

Природно-ресурсный потенциал России

Понятие «природно-ресурсный потенциал» — важнейшее в экономике природопользования. В значительной степени оно определяет материальный и социо-духовный уровень бытия как всего человечества, так и населения отдельных стран мира. Основополагающим, причинным, элементом природно-ресурсного потенциала является понятие «природные ресурсы».

1.1. Классификация природных ресурсов

Природные ресурсы — это материальные элементы природы, которые вовлекаются в экономически эффективную переработку при достигнутом уровне технологий.

На рис. 1.1 представлена одна из многих возможных общих классификаций природных ресурсов, разработанная автором. Ее предпочтительная особенность в данном курсе — смысловая сопряженность с другими классификациями, например технологических процессов, загрязнителей окружающей среды, а также с логикой изложения материала в предыдущих книгах ФОПП.

Как следует из классификации, важнейшей составной частью природных ресурсов являются сырье и энергия.

Сырье относится к вещественной части природных ресурсов. Его составляют исходные материалы неживой природы, растительного и животного мира на стадии до их промышленной и сельскохозяйственной переработки или использования. Качество, доступность и стоимость сырья в значительной степени определяют основные показатели производства.

Из вещественной части природных ресурсов во всех технологических процессах наряду с сырьем всегда участвуют вода и воздух.

Специфическую группу составляет часть сырья с неоднозначными функциями. Имеется в виду нефть, газ, уголь и т.п. С одной стороны, они являются сырьем для перерабатывающей промышленности (органический синтез, коксохимия и т.д.), а с другой — служат источником энергии (топливом) для различных технологических процессов и бытовых нужд. Эти так называемые горючие полезные ископаемые обычно выделяют и учитывают отдельно. За их вычетом из сырья остается *перерабатываемое сырье*.



Рис. 1.1. Классификация природных ресурсов

Современное производство характеризуется разнообразием перерабатываемого сырья. Объем этого понятия в известной степени условен, так как в конкретные исторические периоды ограничен потребностями и экономическими возможностями народного хозяйства иметь новые виды природных и сельскохозяйственных материалов, возникновением и развитием новых отраслей. Так, в 20 в. перерабатываемым сырьем стали ранее не использовавшиеся нефелин (производство алюминия), перлит (производство строительных материалов), титаномagnetитовые руды (черная металлургия), урановые руды (атомная энергетика и производство вооружений), пищевой белок (животноводство) и многие другие вещества.

Разработано несколько классификаций перерабатываемого сырья (по химическому составу, генезису, происхождению и т.д.). По химическому составу их делят на *неорганические* и *органические*. Неорганическое сырье составляют вещества неживой природы (минеральные вещества), органическое — сырье растительного и животного происхождения.

Минеральное сырье относится к разряду важнейших. В настоящее время насчитывается почти 2500 минеральных веществ, отличающихся друг от друга составом, физическими свойствами, формой кристаллов и прочими характеристиками.

Россия имеет значительные месторождения минерального сырья, в частности железных руд, асбеста, калийных солей, поваренной соли и других материалов. Характеристика отдельных видов минерального сырья приводится при описании тех или иных технологических процессов (Кн.1).

Минеральное сырье относится к числу невозобновляемых.

Растительное и животное сырье перерабатывается в продукты питания и в продукты промышленного и бытового назначения (*техническое сырье*).

Источник растительного и животного сырья — возобновляемые ресурсы естественной среды обитания: земельные, лесные и водные.

Особенность многих видов животного и растительного сырья — сезонность поступления, поскольку оно в основном собирается и используется в определенное время года. Другая особенность состоит в том, что при хранении изменяются свойства, поэтому вопросы сохранности запасов животного и растительного сырья столь же важны, как и проблемы их переработки. Многие виды этого сырья перед поступлением в производство сортируют, очищают и перебирают. Тем не менее потери его могут быть достаточно велики. Так, для сырья растительного происхождения на пути от поля до потребителя они в ряде случаев (картофель, овощи) достигают 30-50%. Их можно значительно снизить, о чем свидетельствует опыт ведущих промышленных и сельскохозяйственных стран, в которых потери аналогичного вида обычно не превышают нескольких процентов.

Все технологические процессы сопровождаются также затратой или выделением энергии, взаимным превращением одного вида энергии в другой (Кн. 1, разд. 1.4.4).

Природные ресурсы (недра), в соответствии с Конституцией РФ, являются государственной собственностью и представляются в пользование организациям в целях геологического изучения, добычи полезных ископаемых, строительства подземных сооружений различного назначения и т.д. Предоставление осуществляется специальным разрешением в виде лицензии и оформляется на основании акта, удостоверяющего горный отвод и определяющего размеры выделенного участка недр.

В стране ведутся государственные кадастры (реестры) природных ресурсов по различным направлениям: земельный, месторождений полезных ископаемых, лесной, водный, животного мира и т.д. Они содержат основные сведения об этих видах ресурсов. Так, государственный кадастр месторождений полезных ископаемых включает

характеристики: количество и качество запасов, отдельных их компонентов, горнотехнические и гидрогеологические сведения, геологические и экономические показатели. Учет запасов проводится одновременно с их классификацией по степени разведанности, утвержденной в 1960 г. Государственной комиссией по запасам при Совете Министров СССР (рассматривается далее).

В *земельном кадастре* даны сведения о качественном составе почв, распределении земель по использованию, ее собственниках. *Водный кадастр* содержит текущую и перспективную оценку состояния водных объектов с целью планирования их использования, предотвращения истощения водоисточников, восстановления качества воды до нормативного. *Лесной кадастр* включает информацию о правовом режиме лесного фонда, количественной и качественной оценке состояния лесов, их групповом подразделении и категории. На основании *реестра животного мира* ведется количественный и качественный учет животных охотничьего фонда, устанавливаются строгие ограничения охоты на виды, проявляющие устойчивые тенденции к сокращению популяций.

В зависимости от степени разведанности, запасы делятся на 4 категории (А, В, С₁, С₂), в том числе в соответствии с временной классификацией 2001 г. (Миронов...).

Категория А включает запасы детально изученные и разведанные, которые могут служить основанием для проектирования предприятий добывающей промышленности.

Категория В содержит геологически обоснованные, относительно разведанные и частично оконтуренные горными выработками и буровыми скважинами предварительно опробованные запасы полезных ископаемых. Они могут быть приняты в технико-экономическом обосновании проектирования и строительства заводов и предприятий, использующих минеральное сырье. Запасы категории В должны быть разведаны и изучены с такой детальностью, которая исключает возможность существенного изменения представлений о месторождении.

Категория С₁ включает запасы, в которых технологические свойства минерального сырья, горно-геологические условия эксплуатации месторождений выяснены только в общих чертах. Для оценки этой категории не требуется оконтуривания безрудных и рудных участков. Достаточно определить их количественное соотношение в общем контуре месторождения. Запасы категории С₁ используются для перспективного планирования промышленности. Они относятся к слабо разведанным запасам или к разведанным запасам месторождений сложного геологического строения (Миронов...)

К *категории С₂* относятся запасы, сведения о которых формируются на основе изучения единичных проб и образцов, а также общих

геологических и геофизических исследований. Эти запасы можно использовать для перспективного планирования народного хозяйства и перспективного планирования геологоразведочных работ (перспективные запасы).

Кроме запасов категории А, В, С₁, С₂, оценка которых основана на данных геологической разведки, выделяют также *прогнозные запасы* по результатам поисково-оценочных работ и на основе общих геологических представлений. Прогнозные запасы служат для оценки потенциальных возможностей рудных месторождений. Она ведется в цифровом исчислении.

Вся масса полезных ископаемых, заключенная в месторождении, по степени их возможного вовлечения в разработку делится на *геологические, балансовые и забалансовые, промышленные запасы*.

К геологическим, или разведанным, запасам относится весь объем полезного ископаемого в месторождении. Его определяют по формуле:

$$Z_{\Gamma} = sm_{\text{ср}}\gamma_{\text{ср}}n, \quad (1.1)$$

где S_{Γ} - геологические запасы, т;

s - площадь месторождения, м^2 ;

$m_{\text{ср}}$ - средняя мощность пласта, м;

$\gamma_{\text{ср}}$ - средняя объемная масса полезного ископаемого, $\text{т}/\text{м}^3$;

n - количество пластов в месторождении.

Балансовые, или извлекаемые, доказанные, запасы - это геологические запасы за вычетом забалансовых. В них включают запасы, использование которых экономически целесообразно в настоящее время. Балансовые запасы должны удовлетворять всем требованиям промышленности по качеству, количеству и технологическим свойствам минерального сырья, а также по горно-геологическим и географо-экономическим условиям. Они записываются на баланс добывающих предприятий как принятые к разработке.

В забалансовые включают запасы полезных ископаемых, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно. К числу экономических нецелесообразностей относятся малое количество и небольшая мощность залежей, низкое содержание ценных компонентов, сложные условия эксплуатации, необходимость применения дорогостоящих процессов технологической переработки минерального сырья или неблагоприятные географо-экономические условия месторождения. Обязательным условием отнесения запасов к забалансовым является реальная возможность их промышленного освоения в ближайшем будущем и включения в балансовые по мере совершенствования технологии добычи и переработки.

Промышленные запасы состоят из балансовых за вычетом проектных потерь полезного ископаемого при разработке месторождения.

Отношение промышленных запасов к балансовым называют *коэффициентом извлечения полезного ископаемого*. Его значения изменяются от 0,7-0,8 в малых месторождениях и тонких пластах до 0,95 в мощных месторождениях.

Наряду с природными ресурсами следует учитывать природные условия. Они отличаются тем, что, влияя на жизнедеятельность человека, в данный исторический отрезок времени не используются в качестве непосредственного технологического ресурса материального производства.

Обычно под природными условиями подразумевают климатические и географо-экономические особенности регионов. И то и другое существенно влияет на уровень затрат, связанных с разработкой полезных ископаемых. Например, себестоимость добычи нефти в Саудовской Аравии и России составляет соответственно около двух и десяти долларов за баррель. Наряду с другими причинами в данном случае пятикратная разница в значительной степени обусловлена тем, что большая часть российской нефти добывается в труднодоступных и удаленных районах Западной Сибири с суровым климатом.

Граница между природными ресурсами и природными условиями изменчива. Так, воздух до определенного момента был только природным условием. Сейчас он является и условием, и ресурсом. В последнем случае имеется в виду, например, извлечение из воздуха в промышленных масштабах кислорода и азота для различных народнохозяйственных целей.

1.2. Общее состояние ресурсной базы

Масштабы нашей цивилизации как в части создания материальных благ, так и ее воздействия на окружающую среду иллюстрируют данные табл. 1.1. Они являются хорошей базой для сравнительной оценки соответствия российских природно-экономических показателей среднемировым.

Наиболее значимыми для людского сообщества природными ресурсами являются топливно-энергетические. Наличие их практически неограниченных и дешевых источников в распоряжении человечества означало бы по сути решение всех его эколого-экономических проблем, в том числе истощения (конечности) природных ресурсов (разд. 1.5).

Глобальные предполагаемые ресурсы энергии представлены в табл. 1.2 (Эволюция...). За единицу их измерения принята величина 15 ТВт/год условного топлива, соответствующая мировому энергопотреблению в 2000 г. Иными словами, табл. 1.2 показывает, на какое время человечество обеспечено теми или иными ресурсами при масштабе их потребления на уровне 2000 года.

Таблица 1.1

Современное состояние базовых компонентов
мировой системы природа/общество (Кондратьев... с. 14-29)

Глобальные компоненты СПО	Оценка компонента на конец 20 в.
Производство зерна, млн т/год	1836
То же, кг/чел./год	302
Производство мяса, млн т/год	232
То же, кг/чел./год	38,2
Площадь орошаемых земель, млн га	274
Площадь на 1000 чел., га	45,7
Расходование ископаемого топлива, млн т неф- тяного эквивалента:	
уголь	2186
нефть	3504
газ	2164
Производство электроэнергии АЭС, ГВт/год	348
То же, ветровыми системами, МВт/год	18100
Средняя глобальная температура, °С	14,3
Эмиссия углерода за счет сжигания ископаемых топлив, млн т С/год	6180
Парциальное давление СО ₂ в атмосфере, 1/млн	370,9
Производство металлов, млн т/год	~1000*
Производство круглой древесины, млн куб. м/год	3336
Разливы нефти в результате антропогенной деятельности, млн т/год	48,6
Валовый продукт:	
всего, трил. долларов США/год	44,9
то же, долларов/чел./год	7392
Население Земли, млрд чел.	6,08
ежегодный прирост, млн чел.	77

*Оценка автора

Из представленных данных следует, что, при всей ограниченности невозобновляемых энергетических ресурсов, по поводу истощения которых чаще всего звучат опасения, даже запасов нефти и природного газа, минимальных в сравнении с другими видами энергии, достаточно на 1-2 тысячи лет. Полностью снимает тревогу относительно недостат-

ка энергетических ресурсов решение проблемы применения атомной и ядерной энергии. Столь же высокую степень оптимизма внушают данные по запасам возобновляемых ресурсов.

Таблица 1.2

Глобальные ресурсы энергии

Тип энергетического ресурса:	Оценка (ТВтг)
Невозобновляемые ресурсы	
Обычные нефть и природный газ	1000
Нестандартные нефть и газ, за исключением кластеров метана	2000
Кластеры метана	20000
Сланцы	30000
Геотермальные источники:	
— пар и горячая вода	4000
— горячие сухие горные породы	1000000
Уран:	
— в реакторах с легкой водой	3000
— в бродерных реакторах	3000000
Термоядерная энергия:	
— дейтерий-тритий, ограниченные литием	140000000
— дейтерий-дейтерий	250000000000
Возобновляемые ресурсы (ТВтг/год)	
Гидроэнергетика	15
Использование биомассы	100
Энергия ветра	2000
Солнечная энергия:	
— на поверхности суши	26000
— на всей поверхности Земли	88000

На гораздо меньшие сроки в настоящее время человечество обеспечено прогнозными, геологическими (разведанными) и балансовыми (извлекаемыми, доказанными) запасами энергии. Их оценки приводятся далее.

Наибольшая доля используемой в настоящее время энергии горючих полезных ископаемых заключена в угле (до 90%), остальное примерно в равной степени приходится на природный газ и нефть (табл. 1.3).

Наша страна располагает самыми большими в мире природными ресурсами, превышающими в 2-3 раза имеющиеся в США. Суммарная величина разведанных полезных ископаемых России оценивается на уровне 30 трлн дол. (табл. 1.4). Основная их стоимость связана с

природным газом (до 1/3 от общей) и углем (до 1/4), а также с нефтью и металлургическими рудами (примерно по 15%).

Таблица 1.3

Мировые геологические запасы горючих ископаемых (Цементная...)

Ископаемое	тонн	Дж·10 ²¹	Доля, %
Нефть, нефтяной гудрон	313·10 ⁹	13,5	6,0
Природный газ	283·10 ⁹	10,6	4,7
Уголь и сланцы	7,6·10 ¹²	201	88,8

В натуральных показателях запасы природных ресурсов России составляют: 20,4 млрд т нефти и газового конденсата; 46,4 трлн м³ природного газа; 196 млрд т угля; 56 млрд т железной руды; 221 млн га сельскохозяйственных угодий; 4360 км³ пресной воды; 700 млн га леса; 82 млрд м³ запасов древесины (Федоренко...).

По всем перечисленным выше полезным ископаемым, кроме угля, наша страна занимает первое место в мире. В частности, разведанные запасы газа, нефти, угля, железных и никелевых руд составляют соответственно 35, 13, 12 и 30% от мировых (Механизм...).

Таблица 1.4

Стоимость балансовых полезных ископаемых России (Горичева; Федоренко...)

Ископаемые	Кол-во	Млрд дол	Доля, %
Нефть, газовый конденсат, гудрон, млн т	20390	4481	15,7
Природный газ, трлн м ³	46,4	9190	32,2
Уголь и сланцы, млрд т	196	6651	23,3
Руды черных металлов, млрд т	56	1962	6,8
Руды цветных металлов и алмазы ¹	-	2079	7,3
Прочие	-	4197	14,7
Всего	-	28560	100

Примечание. Алмазы вместе с благородными металлами составляют не более 1%.

В целом по объему разведанных запасов минерального сырья России обеспечено ведущее положение в мире. При численности ее жителей менее 2,5% населения планеты в недрах страны, по оценке ООН, сосредоточено более 50% мировых природных богатств.

Кроме того, Россия занимает третье место в мире по уровню обеспеченности общей площадью земель (11,6 га) и пашни (0,9 га) на одного жителя. Ее расчетная лесосека равна 500 млн м³ в год. На страну

приходится 20% мировых запасов пресных поверхностных вод, 10% мирового речного стока (4260 млн м³/год), или почти 30 тыс м³/год на одного жителя. В ней расположен крупнейший в мире ареал малонарушенных и естественных экосистем, порядка 8-11 млн км².

Располагая столь значительными запасами природных ресурсов, Россия является естественным мировым лидером по величине душевого национального богатства, хотя и другие его составляющие, в форме человеческого и воспроизводственного капитала, выглядят внушительно (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Величина душевого национального богатства некоторых регионов мира
(Механизм...)

Регион	Капитал, тыс. дол США на чел.			
	всего	человеч.	воспроизвод.	природный
Россия	400	200	40	160
Западная Европа	238	177	55	6
США + Канада	327	249	62	16
Япония + Австралия + Новая Зеландия	159	65	27	58

Однако очевидно, что мажорное положение с валовыми и подушевыми объемами находящихся в недрах ресурсов — заслуга только Природы. Наш вклад в освоение и рациональное использование «Богом данных» богатств существенно менее значим. Об этом, в частности, свидетельствуют наметившиеся, особенно в последние 10-15 лет, весьма тревожные тенденции.

Во всем мире материально-сырьевая база обычно развивается таким образом, что ежегодно приращенные запасы новых месторождений превышают выработанные за этот период. В таком случае промышленность не испытывает сырьевого голода.

В нашей стране прирост разведанных запасов, начиная с 90-х годов прошедшего века, по большинству видов полезных ископаемых меньше, чем извлеченных из недр. Причиной является сокращение объема геологических работ (примерно на порядок, в 10 раз). Как следствие, уровень разведанности сырьевой базы на начало 21 в. составлял менее 41%, в том числе в Западной Сибири — 46, Европейском Севере — менее 51%, в Восточной Сибири — около 10, на морском шельфе — более 4% (Поляков).

По этой причине не выявлены новые промышленного значения месторождения марганцевых, хромовых, фосфоритных, баритовых руд, бентонитов, каолинов, самородной серы, ряда редких элементов и других ископаемых, сырьевая база которых в России практически отсутствует. В течение уже многих лет не осваиваются запасы никеля, свинца, ртути, титана и циркония, калийных руд. В 1994 г. прекращена добыча ртути. В наиболее критическом положении находятся стратегически важные сырьевые материалы: вольфрам, молибден, олово, свинец, цинк, плавиковый шпат. В настоящее время состояние сырьевой базы в целом характеризуется как неудовлетворительное.

Сложившееся положение обусловлено тем, что, начиная с 1991 г., горнорудная промышленность испытывает значительные трудности, вызванные общим кризисом реформируемой экономики России. Многие предприятия отрасли убыточны и малорентабельны. Однако государственная поддержка их в настоящее время и в обозримой перспективе представляется весьма несущественной.

Из-за кризисного состояния горных отраслей возрастает количество ликвидируемых предприятий. Наибольшее их число относится к угольной промышленности и цветной металлургии.

Ограниченное финансирование создает угрозу того, что при ликвидации шахт природоохранные мероприятия не будут выполнены в полном объеме. Так, существующими технико-экономическими обоснованиями ликвидации шахт не предусматривается горно-экологический мониторинг на период стабилизации гидродинамического режима, сдвижения горных пород и земной поверхности. Эти же ТЭО не предусматривают рекультивации хвосто- и шламохранилищ, породных отвалов.

Столь же существенно недофинансирование закрытия нерентабельных предприятий цветной металлургии. В ней, например, к 2000 г. было намечено ликвидировать более двух десятков рудников и несколько карьеров. Однако средств на это и консервацию горнодобывающие предприятия не имеют. Не определен и механизм финансирования работ по ликвидации и консервации рудников и карьеров из госбюджета (Протасов).

Большой ущерб народному хозяйству наносит стремление предприятий к выборочной отработке лучших участков месторождений. Если раньше полнота использования минерально-сырьевого потенциала страны главным образом зависела от уровня потерь полезных ископаемых при их добыче и переработке, то в настоящее время она определяется уровнем выборочной отработки месторождений. И хотя технологические потери на лучших по качеству участках могут оставаться на прежнем уровне и даже сокращаться, это приводит к накоплению запасов полезных ископаемых худшего качества и потере их промышленного значения.

Традиционный ведомственный подход к освоению месторождений, отсутствие экономических стимулов и незаинтересованность предприятий в рациональном использовании ресурсов недр во многих случаях сформировали производства с фактически незавершенным технологическим циклом, когда непрофильные ценные компоненты сырья переводятся в отходы и теряются.

По этим причинам в отвалах продолжают накапливаться вскрышные и вмещающие породы, отходы переработки минерального сырья, хотя они в значительной степени пригодны для использования в народном хозяйстве. Вместе с тем в стране действуют тысячи карьеров по добыче общераспространенных полезных ископаемых (глин, песков, щебня, известняков и т.п.), которые во многих случаях можно заменить отходами горнодобывающих предприятий.

В настоящее время горнопромышленный комплекс представляет один из самых крупных источников нарушения и загрязнения природной среды (Кн. 2, разд. 5.3.2). Влияние на биосферу загрязнителей, образующихся в результате деятельности предприятий горнодобывающей промышленности, настолько широко, что вызывает в ряде районов воздействие, губительно сказывающееся на состоянии почв, растительного и животного мира, объектов материального производства и инфраструктуре народного хозяйства.

Положение в области охраны недр и горной экологии продолжает оставаться на грани резкого ухудшения. Главные причины этого как в общих отрицательных тенденциях в экономике страны, так и в недостаточно осмысленных преобразованиях системы управления минерально-сырьевым комплексом. Реализация негативных тенденций создает необходимые предпосылки для хищнического освоения минерального потенциала страны (Протасов).

1.3. Запасы и добыча неорганических твердых полезных ископаемых

В рассматриваемую группу входят все твердые природные ресурсы недр, за исключением топлива, или первичных энергетических ресурсов (ПЭР). К топливу относят как органические вещества (уголь, торф, сланцы), так и неорганические (урановые руды — источник ядерного горючего). В настоящее время мировая добыча в рассматриваемой группе достигает 30 млрд т/год. Наиболее распространенными из них являются: строительные материалы (известняки, пески, глины, песчаники, граниты, бутовый камень, щебень, гравий и пр.); облицовочный камень (лабрадориты, габбро, кварциты, туфы, базальты и др.); руд-

ные полезные ископаемые. Последние включают в свой состав руды черных (железа, марганца, хрома) и цветных металлов (бокситы, медные, никелевые, полиметаллические, золотосодержащие и т.д.), руды химические и агрономические (фосфаты, калийные соли, поваренная соль, плавленый шпат, самородная сера, бариты и т.п.). Основную массу отдельных видов добываемой горной массы, с уточнениями автора, составляют, млн т/год:

каменные материалы — 11000;
 пески и гравий — 7000;
 карбонатное сырье и глина для производства цемента — 3000;
 строительные глины — 400;
 железная руда — 1500;
 медно-молибденовые руды — 2500;
 золотосодержащие руды — 1000.

Всего из недр извлекается до 200 различных видов и компонентов полезных ископаемых.

Запасы сырья по отношению к их балансовым и геологическим объемам при сложившемся уровне годового потребления составляют, лет:

Медь	45/350	Цинк	20/600
Железо	100/2500	Молибден	60/600
Алюминий	20/68000	Сера	30/7000
Свинец	10/150	Уран	50/8500

Запасы полезных ископаемых распределены по территории Земли неравномерно. Так, наибольшие залежи железных руд сосредоточены в Бразилии, Австралии, Канаде, США, ЮАР, Франции, Великобритании, ФРГ, Швеции, Норвегии, Китае и нашей стране. Их геологические запасы оцениваются в 4-5 трлн т, в том числе разведанные — 600 млрд т, достоверные — 260 млрд т. Среднее содержание железа в руде 40%.

По государственному балансу запасов на 01.01.2002 г. Россия располагает 172 месторождениями железных руд с их массой по категории А + В + С₁, равной 56,6 млрд т и средним содержанием железа 35,87%. Около 87% руд сосредоточено в 35 крупных месторождениях, 16 из которых разрабатываются, а 19 составляют госрезерв. Из освоенных месторождений на десяти применяют открытый способ добычи, а на шести — подземный (Сухорученков).

Месторождения железных руд нашей родины имеют комплексный характер. Их ценность определяется не только содержанием основного вещества, но и попутными полезными компонентами (апатит, кобальтсодержащий пирит, золото, серебро, сфалерит, редкие металлы), а также элементами, присутствующими в минералах железа (германий, титан, ванадий и др.). Однако в настоящее время в конечные продук-

ты извлекается не более 40% ценных компонентов, остальное теряется в недрах, уходит в отвалы, хвосты обогащения, шламы, пыли и другие отходы производства.

В металлургических цехах России 90% переплавляемого железорудного сырья представлено магнетитовыми рудами, остальное принадлежит гематитовому, бурожелезняковому и сидеритовому сырью (Кн. 1, разд. 6.3.1).

Следует отметить, что черная металлургия страны испытывает в настоящее время серьезные затруднения с обеспечением рудами марганца и хрома, необходимыми для выплавки ферросплавов. В свою очередь, без последних массовое производство качественных сталей практически невозможно.

Большая часть месторождений марганца, никеля, кобальта и хрома находится в Африке, Азии, Австралии, Америке. До 1,5 трлн т железомарганцевых конкреций предположительно имеется на дне океанов. Бокситы, сырье для производства алюминия, находятся, главным образом, в Австралии, Гвинее, на Ямайке. Основная доля медных руд залегает в США, Чили, Заире, Замбии, олова — в Индии, Таиланде, Боливии, цинка — в США, Канаде, Австралии, Перу.

Из легирующих металлов для черной металлургии в стране разрабатываются запасы ниобия и тантала. Уровень производства этих металлов даже в 80-е годы прошлого столетия не обеспечивал потребности отрасли в полном объеме. Однако на Ловозерском месторождении ниобия имеются резервы разведанных запасов, которые при наличии инвестиций можно вовлечь в производство ниобиевых концентратов. Редкометальное месторождение в Иркутской области и месторождение тантала в Якутии — также крупный резерв для удовлетворения перспективной потребности черной металлургии в этих видах сырья для производства спецсталей.

Основным источником титанового сырья для химической и металлургической промышленности России в настоящее время служат россыпи Мальшевского ильменито-цирконового месторождения. Они содержат также тантал и гафний, представляющие промышленный интерес в случае их извлечения при переработке ильменитовых и цирконовых концентратов.

Сырьевая база нерудного сырья (известняки, доломиты, магнезиты и др.) в основном соответствует потребностям черной металлургии. Однако затруднено обеспечение металлургических производств бентонитовыми глинами, используемыми в качестве вяжущих при производстве железорудных окатышей. Их разведанные и используемые запасы на территории СНГ имеются только в Армении и Грузии.

В мире выделяется пять государств, в которых ежегодно добывается свыше 1 млрд т горной массы: США — 3,5 млрд т, Россия, КНР, Германия, Япония — по 1,0-1,5 млрд т.

Мощности отдельных предприятий, добывающих неорганические твердые полезные ископаемые, особенно рудные, весьма существенно разнятся: от менее чем 100 тыс. до нескольких десятков миллионов тонн горной массы в год.

Добыча большинства руд черных и цветных металлов, нерудных полезных ископаемых в связи с общим кризисом экономики 90-х годов 20 в. в этот период неуклонно снижалась. Относительная ее стабилизация для некоторых видов полезных ископаемых стала проявляться на рубеже веков (табл. 1.6). При этом уровень извлечения основных полезных компонентов из минерального сырья при обогащении оставался прежним.

Таблица 1.6

Добыча основных твердых неорганических ископаемых России
по годам, % к 1990 г

Руды	1991 г.	1994 г.	1997 г.
Железные	84	71	67
Хромитовые	71	61,5	56
Бокситовые	84	62,5	54
Свинцовые	88	42	36
Цинковые	92	70	58
Медные	93	69,2	66
Никелевые и кобальтовые	93	70,5	72
Оловянные	94	64,5	58
Золотосодержащие	100	99	84
Калийные	108	69	64
Апатитовые	86,8	45,8	42
Фосфоритовые	89,5	16,5	20,5

Одновременно был нарушен процесс воспроизводства минерально-сырьевой базы, поскольку, как уже отмечалось (разд. 1.2), практически свернутыми оказались геологоразведочные работы по наращиванию запасов, особенно цветных металлов. Воспроизводимость последних по погашенным запасам в этот период составляла, %: цинк — 15, медь — 19; олово — 18; вольфрам — 3; молибден — 29; кобальт — 30; никель — 26; висмут — 0; бокситы — 3 (Колпаков).

Особенностью горнодобывающего комплекса страны является то, что почти 70% неорганического сырья находится на северных территориях.

Здесь сосредоточены основные запасы никелевых руд, платиноидов, меди, кобальта, свинца и цинка, золота и серебра, алмазов, сурьмы и ртути, титана, олова, апатитов, слюды и других полезных ископаемых.

На южной границе Арктики расположены крупнейшие промышленные предприятия (комбинаты «Печенганикель», «Североникель», Оленегорский, Ковдорский, Ловоозерский, Норильский горно-металлургический), производственное объединение «Апатит» и др. В городах Мурманск, Заполярный, Никель, Мончегорск, Апатиты, Кировск, Дудинка, Норильск, Тикси, Анадырь и прилегающих районах сосредоточено около 10 млн человек. Значительное количество неорганических полезных ископаемых имеется и на других окраинных территориях России. Так, на Дальнем Востоке добывается 100% брусита страны и почти столько же алмазов и олова, 90% бора и 80% плавикового шпата, около 1/3 сурьмы и вольфрама.

Стоимостные показатели некоторых руд на международном рынке в конце 20 в. приведены в табл. 1.7. Из нее следует, что самым дешевым является богатое рудное сырье, в котором содержание целевого рудного компонента составляет не менее 30%. По мере снижения содержания основного компонента до нескольких процентов (свинцово-цинковое сырье), одного процента и менее (медные, никелевые, оловянные руды) или граммов на 1 т (золото- и серебросодержащие руды) издержки добычи сырья и цены на него антисимбатно возрастают на несколько порядков. При этом на все виды цены продажи руд превышают издержки их добычи от нескольких десятков процентов до 2-3 раз, что делает ее высокорентабельным занятием.

Таблица 1.7

Цены рудного сырья на международном рынке, дол/т (Нестеров)

Руды	Цена продажи	Издержки на добычу
Железные	40	21,7
Бокситовые	33,8/1844, Al	13,2
Фосфатные	38	28,8
Свинцовые	679/855, Pb	598
Цинковые	1033/1267, Zn	813
Медные	2330/3760, Cu	1259
Никелевые	6278/14528, Ni	4763
Оловянные	5428/7128, Sn	3826
Золотосодержащие	12346/1436, Au	9839
Серебросодержащие	169872/7,1; Ag	117967

Справочно в табл. 1.7 (в знаменателе) приведены цены на металлы (дол./т), кроме золота и серебра (дол./тройскую унцию) по состоянию на 08.08.2005 г. (События...).

В заключение отметим, что база сырьевых твердых неорганических ресурсов страны формировалась в условиях закрытой экономики и бесплатного недропользования. Переход к рыночным отношениям, введение платного использования недр вносят коррективы в оценку имеющейся минерально-сырьевой базы. В этих условиях, по данным Минприроды, 30-70% балансовых запасов месторождений могут оказаться невостребованными по экономическим причинам, перейти в разряд забалансовых.

1.4. Топливо

1.4.1. Запасы

К топливным ресурсам относятся специфические органические и неорганические вещества, развернутые определения и технологические характеристики которых даны ранее (Кн. 1, введение). В группу органических входят твердые (уголь, торф, горючие сланцы), жидкие (нефть) и газообразные (природный и попутный нефтяной газы) ресурсы недр. Неорганическое топливо представляют урановые руды. К основным по экономической значимости и рассматриваемым далее видам топлива относятся уголь, нефть, газ, урановые руды. Однако необходимо отметить, что уже в обозримом будущем к ним, по-видимому, присоединятся гигантские, в буквальном смысле, запасы газовых гидратов и будет освоена практически неисчерпаемая энергия термоядерного синтеза.

Мировые балансовые запасы отдельных видов топлив характеризуют данные табл. 1.8. Географическое размещение их весьма неравномерно. Так, большая часть ресурсов угля и урана расположена на территории промышленно развитых стран, а запасы нефти и газа сосредоточены в развивающихся странах Азии, Африки и Латинской Америки. Большая часть органического топлива находится в Северной Америке (40%) и Азии (35), меньше их в Западной Европе (12), Африке (7), Южной Америке и Океании (по 3%).

Кратко охарактеризуем запасы отдельных видов топлив.

Мировые геологические запасы углей оцениваются в 7-8 трлн т (табл. 1.3). Из них наибольшие количества, помимо России, находятся в США (430 млрд т), ФРГ (100) и Австралии (90).

Таблица 1.8

Мировые балансовые запасы топлива

Ресурс	Количество	Обеспеченность, лет
Нефть	Около 140 млрд т	40
Природный газ	Более 161 трлн м ³	78
Уголь	1600 млрд т	400-450
Урановые руды	3-4 млрд т	10000-20000

Примечание. Запасы нефти и газа на конец 2002 г. (Сергеев П.)

В России эти ресурсы также весьма значительны (196 млрд т). По ним она занимает 3-е место в мире. Наиболее крупные угольные бассейны страны: Кузнецкий и Печорский (каменные угли), Канско-Ачинский (бурые угли). Глубина подземных разработок обычно составляет 300-800 м. В Канско-Ачинском бассейне она не превышает 100 м, и добыча в нем ведется открытым способом.

Следует отметить несоответствие районов размещения основных ресурсов углей и потребителей. В частности, более 80% их запасов расположено к востоку от Урала, а свыше 80% потребителей находится к западу от него. Вместе с тем современный уровень добычи угля в стране обеспечен ресурсами на 700-800 лет.

Значительная часть (50%) геологических запасов нефти (313 млрд т) падает на страны Ближнего и Среднего Востока, около 40 — на СНГ, Северную и Латинскую Америку, немногим более 10% — на Африку, Азию, Австралию и Западную Европу. В прогнозных ресурсах лидирующая роль Ближнего и Среднего Востока сохраняется (1/3 объема), но на второе место перемещаются страны СНГ.

Заметная доля (30%) известных, в том числе разрабатываемых, месторождений нефти приурочена к сухопутной части прибрежно-морских зон мира (Саудовская Аравия, ОАЭ, Венесуэла, Либерия и др.). Всего в мире насчитывается свыше 40 тыс. нефтяных проявлений, в том числе более 30 тыс. в США. При этом около 3/4 извлекаемых запасов приходится на 370 гигантских месторождений с запасами от 70 млн до 7 млрд т в каждом.

Наибольшие разведанные запасы нефти по состоянию на 01.02.2002 г. и обеспеченность ею имеются у ограниченного количества стран (табл. 1.9). Из этого следует, что в настоящее время запасы нефти, пригодными для экономически эффективной переработки, обладают в основном страны Ближнего и Среднего Востока, а также Венесуэла (от 70 до 150 лет). Гораздо более низки они у России (22 года). Здесь сказывается хорошо известная особенность нефтяных месторождений нашей страны, состоящая в их труднодоступности и

удаленности. Поэтому доля доказанных ресурсов российской нефти в ее мировых ресурсах составляет только около 5% против 12-13% в разведанных объемах. Еще меньше обеспеченность США, которая при нынешнем уровне добычи определяется всего в десять лет.

Таблица 1.9

Доказанные ресурсы нефти некоторых стран (Кокурин...)

Страна	Запасы, млрд т	Обеспеченность, лет
Саудовская Аравия	33,2	94
Ирак	14,3	153
ОАЭ	12,3	129
Кувейт	12,2	140
Иран	11,4	71
Венесуэла	9,9	74
Россия	7,6	22
Нигерия	3,0	31
США	2,8	10
Китай	2, 3	-

В нашей стране на государственный учет приняты запасы нефти более 2200 нефтяных, нефте-газовых и нефтегазоконденсатных месторождений. Из них 1200 разрабатывается. Месторождения расположены в 87 субъектах Российской Федерации, однако около 50% их запасов находится в Югре — Ханты-Мансийском автономном округе (Гуток). В заметных количествах нефть присутствует в Татарстане, Башкирии, на Северном Кавказе и Сахалине.

Полагают, что в настоящее время из потенциальных объектов мировых ресурсов нефти добыто около 25% (Байков..., 2003).

Вместе с тем оценки запасов нефти и других полезных ископаемых часто расходятся из-за отличий в методиках их подсчета в разных странах. В США, например, часто используется категория «доказанные запасы» и, частично, — «вероятные запасы». Это отвечает российским категориям А, Б, а также С₁, т.е. категории, относящейся к разведанным запасам (Миронов...).

Мировые разведанные запасы природного газа содержатся более чем в 25 тыс. месторождений и оцениваются примерно в 300 трлн. м³. Доказанные запасы составляют свыше 145 млрд м³. В наибольшем количестве они имеются в Ираке, в Саудовской Аравии, Алжире, Ливии, Нигерии, Венесуэле, Мексике, США, Канаде, Австралии, Великобритании, Норвегии и России. Примерно по 1/3 этих запасов приходится на Ближний Восток и Российскую Федерацию. Веду-

щую роль играют уникальные (запасы более 1 трлн м³) и крупнейшие (0,1-1,0 трлн м³) газовые и газоконденсатные месторождения. Они расположены в прибрежно-морских зонах Персидского залива, Индийского полуострова, Мексиканского залива, Великобритании, России и т.д.

Российские запасы природного газа заключены в 770 месторождениях, большая часть которых расположена в Ямало-Ненецком автономном округе. Запасы последнего составляют 78% общероссийских. Крупные месторождения разрабатываются также в Тюменской, Томской, Оренбургской, Самарской, Саратовской и Астраханской областях.

Разведанные месторождения газа неравноценны по ряду показателей. Только 28% из них относятся к высокоэффективным при разработке. Другие виды месторождений, %: глубокозалегающие — 14; сероводородсодержащие — 9; в пластах низкого давления — 13 (Поляков).

Извлеченные запасы газа оцениваются в настоящее время в 10-20% от общемировых (Поляков; Байков..., 2003).

Дополнительным природным газовым ресурсом является попутный. В нефтяных месторождениях он присутствует в количестве 150-300 м³/т добываемой нефти. Исходя из ее доказанных запасов (7,6 млрд т), для России этот ресурс составляет порядка 1,5-2,0 трлн м³. Его ежегодная добыча в стране оценивается в 30 млрд м³ (2001 г.) или около 5% от природного газа. Наибольшее количество попутного нефтяного газа поступает из месторождений, прежде всего, Тюменской области, а также Самарской, Татарстана и Башкирии.

Следует отметить, что снижение объема геологоразведочных работ и подготовки месторождений к эксплуатации в целом по постсоветской России (разд. 1.2 и 1.3) наблюдается и в нефтегазодобыче. Сокращение составило, раз: поисково-разведочных работ — свыше 4; эксплуатационного бурения — 7; ввода в эксплуатацию новых скважин — 5. В 2002 г. добыча нефти и газа была компенсирована восполнением их запасов соответственно только на 68 и 75% (Поляков).

Помимо традиционной триады органического топлива (уголь, нефть, газ), в некоторых регионах мира существенны запасы торфа. На начало 2003 г., по оценке геологической службы США, в мире они составляли более 2 трлн т, в том числе, млрд т: СНГ — около 770, Канада — 510, США — свыше 110 (Поляков).

Кроме органических видов, во второй половине 20 в. в промышленный оборот вовлечен новый источник топлива — уран. На нем основана работа атомных энергетических станций. Мировые геологические запасы урановых руд оцениваются в 2500 млрд т, разведанные составляют 5-8 млрд т, из них доказанные — 50%. Их добыча равна примерно 20 млн т/год.

Заканчивая обзор уже используемых запасов топлива планеты, отметим, что в этом вопросе прогнозируема коренная ломка существующих представлений. Основанием к этому являются уже отмеченные запасы газовых гидратов. Начало их выявления относится к последней четверти прошедшего столетия.

Газовые гидраты представляют собой соединения воды и природных газов, находящиеся в твердом состоянии. Запасы таких газов, преимущественно метана, огромны и оцениваются в $2 \cdot 10^{16} \text{ м}^3$, что превышает количество углерода во всех остальных природных объектах (уголь, нефть, газ, др.) Так, мировой объем разведанного негидратированного природного газа составляет $\sim 1,5 \cdot 10^{14} \text{ м}^3$, что в 100 раз меньше. Большая часть разведанных газовых гидратов находится в прибрежных морских зонах, в которых их количество примерно на два порядка выше, чем на суше. Российские газогидратные ресурсы размещаются в прибрежной полосе восточной части Северного Ледовитого океана ($3 \cdot 10^{15} \text{ м}^3$) и на суше ($\sim 6 \cdot 10^{13} \text{ м}^3$ в зоне вечной мерзлоты Якутии, Чукотки, на Сахалине и Камчатке).

В настоящее время представляются реальными два основных направления переработки газовых гидратов: 1. Их дестабилизация понижением давления в зоне месторождения. Этот путь, по оценкам, в большинстве случаев может оказаться наиболее выгодным; 2. Термическое инициирование отдельных участков месторождения, например подачей горячей воды, геотермальных вод или сжиганием части добытого топлива (порядка 6-7%). Оба направления пока нерентабельны из-за больших капитальных вложений. Однако реальная возможность их реализации в обозримом будущем подтверждается, в частности, официальным включением в США газовых гидратов в число разведанных запасов полезных ископаемых ($9 \cdot 10^{15} \text{ м}^3$ в 1995 г).

Вместе с тем нужно учитывать те реальные экологические опасности, которые могут возникнуть при промышленной добыче газовых гидратов. Их месторождения в прибрежных зонах содержатся в осадках без литологического покрытия. При добыче вероятны высвобождение огромных количеств газов и переход их в воду и атмосферу, разгерметизация нефтегазовых залежей под гидроносными пластами. Все это может принять характер экологической катастрофы.

1.4.2. Масштабы и экономика добычи и потребления

Основную массу добываемого топлива составляет углеводородное сырье, т.е. нефть, газ и уголь.

В настоящее время более 60 стран мира ведут добычу нефти, свыше 40 - поисково-разведочные работы на нее. По 30% нефти получено в пределах акваторий и сухопутной части прибрежно-морских зон мира. В целом ее добыча характеризуется устойчивым ростом, величина которого, в соответствии с табл. 1.10, составляла в конце 20 в. 0,8-2,2%. Это ниже темпов ежегодного мирового прироста ВВП, превысившего 2,5% в 1990-2000 г.

Таблица 1.10

Объемы мировой добычи органического топлива, млн т.у.т.

Ископаемые	1995 г.	1997 г.	1999 г.
Нефть	4680	4882	4960
Газ	2675	2750	2950
Уголь	3610	3780	3250
Всего	11575	12054	11800

Среди стран наибольшее количество нефти добывает тройка лидеров: Саудовская Аравия, США и Россия, попеременно возглавляющие список. В частности, уступив Саудовской Аравии первое место в начале последнего десятилетия прошлого века, Россия вновь вернулась на него в первые же годы нового тысячелетия — 470 млн т/год (9,7 млн бар./сутки в 2004 г.). Саудовская Аравия и США извлекали соответственно 7,0 и 5, 82 млн бар./сутки (Кокурин...).

Переработку нефти ведет более 700 нефтеперерабатывающих заводов. Свыше трети из них (около 40% мировых мощностей) расположены в США, России и Японии.

Добыча газа растет быстрее, чем нефти, составив в последнее пятилетие 20 в. 1,5-3,5%. Это соответствует среднегодовому увеличению мирового ВВП. Основные газодобывающие районы: Россия, Северная Америка, Западная Европа, Юго-Восточная Азия и Океания, Средний Восток, Африка. Около 30% мирового объема извлекаемого газа составляет морская добыча, 15-20% его падает на континентальную часть прибрежных морских зон.

Газоперерабатывающая промышленность в последние годы сделала резкий скачок вперед и в ряде высокоразвитых стран по темпам обогнала нефтеперерабатывающую отрасль. По объему переработки газа ведущее положение в мире занимают США, СНГ и Западная Европа (Норвегия, Великобритания, Нидерланды), а по производству сжиженного газа — Индонезия, Алжир и, отчасти, Малайзия.

В конце 20 в. наметилась тенденция снижения темпов добычи угля. Это в целом предопределило и незначительный рост потребления условного топлива, примерно 0,5% в год (табл. 1.10). Последний заметно

ниже увеличения ВВП и населения мира. Данное явление, очевидно, свидетельствует об определенном прогрессе в разработке и использовании ресурсосберегающих технологий в масштабах глобальной экономики.

Снижение темпов добычи угля оказалось кратковременным. Уже в 2002 г. она достигла 3,7 млрд т, в том числе Китай — 1,2 млрд т, США — около 1 млрд т, а также Индия, СНГ, Австралия и ЮАР (от 338 до 219 млн т). Доля наиболее ценных (коксуемых) углей составила 500 млн т.

Мировая угольная торговля в 2003 г. составила 617 млн т (Австралия — 204 млн т), в основном, морем (585 млн т). Коксуемых углей было продано 167 млн т, в том числе Австралией — 106 млн т. Крупнейшие их импортеры — Япония (71 млн т) и страны ЕС — 38 млн т (Suci...).

Наша страна извлекает значительные количества углеводородного сырья (табл. 1.11), что соответствует ее существенной доле в мировых запасах (табл. 1.4).

Таблица 1.11

Объемы российской добычи органического топлива

Ископаемое	1991 г.	1993 г.	1996 г.	1999 г.	2002 г.
Нефть, млн т	462	354	301	305	379
Газ, млрд м ³	643	618	602	590	593
Уголь	353	305	255	250	260

Основной нефтедобывающий район России — Тюменская область. Большая часть ее добычи приходится на пять крупнейших месторождений, прежде всего Самотлорское. Второй по значимости нефтедобывающий район включает Волго-Уральскую и Прикаспийскую нефтегазоносные провинции. Затем следует Северный экономический район (республика Коми, Мурманская и Архангельская области).

Необходимо, однако, отметить низкую эффективность российской эксплуатации месторождений нефти и ее переработки. Если современные мировые технологии позволяют извлекать из месторождений любой сложности до 70% нефти, то в нашей стране — 15-30%. Глубина переработки нефти за рубежом достигает 92-94%, а в России — только 62-64%. Таким образом, эффективность использования жидкого углеводородного сырья у нас ниже в сравнении с зарубежным уровнем в 4-7 раз. Вклад в это тотальное отставание — и несовременность применяемых технологий (моральный износ), и изношенность основных фондов (физический износ), и стремление нефтемагнатов выкачивать наиболее доступную нефть, не пресекаемое существующим отечественным законодательством.

Основная часть российского газа поступает с четырех месторождений Западной Сибири, в том числе 50% — с Уренгойского и 20% — с Ямбургского.

Добыча угля в России ведется преимущественно в Кузнецком бассейне (каменные угли) и Канско-Ачинском (бурые). В последнем случае она осуществляется открытым способом, мощность разрабатываемых ресурсов самая большая в мире.

Кроме углеводородного сырья, значительную долю добываемого топлива составляет уран.

Мировое ежегодное производство урановых концентратов (без стран СНГ) равно 25-30 тыс.т. Основные добывающие страны: Канада, Австралия, США, Нигер, Франция, Намибия, ЮАР, Габон. Добычу урановых руд ведут открытым (Австралия, Намибия), подземным (ЮАР) и комбинированным (США, Канада, Нигер) способами. Крупнейшие уранодобывающие предприятия имеют мощность до 3млн т руды в год. Значительная часть сырья носит комплексный характер.

В СССР была создана крупнейшая в мире ресурсная база урана. После распада Союза более 75% разведанных запасов оказалось вне России, хотя именно в ней расположена большая часть АЭС (60% установленных мощностей) — основных потребителей урана. Его современное производство базируется на запасах Краснокаменского месторождения (Забайкалье). Добыча руды не обеспечивает потребностей АЭС, возникающий дефицит погашается из складских запасов.

Мировое потребление ПЭР соответствует масштабам его добычи. В 1999 г. оно составляло 11800 млрд т.у.т., в том числе, %: нефть — 42; газ — 25; уголь — 27,5; АЭС — 2,3. Однако распределение ресурсов между странами-потребителями и производителями существенным образом не совпадает. Так, наибольшие количества нефти потребляют, млн т/год: США — 860, Япония — 233, Китай — 230, Германия — 119, Россия — 106. Все они, за исключением нашей страны, используют нефти гораздо больше, чем добывают. К ведущим ее экспортерам относятся все основные нефтедобывающие страны, исключая США.

Сходная картина наблюдается в потреблении газа. США и Европа в 2000 г. давали соответственно 22,9 и 11, 9% его мировой добычи при потреблении 27,2 и 19,1%. Основным газовым экспортером является Россия, особенно в Европу, а также Норвегия, Средний Восток, Африка.

Объемы экспорта российских ПЭР представлены в табл. 1.12. Из нее следует, что по сравнению с 1990 г., временем официального начала падения экономики России, удалось удержать и даже повысить только объемы экспорта газа. Вывоз нефти пережил глубокий спад. Лишь в начале текущего столетия обнаружилась тенденция к его росту. Экспорт угля менее значителен по масштабам, чем нефтяной и га-

зовый, и за пределами 20 в. будет снижаться. Суммарный экспорт ПЭР после глубокого спада обнаружил тенденцию к росту в начале 20 в., но в обозримой перспективе он не достигнет уровня 1990 г.

Таблица 1.12

Экспорт первичных энергетических ресурсов из России (Телегина)

Ресурс	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.*
Экспорт, всего, млн т.у.т.	706	480	526	530-575
Нефть и нефтепродукты, млн т	286	162	142	160-175
Природный газ, млрд м ³	213	191	193	245-260
Уголь, млн т.у.т.	30	22	28	14-18

*Прогноз

Экспорту первичных энергетических ресурсов, особенно нефти и газа, способствует благоприятное соотношение цены и издержек на их добычу. На рубеже столетий оно составляло около 3 раз, для каменного угля — 130-140%. Однако цены нестабильны. Например, стоимость одного барреля нефти в 1990-1994 г.г. последовательно снижалась с 22,5 до 15,95 дол., в 1996 г. она возросла до 20,37 дол., упала до 13,07 дол. в 1998 г., повысилась до 20,81 дол. в 2000 г., в течение первых двух кварталов 2002 г. увеличилась с 20,90 до 25,60 дол. (Байков..., 2003). В 2006 г. цена преодолевала очень высокий уровень в 78 дол./бар. Эти весьма существенные колебания не может погасить даже скоординированная политика стран ОПЕК — экспортеров нефти, пытающихся поддерживать стоимость 1 бар. в согласованном ценовом коридоре, регулируя величину добычи и экспорта.

Неудачи в стабилизации цен нефти обусловлены несколькими причинами. Часто они связаны с действиями на нефтяном рынке независимых экспортеров, не входящих в ОПЕК, в том числе России, решающих свои текущие индивидуальные проблемы. Значительную дестабилизацию вызывают некоторые события внутри крупнейших стран-экспортеров (война в Ираке, дело фирмы «ЮКОС» в России и т.п.), обрушивающие рынок и приводящие к ажиотажному спросу на высоколиквидный товар.

Ценовые колебания по нефти наиболее опасны для стран с высокими издержками на ее добычу. Так, если себестоимость извлечения нефти в Саудовской Аравии находится на уровне 2 дол./бар., то в нашей стране — порядка 10 дол. Именно это обстоятельство в 1998 г. ввергло Россию в дефолт, разрушение банковской системы и в еще одно скачкообразное снижение жизненного уровня народа.

Мировым ценам на природный газ присущи свои особенности. В отличие от мирового нефтяного, рынок природного газа имеет более региональный характер, в основном из-за высоких издержек на его трансконтинентальную транспортировку. Цены на природный газ в Европе и его сжиженный продукт в странах Юго-Восточной Азии обычно привязаны к нефтяным, составляя 60-70% от стоимости последних. Это соотношение прогнозируется и на последующие 10-15 лет, резко увеличивая конкурентность газа на рынке ПЭР.

Мировые цены на уголь в период до 2020 г. могут сохраниться на уровне 45-50 дол./т (Байков..., 2003), но в 2005-2006 гг. они составляют около 60 дол. т.

В целом доминирующее положение в структуре потребления ПЭР в 2001-2020 гг. будет принадлежать невозобновляемым источникам энергии, прежде всего энергоносителям органического происхождения. Вклад последних в мировое энергопотребление останется на уровне 60-65%. Общая доля невозобновляемых ПЭР (органического топлива и ядерного горючего) составит около 80%. На возобновляемые источники (ГЭС, нетрадиционные) в настоящее время и в перспективе придется около 20% энергетических ресурсов.

Все виды ПЭР используют для выработки вторичных энергетических ресурсов, более удобных для применения в народном хозяйстве. К ним обычно относят горячую воду, пар, электроэнергию. Последняя наиболее универсальна.

В России электроэнергетика является одной из основных отраслей экономики. На начало 2002 г. общая установленная мощность российских электростанций составляла около 205 млн кВт, в том числе, %: ТЭС — 67, ГЭС — 22, АЭС — 11. Свыше 90% этого потенциала объединяет Единая энергетическая система (ЕЭС), охватывающая всю территорию страны от европейской части до Дальнего Востока. Однако, в связи со старением основных фондов (физический износ около 65%) и незначительным вводом новых мощностей, располагаемая мощность электростанций не превышает 160 млн кВт (Гринкевич).

1.5. О принципиальной неисчерпаемости природных ресурсов

Заканчивая рассмотрение вопросов, связанных с состоянием природных ресурсов, следует остановиться на, может быть, наиболее важной для человечества проблеме. Обычно под ней подразумевают ограниченность, исчерпаемость природного сырья. Однако эта точка

зрения представляется не столь однозначной, несмотря на всеобщее признание. История науки показывает, что общепринятые взгляды нередко требуют пересмотра. Так, в течение полутора тысяч лет господствовал геоцентрический взгляд на строение Солнечной системы. В соответствии с ним ее центром являлась Земля, а все другие небесные тела, включая Солнце, вращались вокруг нее. Гениальный польский астроном Николай Коперник в 16 в. показал ошибочность этих воззрений и разработал гелиоцентрическую теорию строения Солнечной системы. В ней центр — Солнце, а Земля, как и другие планеты, вращается вокруг него. Давно уже отринуты теория теплорода, ненаучные попытки превращения одних элементов в другие химическим путем, создания вечных двигателей и т.д. Автор полагает, что настанет время, когда человечество будет рассматривать и проблему конечности, истощаемости природных ресурсов как потерявшую актуальность. Обоснуем это утверждение.

Рассматривая современные представления об истощаемости природных ресурсов, нетрудно выделить в них пессимистическую и оптимистическую точки зрения.

В рамках пессимизма отмечается, что проблема истощаемости природных ресурсов с каждым годом приобретает все большую актуальность. В частности, темпы роста потребления ресурсов превышают рост численности населения. Особенно быстро увеличивается использование углеродсодержащих ресурсов. Указывается, что в настоящее время ежегодно сжигается столько горючих полезных ископаемых, сколько природа накапливает за миллионы лет (Воронков). Приводятся многочисленные и зачастую противоречивые данные, на сколько лет хватит разведанных запасов тех или иных ресурсов.

В соответствии с оптимистическим сценарием, «нельзя голословно утверждать, что в ближайшее время природно-ресурсный потенциал может быть физически истощен и человечество может быть поставлено перед глобальной проблемой его краха» (Чапек). Указывается на необходимость комплексного использования сырья, внедрения новых источников энергии, вместо выводимых, с теми же потребительскими свойствами. Муссируется, например, замена бензина из нефти в автомобилях на спирт, полученный из сахарного тростника (практика Бразилии), и, на начальном этапе, — из сахарной свеклы в США (кн. 1, разд. 14.2.6).

Наиболее оптимистический прогноз предусматривает истощение всего содержания *элементов* в земной коре. Для этого случая даются следующие сроки, лет: для железа, урана, алюминия — 10^9 , меди — $242 \cdot 10^6$ (Глухов...). Таким образом, в данном варианте их запасы в худшем случае закончатся через несколько сотен миллионов лет (для меди) или через миллиард лет по железу, алюминию, урану.

К сожалению, этот, весьма оптимистический, сценарий логически ничтожен и не должен приниматься во внимание, поскольку получен на основании ложной посылки: химические элементы в процессе материальной деятельности исчезают. Она возвращает нас во времена алхимии. В любых химических и подобных им превращениях нерадиоактивные элементы в какие-либо иные не переходят, хотя оказываются в составе других соединений. Например, процесс восстановления железа из окисленных (гематитовых) руд может быть выражен уравнением:



Изделие из железа после окончания срока службы ржавеет (окисляется) и вновь переходит в оксид.

Из изложенного следует, что количество нерадиоактивных элементов на Земле постоянно, без учета образовавшихся при распаде радиоактивных веществ. Оно характеризуется кларком, т.е. средним содержанием элемента в земной коре, выраженным в процентах.

Что же исчезает? Что понимается под невозобновляемыми природными ресурсами? Конечно, имеются в виду месторождения полезных ископаемых, т.е. участки земной коры, в которых в силу тех или иных причин различные элементы достигают концентраций, существенно превосходящих их кларки. Последнее обеспечивает их экономически обоснованное извлечение.

История материального производства свидетельствует, что по мере совершенствования технологий экономически приемлемое содержание элементов в месторождениях существенно снижается. Возвращаясь к железу и другим металлам, можно отметить, что вначале экономически целесообразно было использование только их самородных проявлений. В последних содержание железа, меди, золота и прочих металлов было практически 100%-м. Затем наступила пора переработки сверхбогатых руд, в частности по железу — до 70%. В настоящее время в некоторых случаях используются руды с содержанием железа 16% (Качканарское месторождение титано-магнетитов). Таким образом, за неполные 100 лет 20 в. экономически приемлемое содержание железа в рудах снижено в 4 раза. Кларк железа — 4,65%. От 16 до 4,65% относительное «расстояние» меньше, чем уже пройденное от 70 до 16%. Можно принять, что и оно будет преодолено в сроки, сопоставимые со столетием. Допустим, тем не менее, что необходим повышающий коэффициент для прохождения этой дистанции, поскольку каждый последующий относительный процент снижения Fe достигается с большим трудом. Возможно, это увеличит продолжительность обсуждаемого периода до нескольких сотен лет. Однако геологические запасы железных руд в настоящее время составляют 2500 лет (разд. 1.3) и продолжают возрастать. Поэтому вполне реально, что задолго до того,

как исчерпаются запасы нынешних месторождений, металлургические технологии достигнут уровня экономически эффективной переработки сырья с кларковым содержанием железа (такое в принципе близко к достижимому и в настоящее время при комплексном использовании исходного сырья). Это будет означать, что проблема дефицита железорудного сырья принципиально решена на весь срок существования Земли как небесного тела, пригодного для проживания людей.

Еще меньше дистанция между содержанием алюминия в перерабатываемых в настоящее время рудах (17%) и его кларком (8,1%). При этом успехи в создании все более эффективных технологий извлечения алюминия настолько велики, что за примерно 100 лет (вторая половина 19 в. — вторая половина 20 в.) стоимость его, первоначально в несколько раз более дорогого, чем золото, снизилась по отношению к последнему до уровня, на порядки меньшего. На стыке веков алюминий по масштабам производства занимает прочно второе место (более 29 млн т/год), вслед за железом.

Перспективы перехода к использованию сырья с кларковым содержанием реальны и для других широко распространенных элементов. В частности, из 85 стабильных элементов Периодической системы Д.И. Менделеева на долю наиболее распространенных девяти из них приходится 99,6% всей массы земной коры (Кн. 1, разд. 3.2.1). Их кларки, кроме приведенных для железа и алюминия: 47,3 — кислород; 29,1 — кремний; 3,3 — кальций; по 2,5 — натрий и калий; 1,7 — магний; 0,44 — титан. Отсюда следует, что еще задолго до того, как будут использованы запасы нынешних месторождений, переход на сырье с кларковым содержанием в реально прогнозируемые сроки возможен для группы элементов и их соединений, образующих подавляющую долю современных запасов полезных ископаемых.

Очевидно также, что сроки истощения традиционных месторождений станут значительно более длительными, чем прогнозируемые в настоящее время. Геологи открывают все новые и новые залежи, превышающие в подавляющем большинстве случаев по запасам выводимые в переработку. Сейчас в принципе невозможно предположить, когда в геологии возобладает противоположная тенденция.

Замедлят темпы истощения природных ресурсов и другие факторы. Глобальные масштабы приобретет вовлечение в переработку вторичного сырья. Уже в наше время из него получают, например, не менее 50% мирового выпуска свинца. Ясно, что во все времена содержание во вторичном сырье ценных компонентов будет существенно превышать их кларки. Многократный рецикл его станет обязательным.

Мощным направлением экономии природного сырья явится комплексная переработка. Так, известна промышленная технология ис-

пользования руд Лисаковского месторождения, позволяющая выплавлять не только чугун и сталь, но и производить фосфатные удобрения, глинозем для электролиза алюминия, белитовый шлам для выпуска портландцемента, наиболее крупнотоннажного продукта промышленности. В ряде случаев многие виды изделий станут получать только из отходов. В частности, при производстве портландцемента основные компоненты его исходной сырьевой смеси (известняк, глина, пиритные огарки) могут быть заменены, в соответствии с практикой Старооскольского цементного завода, вскрышными породами железорудных месторождений.

Вероятно, со временем соотношение между отдельными видами выпускаемой продукции, вследствие изменений в сырьевой базе, изменится. Снизится, например, доля цветных металлов, увеличится — материалов на основе песка, глины. Преобладающие элементы в них — кремний, алюминий, кислород, суммарный кларк которых равен 85. Уже и сейчас производство материалов на кремнеземисто-алюминиевой основе весьма заметно: цементы, каменное литье, фарфор, фаянс, кремниевые преобразователи энергии, диэлектрики, материалы-сверхпроводники и т.д.

Очевидно, что названные и другие решения, увеличивающие сроки истощения полезных ископаемых, позволят еще более обоснованно подготовиться к переходу человечества на технологии, экономически приемлемые для извлечения элементов из земной коры при их кларковых содержаниях. Техническая возможность создания таких технологий очевидна. Доказательство тому — методы аналитической химии. По сути это технологии, позволяющие извлечь вещества из исходного материала с любыми, включая ничтожные, концентрациями входящих в него соединений.

Необходимо подчеркнуть, что во всех процессах трансформации вещества, иными словами, во всех видах технологических процессов единственным безвозвратно теряемым природным ресурсом является энергия. Так, в химическом процессе, выраженным уравнением (1.1), и до и после его протекания было три элемента (железо, кислород, углерод), количества которых, разумеется, не изменились. Однако стал другим характер химических связей между элементами.

Связи кислорода с железом в исходном сырье были разорваны, но возникли дополнительные между кислородом и углеродом. На перераспределение связей потребовались затраты энергии, так как процесс (1.1) является эндотермическим.

Исходя из изложенных общих представлений, автор в свое время отмечал, что все виды производственной деятельности приводят к потреблению энергии (тепловой, механической, электрической и др.),

расходуемой на добычу и переработку исходного сырья в потребительские товары и услуги (Авт: Теоретические...) Созвучна высказанному мысль о том, что труд есть управление энергетическими потоками окружающей человека природной среды, причем источником их служит сама природа (Акимова).

Таким образом, истощаемость природных ресурсов как общее понятие сводится, по сути, к проблеме ограниченности энергетических ресурсов. Последние по масштабам запасов делятся на истощаемые и неисчерпаемые (возобновляемые).

К истощаемым относятся ПЭР. Их массовая доля в природных ресурсах мизерна, так как элементы, составляющие их (углерод, водород и уран), входят в число 76 малораспространенных, суммарный кларк которых не превышает 0,4. При этом все ПЭР содержат лишь тысячную часть общего углерода осадочных пород, например известковых и доломитовых. Последние, в свою очередь, тоже составляют только долю запасов углерода в земной коре. При сгорании углеводородного топлива оно превращается в углекислый газ и воду. Поскольку образование новых месторождений углеводородов занимает многие миллионы лет, то для человечества это означает их практическую невоспроизводимость.

Возобновляемые источники энергии также хорошо известны. Это энергия Солнца и других нетрадиционных ее источников, например ветра, приливов, отливов, рек и др. (Кн. 1, разд. 14.1.6). В настоящее время они находятся в начальной стадии использования и их стоимость несколько выше, чем энергии ПЭР. Но последние по мере их истощения будут только дорожать. В свою очередь, стоимость энергии возобновляемых источников вслед за совершенствованием технологии ее производства неуклонно снижается. Можно полагать, что в ближайшие десятилетия энергия неисчерпаемых источников станет дешевле и доступнее полученной из ПЭР. На этот и более длительный период месторождений неорганических полезных ископаемых современного качества вполне достаточно. Затем, используя постоянно дешевеющую энергию неисчерпаемых ее источников, человечество станет постепенно осваивать месторождения со все меньшим содержанием целевых элементов, продвигаясь в направлении создания и освоения экономических приемлемых технологий переработки «кларковых» месторождений. Вводя новое понятие, автор понимает под кларковыми месторождениями участки земной коры с кларковым содержанием извлекаемого элемента.

Очевидно при этом, что необходимым условием продвижения к успешной переработке кларкового сырья является стабильное удешевление стоимости энергии, не отстающее от темпов снижения содержания извлекаемого элемента. Это условие записывается следующим образом:

$$C = \underline{C}/K \leq \text{const}, \quad (1.3)$$

где C — стоимость энергии на единицу продукции;

$\underline{C}$ — цена единицы энергии;

K — концентрация полезного компонента в перерабатываемом материале.

Отсюда следует, например, что применительно к кларковым месторождениям железа и алюминия цену единицы энергии по сравнению с существующей необходимо снизить ориентировочно в $16/4,65$ и $17/8,1$, т.е. в 2-4 раза. Эта оценка, несмотря на ее определенную условность, показывает, что экономическая эффективность переработки кларковых месторождений данных и других наиболее распространенных элементов может быть достигнута задолго до исчерпания месторождений в их современном понимании. В настоящее время геологические запасы железа и алюминия составляют соответственно 2500 и 68000 лет.

Автор надеется, что выполненное исследование в определенной степени поможет обществу повысить уровень оптимизма по поводу того, что ждет наших потомков и насколько реальна с экономических позиций в долговременном плане концепция устойчивого развития.

Вместе с тем вне данного рассмотрения остаются представляющиеся в настоящее время почти фантастическими возможности, открывающиеся перед человечеством по созданию всех необходимых ему предметов материального мира, включая продовольствие, методами нанотехнологий.