмасс, а это — основная область применения олова в этой отрасли в США.

При рассмотрении ресурсных факторов замещения следует отметить также, что возможности замены зависят не только от имеющихся ресурсов минерального сырья, но и от энерговооруженности. Самые распространенные элементы в природе находятся в таких формах, что для использования их в качестве других производственных ресурсов требуются колоссальные количества энергии. Вполне вероятно, что овладение ее новыми обильными и возобновляемыми источниками поставит вопрос разработки замещителей как воплощение идеи так называемой «кремниевой цивилизации», когда основным конструкционным материалом станет кремний (и в определенной степени алюминий), а добавки различных элементов будут придавать им нужные свойства. Уже сейчас добавки скандия в алюминий позволяют вести его сварку, что может существенно перевернуть наши представления об обеспеченности конструкционными материалами.

Рассматривая ресурсные факторы, побуждающие к замене, нельзя остаться в стороне от технологических факторов, которые

побуждают к замене в тех случаях, когда преследуются цели улучшения качества, увеличения количества и удешевления стоимости продукции. Здесь также переплетаются ресурсные и технологические факторы, поскольку удешевление продукции бывает связано с заменой ограниченных, чаще всего более дорогих, ресурсов более дешевыми и обильными. Однако это следует рассматривать как частный случай. В общем же целесообразность замены по технологическим соображениям основывается на следующих критериях: соответствие предназначенным функциям, стоимость изготовления, эффект у потребителя (качество, стоимость и срок службы). Если первый критерий обязателен для всех вариантов, то другие подлежат тщательному сопоставительному анализу и определению интегральной сравнительной эффективности для всех рассматриваемых вариантов.

В качестве примера, иллюстрирующего сложность и неоднозначность оценки всего комплекса критериев, рассмотрим расчет экономической эффективности замены стального кузова алюминиевым (табл. 41). В расчете условно взят кузов автомобиля МАЗ-503А, материал — сталь 3.

Экономические преимущества алюминиевого кузова проявляются на довольно высоких стадиях обработки (изготовления кузова) и особенно при его эксплуатации. Причем меньшие затраты на изготовление во многом обусловлены большой стоимостью отходов, подлежащих реализации. Конечно, целостную величину эффекта от замены нельзя получить в рамках одной отрасли. Более того, на большей части производственного цикла изготовления и использования изделия, проходящего через несколько отраслей, промежуточные эффекты могут быть обратными конечному.

Серьезные препятствия на пути замены — существующие технологии и оборудование. Их стоимость и степень амортизации по сравнению с затратами на создание и установку нового оборудования (т. е. капитальные вложения) также служат одним из критериев целесообразности замены. Если по интегральному показателю, включая капитальные вложения, использование заменителя более эффективно, но основные фонды традиционной технологии в значительной степени недоамортизированы, то вопрос перехода на новую технологию решается в каждом случае исходя из конкретных обстоятельств. При этом должно быть найдено оптимальное решение, которое не принесло бы существенных убытков в краткосрочном периоде смены технологий и было бы эффективно в долгосрочном аспекте. Часто таким решением может быть план-график замены производственных мощностей исходя из степени их износа, а также меняющейся ситуации со спросом на материалы и готовую продукцию.

Последнее следует оговорить особо. Рост цен на сырье и материал далеко не всегда достаточен для внедрения заменителя. Находясь в начальном звене длительных технологических цепочек по

Таблица 41

Расчет экономической эффективности применения алюминиевого кузова вместо стального.

По О. И. Кондратьеву

Статьи затрат	Материал, из которого изготовлен кузов	
	сталь	алюминий
Затраты на металл, руб/т		
В том числе:		
в металлургическом производстве (включая затраты на сырье):		
капитальные затраты	313,3	1333,3
себестоимость	52	266,6
в сопряженные производства (энергетику):		
капитальные затраты	20	466,6
себестоимость	1,33	100
Итого:		
капитальные затраты	333,3	1800
себестоимость	53,33	366,6
Приведенные затраты на металл, руб/т	103,3	636,6
Приведенные затраты на металл для изготовления одного кузова автомобиля при расходе стали — 0,8 т и алюминия — 0,55 т, руб.	82,6	350,1
Приведенные затраты на изготовление одного кузова за вычетом стоимости отходов, руб.	316	264
Себестоимость годовой (руб.) перевозки грузов (капитальные затраты одинаковы) при:	8204	7916
грузоподъемности автомобиля, т	8,0	8,3
годовой производительности, тыс. т/км	190,8	197,9
Себестоимость перевозки, включая зарплату водителя, расходы на топливо и др., коп/т·км	4,30	4,0
Затраты на использование вторичных ресурсов (лома кузова), руб.	20	50
Затраты на производство и эксплуатацию кузова автомобиля с учетом использования вторичных ресурсов (лома кузова), руб.	8622,6	8580,1
Народнохозяйственная эффективность применения алюминиевого кузова вместо стального, руб.	—	42,5

изготовлению конечной продукции, цены на сырье тем меньше влияют на стоимость конечной продукции, чем выше степень обработки изделия. Так, доля затрат на добычу железной руды, необходимой для выплавки 1 т чугуна, в себестоимости 1 т чугуна составляет 16—20 %; аналогичный показатель в расчете на 1 т стали уже равен 6—8 % и еще более резко падает при переходе к продуктам следующих стадий обработки. По данным Дж. Тилтона, доля затрат на олово в общих затратах на производство консервных банок для напитков (в расчете на 1 тыс. штук) составляет (%): белой жести — 3,6; банки — 2,3; готового продукта

(в среднем) — 0,5 %, т. е. изменение цен на сырье незначительно сказывается на стоимости конечной продукции, в которой данное сырье используется. Гораздо сильнее на использование заменителей повлияет повышение спроса, рост производства и следующее за этим снижение цены на готовую продукцию, структура стоимости которой обычно стремится оставаться постоянной. Это видно из примеров. Так, переход на массовый выпуск автомобилей, бытовой техники способствовали поиску и широкому внедрению заменителей.

К причинам замены относится и структурный фактор, т. е. стремление максимально использовать каждый вид сырья в той сфере, где он дает наибольший эффект, и соответственно отказ от него в тех областях, где этот эффект меньше.

В основе структурного фактора замены лежит фундаментальная особенность минерального сырья — его полифункциональность. Практически почти каждый вид сырья используется в нескольких областях. Можно выделить три главные области применения: энергия, конструкционные материалы и поддержание жизни. На этих областях базируются все основные отрасли промышленности и сельского хозяйства. Существуют трудо-, материало- и энергоемкие отрасли, и их связь с каждой из областей применения различна, но ни без одной из них невозможно нормальное функционирование любой отрасли.

Если области применения материалов и энергии прямо связывают минеральное сырье с промышленным и сельскохозяйственным производством, то область поддержания жизни соотносится с ней опосредованно — через людские ресурсы, состояние которых зависит от ряда факторов, в том числе и от обеспечения необходимыми сырьевыми материалами как прямо потребляемыми людьми (вода, соли) так и для производства продуктов питания (минеральные удобрения и кормовые белки). Хотя эта связь и опосредствованна, она относится к такой важной области, состояние которой определяет в конечном счете положение в других сферах потребления минерального сырья. Человечество начало с ресурсов, необходимых для поддержания жизни, а затем создало возможности для использования других минеральных ресурсов. И в случае реальной угрозы истощения жизненно необходимых ресурсов или возникновения продовольственного кризиса, ликвидировать который можно будет только с помощью минеральных удобрений, приоритеты будут принадлежать именно этой области применения минерального сырья (в нашей классификации области поддержания жизни), и экономические пределы истощения здесь будут самыми далекими — общество согласится платить за эти ресурсы такую цену, которую оно не заплатило бы за любые другие полезные ископаемые.

Области использования минерального сырья тесно связаны с различными отраслями экономики. Каждая из отраслей эконо-

мики включает все области применения минеральных ресурсов, вбирая из них сырье, заложенное в материалах, энергии, ресурсах для поддержания жизни (в промышленности — через людские ресурсы). Горнодобывающая отрасль также является крупным потребителем сырья из всех трех областей (энергия, конструкционные материалы, поддержание жизни). Это необходимо учитывать, планируя различные крупномасштабные ресурсные стратегии на перспективу.

Отдельные виды полезных ископаемых могут применяться сразу в двух или даже в нескольких отраслях. Таковы, например, горючие ископаемые, основная функция которых — получение энергии. Кроме того, они используются при создании искусственных материалов, служат сырьем для удобрений и материалов для получения кормовых белков (нефть). Естественно, что ресурсы, применяемые сразу в двух или нескольких областях, имеют в каждой из них различное значение в определенный период времени. Например, последние десятилетия и в ближайшем будущем нефть играла и будет играть ведущую роль в энергетике, тогда как в двух других областях (химия, медицина и др.) она пока играет второстепенную роль.

Один из важных шагов в разработке долгосрочной ресурсной политики — определение потенциальной возможности замены одних важнейших и дефицитных минеральных ресурсов другими. В настоящее время, конечно, трудно учесть все технологические факторы, которые смогут повлиять в будущем на возможность замены. Тем не менее рассмотрение уже имеющихся возможностей показывает их потенциальные масштабы, которые в будущем должны будут расширяться. При этом речь пойдет не об экономически целесообразной, а о принципиально возможной замене, поскольку экономическая целесообразность будущего представляется во многом отличной от таковой сейчас.

В мировой добыче и торговле минеральным сырьем нефть в настоящее время занимает первое место как по стоимости, так и по объему (не считая сырья для производства стройматериалов). Как базисный сырой материал она не имеет заменителей, однако в областях использования конечных продуктов нефть во многих случаях может быть заменена. Например, мазут на электростанциях заменяют углем и природным газом. Возможна также замена моторного топлива, получаемого из нефти, синтетическим топливом из угля, метанолом и водородом. Важными заменителями нефти как энергетического сырья представляются такие новые источники, как ядерная и термоядерная, солнечная, геотермальная энергия и т. д. Как исходный продукт для получения жидких и газообразных углеводородов нефть во многих случаях может быть заменена сланцевым маслом, углеводородными газами, продуктами переработки угля. В медицине применение нефти пока еще незначительно. Одним из заменителей, по-видимому,

сможет быть сланцевое масло, идентичное по химическому составу и физическим свойствам.

Большое число заменителей у такого широко распространенного в области материалов сырья, как алюминий, медь, сталь, дерево, цинк, магний, титан и пластмассы — вот далеко не полный перечень материалов, которые могут быть заменителями алюминия в некоторых случаях его использования. Тем не менее создать заменитель, полностью удовлетворяющий как условиям производства, так и требуемым свойствам, пока удастся очень редко. Имея заменители во многих областях своего применения, алюминий сам заменяет многие материалы. Сейчас все больше используется как строительный материал; алюминий заменяет сталь, дерево, бетон и строительный камень; вытесняет он многие металлы в автомобильной и электротехнической промышленности.

Существует много заменителей и у стали, но только немногие из них удовлетворяют технико-экономическим условиям в той же степени, что и сталь. Из цветных металлов вместо стали для изготовления строительных конструкций, проволоки, стержней, брусков, труб, туб, контейнеров и т. д. могут быть использованы алюминий, медь, титан, цирконий и бериллий, а также некоторые их сплавы. Среди неметаллических материалов в качестве заменителей железа и стали используются дерево, пластмассы, прессованная кожа, стекло и графит. Железобетон — основной заменитель строительной стали.

Никель может быть заменен альтернативными материалами почти во всех случаях его использования. Тем не менее, за небольшим исключением, заменители более дороги и подчас обладают худшими физическими и химическими характеристиками. Например, сплав чугуна с титаном может успешно применяться во многих областях, где сейчас используются сплавы с высоким содержанием никеля. Многие пластмассы имеют такие же или лучшие антикоррозионные свойства по сравнению с никельсодержащими коррозионно-устойчивыми материалами. Краска, эмаль, алюминий, — вот те материалы, которые могут использоваться вместо хрома и никеля.

Кобальт и никель взаимозаменяемы: несмотря на то, что на мировом рынке цена на кобальт выше, чем на никель, он выгоднее в экономическом отношении. При добавке кобальта качество сплавов и магнита намного лучше, чем при добавке других элементов. Поэтому замена кобальта любым заменителем влечет к потере некоторых ценных физических свойств (износостойкость, прочность и т. д.). В производстве карбидов металлов и инструментальной стали также пока нет освоенных промышленностью заменителей кобальта, однако, ожидается, что сплавы, разработанные на основе никеля, ванадия, молибдена, вольфрама или хрома, могут обладать такими же или даже лучшими свойствами, по сравнению со сплавами, содержащими кобальт. Керамические

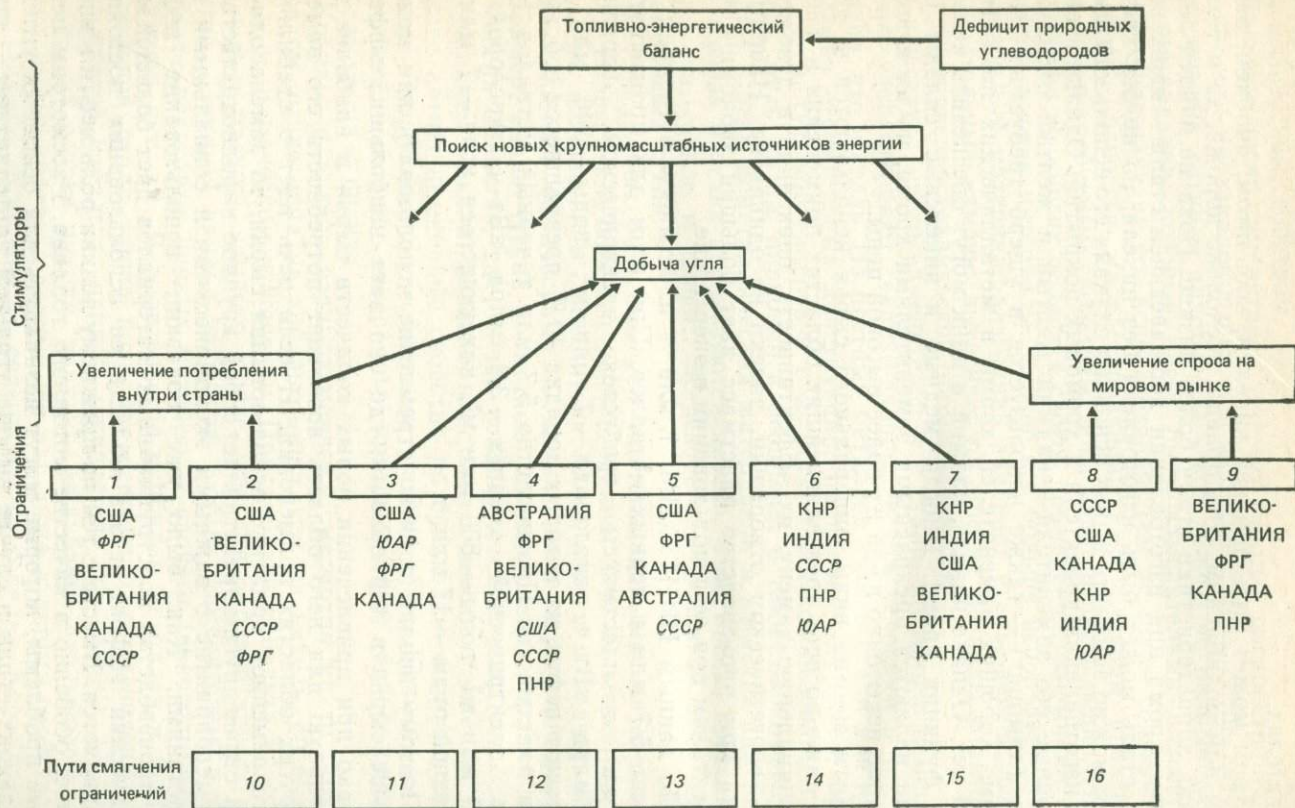
материалы могут заменять сплавы кобальта в газотурбинных двигателях.

Хром может быть заменен никелем, кобальтом, ниобием, ванадием или молибденом. Это, правда, несколько дороже, да и технические характеристики стали более низкие. Пока не найден заменитель хрома при изготовлении нержавеющей стали — нержавеющей сталь может быть изготовлена без никеля, но не без хрома. Хром можно заменить в двух основных случаях его использования — при изготовлении красителя и хромовых покрытий. Однако и здесь основные его заменители — кадмий желтый и желтый оксид железа (лимонит) — также используется в ущерб требуемым свойствам. Хороших заменителей хрома в металлических покрытиях пока нет. Однако никель, кадмий и цинк могут обеспечить некоторые функции хрома. Иногда медные и никелевые сплавы или титан являются прекрасными заменителями хрома, но их использование невыгодно из-за их более высокой цены.

Хотя многие виды минерального сырья используются в двух или даже во всех трех главнейших областях применения и имеют потенциальную замену, их эффективность, оцененная в денежном или энергетическом отношении, далеко не одинакова. Например, нефть при производстве пластмасс дает больший экономический эффект, чем при ее использовании в энергетике.

По данным НИИТЭХИМ, 1 млн т пластмассы в среднем заменяет 5,7 млн т черных металлов. При этом для производства 1 млн т пластмассы требуется электрической энергии — 1,3 млрд кВт·ч, кислорода — 7 млн м³, воды — 240 млн м³, 3,5 млн т нефти, из которых порядка 40 % превращается собственно в пластмассы. Производство 5,7 млн т черных металлов требует электрической энергии — 3,8 млрд кВт·ч, кислорода — 1100 млн м³, воды — 800 млн м³, коксующегося угля — 7 млн т, железной руды — 17 млн. т.

Поэтому вполне понятно стремление использовать как можно больше сырья в той области, где оно дает наибольший эффект. Однако при привлечении новых количеств сырья в наиболее эффективную для него область возникает потребность его замены в других областях применения. И если речь идет о стабильной долговременной политике использования сырья, то замена одного вида сырья другим представляет собой крупное народнохозяйственное мероприятие с важными экономическими и социальными последствиями. Как было уже показано использование нефти для производства конструкционных материалов дает большой экономический эффект и эта область ее использования постоянно расширяется. Вместе с тем по-прежнему велика роль нефти в энергетике, особенно в качестве моторного топлива. Рассмотрим некоторые проблемы, которые могут возникнуть для основных угледобывающих стран в случае выбора угольной альтернативы — заме-



ны нефти наиболее обильным по запасам видом ископаемого топлива — углем.

Широкомасштабная добыча и использование угля связаны с целым рядом технических, экологических, экономических и социальных проблем, которые возникали перед человечеством в предшествовавший период, когда уголь был главным топливно-энергетическим ресурсом. Однако человечество не пошло по пути коренного решения этих проблем, так как были открыты более «удобные» и дешевые ресурсы — нефть и газ. Если обстоятельства сложатся так, что мир примет угольную альтернативу и начнется резкий рост добычи угля, то эти и некоторые новые проблемы вновь возникнут во всей остроте (рис. 26).

Выбор угольной альтернативы рассматривается как одно из направлений поисков крупномасштабных источников энергии, вызванных напряженным положением топливно-энергетического баланса из-за надвигающегося дефицита природных углеводородов. В этом случае основными стимуляторами резкого расширения добычи угля будут увеличение потребления внутри страны и на мировом рынке. Размеры потребления угля внутри страны могут быть в значительной степени ограничены привязанностью промышленности и инфраструктуры к жидкому топливу (интенсивная автомобилизация, дизельный, железнодорожный и водный транспорт, широкое развитие авиации и т. д.). Другой ограничитель потребления угля внутри страны — требования к соблюдению предельно допустимых концентраций оксидов азота, серы, углерода и аэрозолей в воздухе, поскольку уголь относится к наиболее крупным и активным «поставщикам» этих веществ.

Возможность поставки угля на мировой рынок может быть ограничена более высокими издержками на добычу угля в отдельных странах из-за возрастания глубины залегания и сложных геологических условий, что делает его неконкурентоспособным по сравнению с другими экспортерами. Еще одним ограничением экспортных возможностей могут быть большие затраты на транспортировку угля от места добычи. Особенно это относится к тем странам, где главнейшие месторождения удалены от побережья.

Помимо названных ограничений, влияющих на потребление угля внутри страны и на его позицию на мировом рынке, на нее

Рис. 26. Основные направления широкомасштабной добычи угля для различных стран.

1—9 — ограничения (США — значительные ограничения; США — менее значительные): 1 — привязанность экономики к нефти и газу, 2 — загрязнение при использовании угля, 3 — загрязнение при добыче угля, 4 — дефицит водных ресурсов, 5 — нехватка рабочей силы, 6 — нехватка оборудования, 7 — низкий уровень финансирования НИОКР, 8 — неблагоприятные условия транспортировки, 9 — высокие издержки добычи; 10—16 — пути смягчения ограничений: 10 — синтетические нефть и газ, 11 — подземная газификация, 12 — улавливание вредных примесей, 13 — рекультивация карьеров и отвалов, 14 — автоматизация и механизация, 15 — увеличение финансирования в результате совместных программ, 16 — новые методы транспортировки грузов и реконструкция портов.

непосредственно действует еще ряд ограничений. Естественно, для каждой из главных угледобывающих стран эти проблемы имеют различное значение.

Происходящие сейчас структурные изменения в экономике и научно-техническом развитии оказывают большое влияние на распространение различных заменителей, поскольку быстро меняющиеся поколения техники и появление принципиально новых технологий предъявляют такие требования к свойствам различных материалов, какими природное сырье или не обладает, или отсутствуют производственные мощности для получения сырья с нужными свойствами в необходимом количестве.

Широко известно, какие масштабы приобрело производство искусственных кристаллов алмаза, кварца, корунда и других природных, а также не встречающихся в природе в чистом виде элементов и соединений. Возможность широкого применения в различных отраслях народного хозяйства кристаллов с требуемыми физическими свойствами и относительно невысокая их стоимость способствовали бурному развитию таких отраслей промышленности как авиакосмическая, световолоконная оптика, микроэлектроника и т. д. В то же время для этого не потребовалось значительного увеличения добывающих предприятий, что было бы необходимо без производства искусственных кристаллов и повлекло бы существенное увеличение затрат, а вероятно, сделало бы и невозможным достижение такого уровня развития передовых технологий.

Не меньшее значение приобретает применение новых материалов заменяющих такие важные металлы, как хром, марганец, кобальт, платиноиды. Разрабатываемые сейчас керамические, полимерные и композиционные материалы позволяют производить более эффективную и дешевую продукцию. Например, замена алюминия углерод-эпоксидным композитом в фюзеляже крупного самолета позволит сократить общие производственные расходы на 30%. Фюзеляж станет не только легче, но и будет обладать более высокой усталостной прочностью и коррозионной стойкостью.

Композит в общем случае представляет собой матрицу из одного материала, армированную волокнами или диспергированными частицами другого материала, благодаря чему в нем сочетаются свойства обоих компонентов. Сочетание различных элементов открывает широкие возможности для получения композитных материалов, поскольку такие широко распространенные и доступные элементы, как углерод, алюминий, кремний, азот и кислород образуют соединения с прочными и стабильными связями и могут обеспечить композитам на их основе широкую гамму свойств, таких, как высокая прочность, жесткость, теплостойкость, устойчивость к химическим воздействиям, малая плотность.

Из керамики изготавливают вставки режущих инструментов, роторы турбонагнетателей, механические уплотнения и втулки кла-

панов автомобильных двигателей. По данным некоторых фирм США, темпы роста применения керамических материалов в традиционных областях (режущий инструмент и уплотнения) предположительно составят в среднем 12 % в год.

Полимеры потеснили сталь, алюминий и другие конструкционные металлы из обычных областей их использования (высокие температуры и большие механические нагрузки); со временем полимеры заменят традиционные материалы в электронных и оптических системах связи и вычислительной технике. В настоящее время многие зарубежные автомобильные фирмы переходят на выпуск автомобилей, кузова и бамперы которых изготавливаются преимущественно из полимерных пластмасс. Преимущества таких автомобилей — в их значительно меньшей массе, поскольку плотность стали составляет около $7,8 \text{ г/см}^3$, а плотность пластмасс — около $1,2 \text{ г/см}^3$. Переход на более легкие материалы позволит снизить удельный расход топлива в процессе эксплуатации автомобиля; кроме того, пластмассы лучше противостоят легким ударам и не подвержены коррозии, что в свою очередь продлит срок службы автомобиля.

В настоящее время трудно сказать, какие виды минерального сырья и материалов найдут адекватную замену. Основываясь на современных разработках, можно предполагать, что большая часть применяемых сейчас ресурсов может быть заменена в некоторых областях использования частично или целиком другими, более обильными видами ресурсов. Не исключено, что для некоторых видов сырья не будет найдено замены, но ожидается, что эти виды сырья будут иметь ограниченное использование и их истощение не скажется на уровне жизни человечества.

Безусловно, научно-технический прогресс сможет устранить или облегчить часть сырьевых проблем, но мы в настоящее время не имеем основания говорить, насколько это будет радикально. До последнего времени научно-технический прогресс довольно успешно решал проблемы, стоящие перед человечеством и всегда в его пользу (по крайней мере без учета очень отдаленных последствий). Однако прошлый опыт не должен вселять в нас необоснованный оптимизм, поскольку человечество находится сейчас на новой ступени своего развития с иной структурой экономики и с существенно более высоким абсолютным ростом потребления сырья. Кроме того, уже накапливается влияние отдаленных последствий технического прогресса — гипертрофия крупной машинной индустрии, истощение наиболее богатых месторождений, кризисные явления в экологии в некоторых регионах и т. д.

Представляет также интерес возможность возврата к прежнему сырью после его замены. При замене по ресурсным или политическим факторам в случае, когда использование заменителя ухудшает экономические показатели, на первый взгляд кажется, что такой возврат возможен. Однако при более детальном анализе

выясняется, что это может произойти только в отдельных случаях, отвечающих определенным условиям, когда переход на использование заменителя не был связан с существенным изменением технологического процесса и оборудования, не требует большого времени (как и обратный переход), не влияет на ассортимент продукции последующих стадий обработки. В случаях же, не отвечающих этим условиям, возврат к первичному сырью маловероятен. Чем больше времени требуется на обратную замену, тем эта вероятность уменьшается, поскольку коренным образом меняются технологии и ассортимент продукции, который определенным образом «подстраивается» под новые свойства заменителя. При замене по технологическим или структурным факторам такой проблемы не возникает вообще, потому что в этих случаях внедрение заменителя производится именно для улучшения экономических показателей.

Подобный безвозвратный характер замены подкрепляется еще тем обстоятельством, что сам акт внедрения заменителя — процесс дискретный и одноразовый, происходящий вследствие сочетания ряда факторов и условий, побуждающих к замене. Поскольку технологии на протяжении большей части истории испытывают эволюционное развитие, вряд ли можно ожидать повторения тех же условий с обратным знаком, хотя в качестве единичных нетипичных случаев такие события не исключаются.

Таким образом, проблема разработки и успешного эффективного внедрения заменителей тех или иных видов минеральных ресурсов — очень сложная проблема. Особо следует отметить, что речь идет не только и не столько о замене одного материала или источника энергии другим, а прежде всего о глубоких экономических и структурных сдвигах в производственном процессе, технологиях, оборудовании и ассортименте конечной продукции.

Ускорение социально-экономического развития страны, перевод экономики на преимущественно интенсивный путь развития, осуществляемый в соответствии с решениями XXVII съезда КПСС, требуют соответствующей перестройки обеспечения экономики минерально-сырьевыми ресурсами. Важную роль в решении этих проблем должно сыграть освоение и включение в хозяйственный оборот нетрадиционных видов минерального сырья.

Анализ особенностей объективного исторического развития минерально-сырьевой базы СССР и других стран мира подтверждает необходимость и экономическую целесообразность более форсированного комплексного изучения возможностей освоения новых генетических проявлений полезных ископаемых. Нельзя забывать, что народнохозяйственная структура, с которой наша страна вступит в XXI в., создается сегодня, в наши дни. И от того, в каком состоянии будет находиться минерально-сырьевая база, во многом зависят темпы развития экономики. В прошедшем периоде решение отдельных экономических и социальных задач было осложнено исчерпанием многих крупных месторождений полезных ископаемых, перемещением основных центров добывающей промышленности на Восток и Север. В таких условиях становятся особенно актуальными проблемы выявления, учета и рационального использования всех имеющихся и гипотетических проявлений полезных ископаемых. В качестве основного фактора, влияющего на обеспеченность экономики сырьем и топливом, выступают достижения научно-технического прогресса, которые создают возможности для вовлечения в процесс производства новых видов природных минеральных ресурсов и одновременно создают предпосылки для снижения материало- и энергоемкости производимой продукции. Осуществление намеченных в этой сфере в соответствии с решениями XXVII съезда партии и последующих пленумов ЦК КПСС практических мер будет способствовать повышению эффективности всего общественного производства и более рациональному использованию природного сырья.

Обобщение достижений отечественных и зарубежных исследователей в области экономики минерального сырья и смежных дисциплин позволяет считать, что ускоренное развитие получит разработка теории и практики освоения нетрадиционных видов минерального сырья, поскольку это диктуется насущными потребностями социально-экономического развития нашей страны. Кроме того, методологические приемы исследований экономических проблем нетрадиционных минеральных ресурсов могут найти применение и в других базовых отраслях промышленности, имеющих дело с природными ресурсами.

В результате проведенного в данной работе рассмотрения различных аспектов проблемы освоения нетрадиционных ресурсов минерального сырья можно сделать следующие выводы.

1. Использование нетрадиционных ресурсов минерального сырья объективно расширяет возможность интенсивного вложения трудовых, материальных и финансовых ресурсов в развитие минерально-сырьевого комплекса. Так как нетрадиционные источники сырья включают не только худшие (по сравнению с используемыми в настоящее время месторождениями полезных ископаемых), но и новые, лучшие, расположенные в более благоприятных для разработки горно-геологических, экологических и транспортных условиях, более технологичные, более качественные проявления минеральных ресурсов, то освоение их неизбежно расширяет границы зоны эффективного хозяйствования. Повышение производительности труда, обеспечиваемое при прочих равных условиях лучшими природными свойствами разрабатываемого сырья, является объективным условием для снижения стоимости единицы продукции горнодобывающих и обрабатывающих отраслей промышленности.

2. Освоение нетрадиционных источников минерального сырья — важный элемент расширенного воспроизводства минерально-сырьевой базы экономики. Каждый новый генетический тип месторождений полезных ископаемых вносит в группу определенного вида сырья свой главный вклад в виде крупных и уникальных месторождений. Поэтому выявление нового генетического типа какого-либо определенного вида минерально-сырьевых ресурсов означает не только простое арифметическое расширение количества возможных источников сырья, а открывает прежде всего возможность дополнительного значительного прироста запасов этого вида полезных ископаемых за счет новых крупных и уникальных месторождений. Универсальный характер этой закономерности подтверждается многочисленными примерами из практики геологоразведочных работ.

3. Вовлечение нетрадиционных видов минерального сырья в промышленную разработку открывает дополнительные возможности для внедрения достижений науки и техники. В рамках одного генетического типа месторождений научно-технический прогресс в общем случае не может устранить экономических различий между худшими, средними и лучшими по природным качествам месторождениями, так как и при внедрении наиболее прогрессивных технологий будет сохраняться неравенство естественных условий производства. В то же время в рамках нового генетического типа месторождений могут проявиться в новом качестве и с новой производительной силой многие стороны уже освоенной промышленностью техники и технологии.

При общем росте объемов производства достижения научно-технического прогресса создают предпосылки для вовлечения до-

полнительных, более эффективных нетрадиционных источников сырья. Это, в свою очередь, формирует благоприятные условия для снижения в составе издержек производства валового общественного продукта доли затрат живого труда за счет повышения качества потребляемых природных сырых материалов.

Предлагаемый в настоящей работе подход к экономическим аспектам проблемы обеспечения минеральным сырьем позволил выявить основные структурные особенности экономического механизма хозяйственного освоения природных нетрадиционных ресурсов, их место в народном хозяйстве и их диалектическую взаимосвязь с традиционными. Дальнейшее развитие и углубленная научная разработка изложенных в настоящей работе принципов экономической оценки и методологии исследования нетрадиционных видов минерально-сырьевых ресурсов позволит с большей вероятностью предвидеть структурные сдвиги в минерально-сырьевом комплексе, а в определенных ресурсных ситуациях — контролировать темпы их фазового проявления.

Системное моделирование экономических процессов освоения новых генетических источников минерального сырья выдвигает задачи следующего этапа исследований. К ним относятся, на наш взгляд, актуальные, но чрезвычайно трудно решаемые задачи научного предвидения возможных изменений в обеспечении минеральным сырьем, прогнозировать которое предстоит без массы накопленной статистической информации по признакам, скрытым до поры до времени в недрах экономики, экологии, промышленности, науки и международной политики.

Требуется совершенствования система планирования приходной и расходной частей баланса сырьевых ресурсов. Основным методом планирования был и остается балансовый метод сопоставления ресурсов и потребностей, обеспечивающий пропорциональность в народном хозяйстве и эффективное его развитие. Однако, как показал анализ накопленного в данной области опыта, на практике гораздо больше внимания уделяется ресурсной части балансов и не всегда достаточно полно и глубоко обосновываются структура и объем потребностей, что ведет зачастую к затовариванию и перманентно возбуждает проблему «дефицита». Взвешенный научно обоснованный подход к формированию приходной (первичное и вторичное сырье, заменители, импорт) и расходной частям сырьевого баланса требует все в большей степени учета его нетрадиционной составляющей. На это ориентирует определяющая роль в коренной перестройке экономики достижений научно-технического прогресса и необходимость усиления экономических методов управления.

Заслуживает отдельного комплексного исследования проблема оптимального согласования экономики отраслей минерально-сырьевого комплекса. В условиях сужения роли отраслей, расширения и усложнения межотраслевых и региональных связей комп-

лексный состав природных минерально-сырьевых ассоциаций (руд, углеводородного сырья, рассолов и др.) все в меньшей степени находит отражение в минерально-сырьевой политике отдельных министерств. В связи с этим важной задачей будущих исследований представляется ликвидация имеющего место рассогласования между отраслями минерально-сырьевого комплекса.

Нетрадиционные минеральные ресурсы, как предтеча — исходный продукт традиционного сырья, в экономических расчетах требуют более полного учета фактора времени. Дисконтирование затрат и эффектов для этой составляющей минерально-сырьевой базы имеет более глубокие последствия, так как время вовлечения их в хозяйственный оборот в большинстве случаев значительно превышает временной интервал между затратами на освоение и эффектом от разработки традиционного сырья.

Нетрадиционные ресурсы должны найти отражение в основных элементах системы управления (планирование, финансирование, ценообразование, экономическое стимулирование), охватывающих все природные минеральные ресурсы в их единстве и взаимосвязи, все стадии их освоения (от региональных геологоразведочных работ до добычи полезных ископаемых). Необходимо предусматривать перспективное использование забалансовых некондиционных ресурсов, утилизацию отходов и вторичных ресурсов. При этом целесообразно учитывать возможность сокращения добычи природного сырья за счет выявления и использования более эффективных искусственных его заменителей, ориентироваться на все более полное удовлетворение потребностей народного хозяйства в разнообразном минеральном сырье и достижении конечных результатов при сокращении затрат на единицу осваиваемых ресурсов, экономии природных богатств и соблюдении требований по охране окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аганбегян А. Г. Научно-технический прогресс и ускорение социально-экономического развития. М., Экономика, 1985.
2. Агошков М. И. Оптимальные пути развития геологоразведочных работ и интенсификация промышленного освоения месторождений полезных ископаемых. Белград, 1982. [Материалы (доклады) XI Всемирного горного конгресса].
3. Арбагов А. А. Особенности функционирования минерально-сырьевого сектора в различных типах хозяйств. — Экономика и математические методы. 1983, т. XIX, вып. 2, с. 197—205.
4. Арбагов А. А., Толкачев М. В. Геолого-экономические проблемы освоения нетрадиционных мировых ресурсов углеводородного сырья. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1981.
5. Арбагов А. А., Шакай А. Ф. Обострение сырьевой проблемы и международные отношения. М., Международные отношения, 1981.
6. Астахов А. С. Экономическая оценка запасов полезных ископаемых. М., Недра, 1981.
7. Барский Л. Д., Алабян И. М. Безотходная технология переработки минерального сырья. М., изд. ВИНТИ, 1984. (Серия «Обогащение полезных ископаемых», т. 15).
8. Безотходное промышленное производство/ Б. В. Громов, В. А. Зайцев, Б. Н. Ласкорин и др. М., изд. ВИНТИ, 1981. (Серия «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов», т. 9).
9. Бондаренко С. С., Попов В. М., Стрелетов В. П. Основные типы месторождений и масштабы добычи гидроминерального сырья в капиталистических и развивающихся странах. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1986.
10. Гатов Т. А. Комплексное использование и экономическая оценка месторождений цветных металлов. — Природные ресурсы и окружающая среда, 1981, № 8, с. 45—50.
11. Гольдберг М. С., Каплан З. Г., Пономарев В. С. Закономерности накопления ванадия в нефтях и природных битумах. — Сов. геология, № 6, 1986, с. 100—111.
12. Горячев А. А., Карбузанова Т. В. Капиталистический рынок алюминия: долгосрочные перспективы развития. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1982, с. 1—19. (Экспресс-информация, вып. 4).
13. Гофман К. Г. Методы экономической оценки природных ресурсов. М., изд. АНХ СССР, 1980.
14. Гурари Ф. Г. О залежах углеводородов в глинистых толщах. — В кн.: Нефтегазоносность Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1981, с. 105—116.
15. История развития и минерагения чехла Русской платформы/ Под ред. Ю. Г. Старицкого. Л., Недра, 1981.
16. Кавун К. П. Определение и классификация «новых» видов минеральных ресурсов. — В кн.: Доклады на Международном симпозиуме «Новые виды минерального сырья». Карловы Вары, 1981, с. 18—38.
17. Калужский Н. А., Насыров Г. З., Сизяков В. М. Некоторые вопросы химии и технологии производства глинозема из небокситового сырья. М., изд. АН СССР, 1982, с. 51—53 (Тезисы докладов II Всесоюзной конференции по комплексному использованию руд и концентратов).
18. Каминский Ф. В. Алмазоносность некимберлитовых изверженных пород. М., Недра, 1984.
19. Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. М., изд. ГКЗ СССР, 1982.
20. Классификация запасов месторождений, перспективных и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов. М., изд. ГКЗ СССР, 1983.

21. *Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов природных нефтяных битумов*. М., изд. ГКЗ СССР, 1984.
22. *Короленко В. И., Одокий Б. Н., Третьяков Г. С.* Минерально-сырьевая база алюминиевой промышленности в СССР. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1981.
23. *Лаверов Н. П., Смилкстын А. О., Шумилин М. В.* Зарубежные месторождения урана. М., Недра, 1983.
24. *Лазарев В. Н.* Использование вторичных ресурсов в промышленности. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1982, вып. 12, с. 10—16.
25. *Ларичкин В. А.* Стадия геологоразведочных работ и фактор времени.— Сов. геология, 1981, № 1, с. 11—21.
26. *Ларичкин В. А.* Мирохозяйственные аспекты минерального сырья: прогнозы и действительность. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1982. (Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ).
27. *Лисицын А. И., Щербаков В. П.* Итоги работы геологоразведчиков России в одиннадцатой пятилетке и задачи в свете решений XXVII съезда КПСС—Сов. геология, 1986, № 4, с. 8—16.
28. *Методические рекомендации по прогнозу, поискам и разведке торфянианитов и вивианитовых торфов (на примере Западной Сибири)*. Новосибирск, изд. СНИИГИМСа, 1985.
29. *Минеральное сырье и экономия материальных и энергетических ресурсов*/ Под ред. А. С. Астахова. М., Недра, 1986.
30. *Мирилин Г. А.* Минеральные ресурсы и экономика.— Плановое хозяйство. 1984, № 8, с. 37—40.
31. *Моделевский М. С.* Пути совершенствования классификации ресурсов нефти и газа.— В кн.: Теоретические и методические вопросы геологии нефти и газа. Новосибирск, 1981, с. 132—139.
32. *Муслимов Р. Х.* Повышение эффективности освоения нефтяных месторождений Татарии. Казань, Татарское книжное издательство, 1985.
33. *Народное хозяйство СССР за 70 лет*. М., Финансы и статистика, 1987.
34. *Нестеров И. И.* Новый тип коллектора нефти и газа.— Геология нефти и газа. 1979, № 10, с. 26—29.
35. *Нетрадиционные виды минерального сырья для сельского хозяйства*/ У. Г. Дистанов, А. С. Михайлов, С. П. Никонов и др. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1985. (Геолог. методы поисков и разведки м-ний неметаллических полезных ископаемых. Обзор).
36. *Новые перспективные типы оловянных руд*/ Б. Н. Ерофеев, С. Ф. Лугов, Б. В. Макеев и др.— Сов. геология. 1982, № 5, с. 38—41.
37. *Одокий Б. Н.* Алюминий. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1984, с. 22—25. (Особенности развития добычи отдельных видов минерального сырья в капиталистических и развивающихся странах. Обзор).
38. *Океанология*. Геология океана. Осадкообразование и магматизм океана. М., Наука, 1979.
39. *Основные положения Энергетической программы СССР на длительную перспективу*. М., Политиздат, 1984.
40. *Основы прогноза урановорудных провинций и районов*/ Н. П. Лаверов, Б. Л. Рыбалов, В. И. Величкин и др. М., Недра, 1986.
41. *Особенности обнаружения, разведки и разработки газогидратных залежей*/ А. А. Трофимук, Ю. Ф. Макогон, М. В. Толкачев, Н. В. Черский.— Геология и геофизика, 1984, № 9, с. 3—11.
42. *Особенности развития добычи отдельных видов минерального сырья в капиталистических и развивающихся странах*. М., изд. ОНТИ, ВИЭМС, 1984.
43. *Остроменцкий В. Н., Бирюков В. С.* Минерально-сырьевая база — надежная основа народного хозяйства СССР. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1985, вып. 7, с. 1—11. (Экспресс-информация).
44. *Пленкин А. П., Никонов С. П., Турдин Ю. Г.* Природные минеральные сорбенты СССР (проблемы производства и потребления, сырьевая база). М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1981.
45. *Подземная гидросфера как возможный источник газового сырья*/

- Л. М. Зорькин, Е. В. Стадник, М. Н. Суббота. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1985.
46. *Покровский В. А.* Научно-технические мероприятия по экономии ресурсов. — Вопросы экономики, 1982, № 8, с. 66—74.
47. *Полькин С. И., Адамов Э. В., Панин В. В.* Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов. М., Недра, 1982.
48. *Продовольственная программа СССР на период до 1990 г. и мера ее реализации.* М., Политиздат, 1982.
49. *Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых.* М., Недра, 1985.
50. *Ревнищев В. И.* О теоретических основах направленного изменения технологических и технических свойств минералов при первичной переработке полезных ископаемых. — В кн.: Проблемы направленного изменения технологических и технических свойств минералов. Л., 1985, с. 3—8.
51. *Ресурсы нефти и газа и перспективы их освоения/ М. С. Моделевский, Г. С. Гуревич, Е. М. Хартуков и др. М., Недра, 1983.*
52. *Ржевский В. В.* Комплексное использование пород при производстве горных работ — главный фактор охраны богатств недр и окружающей среды. Белград, 1982. (Материалы XI Всемирного горного конгресса).
53. *Свойства природных газов находиться в земной коре в твердом состоянии/ В. Г. Васильев, Ю. Ф. Макогон, Ф. А. Требин и др. — Открытия, изобретения и товарные знаки, 1970, № 10, с. 1—57.*
54. *Сергеев М. А.* Экономические проблемы комплексного использования минерального сырья. М., изд. АН СССР, 1982, с. 261—262. (Тезисы докл. II Всесоюзной конференции по комплексному использованию руд и концентратов).
55. *Сидоренко А. В., Арбатов А. А., Мирлин Г. А.* Минеральные ресурсы: проблема обеспеченности. — Природные ресурсы и окружающая среда, 1979, № 7, с. 12—27.
56. *Смирнов В. С.* Экономические аспекты развития минерально-сырьевого комплекса СССР. — Природные ресурсы и окружающая среда, 1984, № 11, с. 62—74.
57. *Сравнительная геолого-экономическая характеристика месторождений сульфидных руд Мирового океана и колчеданных месторождений суши.* М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1985, вып. 8, с. 1—12. (Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ. Зарубежный опыт).
58. *Толкачёв М. В.* Финансово-кредитный механизм геологоразведочной отрасли. М., Недра, 1983.
59. *Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов.* М., изд. ГКЗ СССР, 1982.
60. *Трофимук А. А., Макогон Ю. Ф., Толкачёв М. В.* Газогидратные залежи — новый резерв энергетических ресурсов. — Геология нефти и газа, 1981, № 10, с. 15—22.
61. *Утилизация шлаков алюминиевого производства/ И. И. Водин, А. И. Погребняк, Б. И. Силин и др. М., изд. АН СССР, 1982, с. 299. (Тезисы докл. Всесоюзной конференции по комплексному использованию руд и концентратов).*
62. *Федорчук В. П.* Новые виды минерального сырья (Международный симпозиум в Чехословакии). — Разведка и охрана недр, 1981, № 9, с. 59—62.
63. *Халимов Э. М., Фейгин М. В.* Сопоставимость категорий запасов и ресурсов нефти, применяемых в СССР и США. — Геология нефти и газа, 1985, № 8, с. 39—44.
64. *Швембергер Ю. Н.* Перспективы освоения ресурсов арктической нефти и «нетрадиционных» источников углеводородов (зарубежный опыт). — В кн.: Сборник трудов ВНИИСИ, вып. 5, М., 1986, с. 45—51.
65. *Шеглов А. Д.* Влияние геологической практики на разработку основ научного прогноза эндогенных месторождений. — Разведка и охрана недр, 1972, № 3, с. 14—19.
66. *Яковлев П. Д.* Промышленные типы рудных месторождений. М., Недра, 1986.

67. *Conventional and Unconventional World Natural Gas Resources*. Proceedings of the fifth IIASA Conference on energy resources (June 1980). International Institute for applied systems analysis. Laxenburg, Austria, 1983.

68. *Long-term energy resources*. International Conference sponsored by the United National Institute for training and research (UNITAR) and Petro—Canada. Pitman publik., Toronto, Canada, 1981.

69. *The future of heavy crude and tar sands*. First International Conference UNITAR. Edmonton, Canada, 1979.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Минерально-сырьевые ресурсы в экономике СССР и других стран мира	6
1. Особенности минеральных ресурсов	6
2. Обеспеченность минеральным сырьем — глобальная проблема	24
3. Современное состояние минерально-сырьевого сектора СССР и других стран	34
Глава II. Систематизация нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов	39
1. Особенности современных классификаций минерального сырья	46
2. Систематизация нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов	55
Глава III. Основные виды нетрадиционных ресурсов минерального сырья	61
1. Топливо-энергетическое сырье	64
2. Черные и цветные металлы	96
3. Горно-химическое сырье	107
4. Техническое сырье	109
5. Минеральное сырье для агропромышленного комплекса	110
Глава IV. Экономические основы рационального освоения нетрадиционных ресурсов минерального сырья	119
1. Особенности экономической оценки нетрадиционных ресурсов минерального сырья	121
2. Методы народнохозяйственной оценки экономической значимости нетрадиционных ресурсов минерального сырья	135
3. Моделирование процессов освоения нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов	144
4. Нетрадиционные минеральные ресурсы во внешнеэкономических связях и торговле	150
Глава V. Научные и технологические проблемы освоения нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов	155
1. Развитие теоретических подходов к выявлению новых типов месторождений и руд	155
2. Прогрессивные направления освоения нетрадиционных минеральных ресурсов	166
3. Разработка технологий добычи и переработки отдельных видов нетрадиционных минеральных ресурсов	173
4. Использование вторичных ресурсов	218
5. Создание эффективных заменителей	227
Заключение	245
Список литературы	249

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ (ПРАКТИЧЕСКОЕ) ИЗДАНИЕ

Арбатов Александр Аркадьевич
Астахов Александр Семенович
Лаверов Николай Павлович
Толкачев Михаил Владимирович

НЕТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Зав. редакцией *В. А. Крыжановский*
Редактор издательства *Л. С. Дмитриева*
Художественный редактор *Г. Н. Юрчевская*
Технический редактор *Л. Я. Голова*
Корректор *Л. В. Сметанина*

ИБ № 7009

Сдано в набор 17.05.83. Подписано в печать 29.07.88. Т-13017.
Формат 60×83¹/₁₆. Бумага книж.-жур. № 2. Гарнитура
Литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 15,68.
Усл.кр.-отт. 15,63. Уч.-изд. л. 17,53. Тираж 1870 экз.
Заказ 6439/1295-2. Цена 1 р. 20 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»,
125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного
Знамени МПО «Первая Образцовая типография имени
А. А. Жданова» Союзполиграфпрома при Государственном
комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной
торговли. 113054, Москва, Валуевая, 28

ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ!

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА» ГОТОВИТ К ВЫПУСКУ В 1989 ГОДУ НОВЫЕ КНИГИ

Зискинд М. С. ДЕКОРАТИВНО- ОБЛИЦОВочные КАМНИ

19 л. 3 р. 50 к.

Обобщены результаты работ по геологическому изучению и использованию горных пород в качестве облицовочных, архитектурных и монументальных камней, показано большое разнообразие их декоративных особенностей, рассмотрены месторождения (на примере советской части Балтийского щита и северо-запада Русской плиты), камни которых широко использовались в строительстве и архитектурном оформлении Ленинграда, Москвы и других городов. Приведены цветные фотографии основных типов и разновидностей камней, а также зданий и сооружений, выполненных с их применением. Для геологов, архитекторов, скульпторов, строителей, а также для любителей цветного и декоративного камня.

План 1989 г., № 98

КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (ОСНОВЫ МЕТОДИКИ)

**А. М. Быбочкин,
Л. З. Быховский,
Ю. Ю. Воробьев и др.**
22 л. 1 р. 40 к.

Описаны основные промышленные типы месторождений по сложности геологического строения и дана их группировка для целей разведки. Рассмотрена методика их изучения (выбор рационального комплекса технических средств; обоснование соотношения объемов горных, буровых и геофизических работ, расположения и плотности сети разведочных выработок; правила отбора, обработки и анализа проб; обоснование комплекса технических исследований). Изложены требования к технико-экономическому обоснованию кондиций и методика подсчета запасов (оценка достоверности исходных данных; принципы оконтуривания рудных тел и увязки разведочных пересечений; обоснование метода подсчета запасов; определение подсчетных параметров, принципы ограничения выдающихся содержаний). Для геологов, занимающихся разведкой рудных месторождений.

План 1989 г., № 99

Менчинская Т. И.
БИРЮЗА.
2-е изд., перераб.
и доп.
12 л. 90 к.

Описаны минералого-геохимические свойства бирюзы и вмещающих пород, регионы ее распространения, геолого-структурные особенности месторождений СССР и зарубежных стран. Выделены основные разновидности бирюзы и промышленные типы ее месторождений, их геологические критерии и поисковые признаки. Рассмотрены условия формирования месторождений бирюзы, ее генезис. Второе издание (1-е изд. — 1982) в значительной мере переработано с учетом новых геологических данных по бирюзе, содержит больше цветных иллюстраций.

Для геологов, занимающихся поисками и изучением месторождений бирюзы, а также полезных ископаемых, связанных с бирюзоносными формациями. Представляет интерес для коллекционеров и любителей камня.

План 1989 г., № 102

Скрипченко Н. С.
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
В ОСАДОЧНЫХ
ПОРОДАХ
15 л. 75 к.

Рассмотрена методика реконструкции и дан анализ формационных систем и моделей формирования промышленно важных месторождений меди, свинца, цинка и сопутствующих металлов в осадочных породах. По генетическим признакам выделены месторождения гидротермально-осадочные в бассейнах флишондной седиментации, диагенетически регенерированные в формациях рифогенного типа и фотогенно-осадочные в красноцветных толщах. Для крупнейших рудных районов мира обоснована сопряженность полиметаллических месторождений по схеме: первичные — гидротермально-осадочные, вторичные — карсто-рифогенные. Изложена фотогенная модель образования медистых песчаников и сланцев на основе связи крупных меденосных поясов с древними регионами эндогенной медной минерализации. Для геологов, занимающихся прогнозированием, поисками и разведкой рудных месторождений.

План 1989 г., № 103

Интересующие Вас книги Вы можете заказать в местных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, и в магазинах — опорных пунктах издательства, адреса которых приведены в аннотированном плане выпуска. Для тех, кто живет далеко от крупных городов, работают отделы «Книга — почтой» центральных магазинов:

№ 115 — 117334, Москва, Ленинский пр., 40;

№ 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний пр., 61.

Издательство «Недра»

5103