



М.В. Голицын, А.М. Голицын

МИР СОЛНЕЧНОГО КАМНЯ

СЕГОДНЯ И ЗАВТРА ИСКОПАЕМОГО УГЛЯ



*Михаил Голицын,
доктор геолого-
минералогических наук,
профессор МГУ, академик
РАЕН, кавалер ордена
Трудового Красного Знамени*

За долгие годы служения Ее
Величеству Геологии мне
довелось быть свидетелем
и участником развития
многих ее отраслей, особенно
угольной. Геологи и шахтеры
рука об руку шли и идут
к познанию и освоению
земных недр, раскрывая
богатства кладовых полезных
ископаемых, давая людям
тепло, свет, топливо, металлы
и неметаллы — всё, без чего
сегодня невозможно развитие
цивилизованного общества.
Сегодня мы являемся
свидетелями нового витка
развития отечественной
геологии и горного дела,
что позволит еще больше
укрепить промышленный
потенциал страны и ее статус
Великой державы.



*Андрей Голицын,
кандидат геолого-
минералогических наук,
исследователь Таймырского
угольного бассейна*

Несколько лет мне
посчастливилось провести
на Таймыре. Недра этого
громадного полуострова на
севере России таят в себе
десятки миллиардов тонн
высококачественных углей —
от бурых до антрацитов.

Трудно поверить, что в
далекие пермские времена
здесь простирались обширные
торфяные
болота — родоначальники
будущих пластов ископаемого
угля.

Сегодня Таймыр — это
один из «спящих гигантов»,
но не так далек день, когда
караваны
с таймырским углем пойдут
по Северному морскому пути
в Европу и Азию.



М. В. Голыцын, А. М. Голыцын

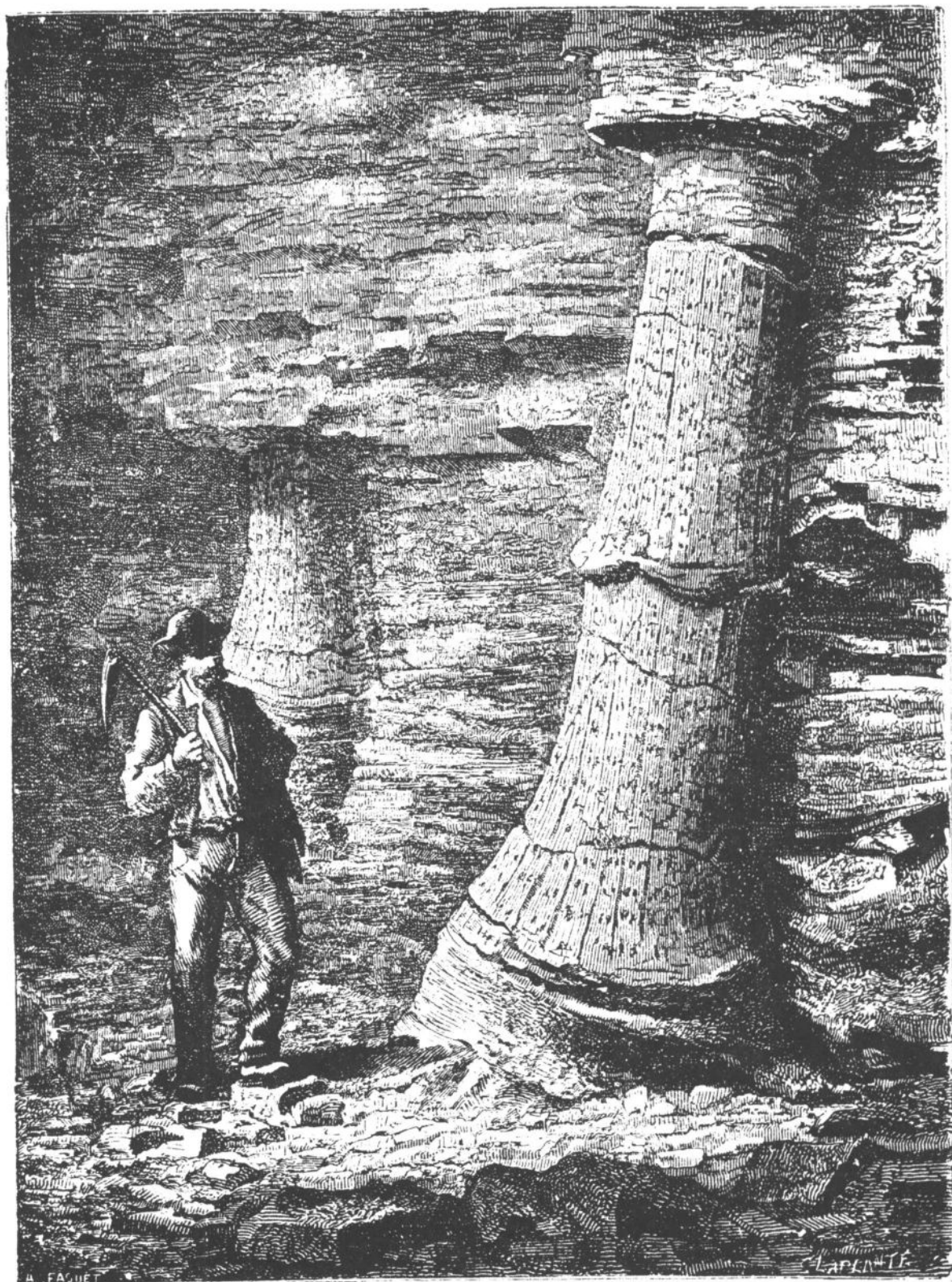
МИР
СОЛНЕЧНОГО
КАМНЯ

Сегодня и завтра ископаемого угля



**МИР СОЛНЕЧНОГО
КАМНЯ**

*Славным покорителям земных
недр — геологам и шахтерам посвящается*



A. FAUDET

LAPLANTIE

М. В. Голицын
А. М. Голицын

МИР СОЛНЕЧНОГО КАМНЯ

Сегодня и завтра ископаемого угля

Москва
Русский Миръ
ИПЦ «Жизнь и мысль»
2010

УДК 622.333(100)
ББК 33.31(0)
Г60

Издано при финансовой поддержке:
Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках
Федеральной целевой программы «Культура России»;
Администрации Кемеровской области

Художник *В. В. Покатов*

Голицын, Михаил Владимирович.

Г60 Мир солнечного камня: Сегодня и завтра ископаемого угля /
М. В. Голицын, А. М. Голицын. — М. : Русский Мир : Жизнь и мысль,
2010. — 224 с. : ил. — ISBN 978-5-8455-0157-8.

И. Голицын, Андрей Михайлович.

Агентство СІР РГБ

В книге в достаточно популярной форме изложены история и перспективы развития угольной геологии и горного дела, изложены основы поисков и разведки угольных месторождений, приведены подробные сведения о количестве, качестве и направлениях комплексного использования ископаемого угля. Даны краткие сведения об основных угольных бассейнах и месторождениях России и мира, оценка роли угля в каждой стране. Уголь не рассматривается изолированно от других источников энергии, что позволяет правильно оценить его место в мировом топливно-энергетическом комплексе. В работе сделана попытка заглянуть в конец XXI века и оценить роль того или иного энергоносителя в общем производстве энергии.

Помещен краткий словарь наиболее часто встречающихся «угольных» терминов.

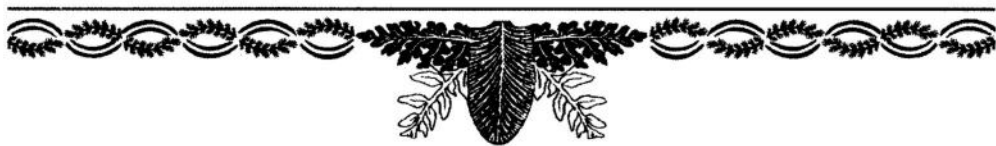
Книга рассчитана на геологов, горняков, студентов геологических и горных вузов, школьников, а также на широкий круг читателей, интересующихся вопросами развития угольной геологии и горного дела на фоне развития других «энергетических» отраслей.

УДК 622.333(100)
ББК 33.31(0)

ISBN 978-5-8455-0157-8

© Голицын М. В., Голицын А. М., 2010
© Издательство «Русский Мир», 2010
© ИПЦ «Жизнь и мысль», 2010

От авторов



Сегодня во всем мире в научных трудах, на страницах газет и журналов самыми разными специалистами на самых различных уровнях обсуждаются проекты возрождения эры угля. «Уголь — мост в будущее», «Все об угле», «Возвращение к углю», «Угольный ренессанс», «Прочь от нефти» — вот названия некоторых книг и статей.

Какие же причины заставили мир снова повернуться лицом к углю? Причин тут несколько. Давайте совершим небольшой исторический экскурс.

Как известно, вторая половина XX в. характеризовалась сменой лидера среди энергетических источников в мире. Ископаемый уголь, на долю которого длительное время приходилось две трети потребляемой человечеством энергии, уступил первенство нефти и природному газу, удовлетворявшим в начале, на рубеже XX и XXI вв., 66% мировой потребности в энергии. Однако энергетический кризис, начавшийся еще в 70-х гг., и сопровождавшийся многократным ростом цен на нефть, заставил развитые капиталистические страны пересмотреть свою энергетическую политику, базирующуюся на привозной нефти, и изменить отношение к ископаемому углю.

Важным обстоятельством явились также огромные ресурсы ископаемого угля (около 15 трлн т), на порядок превышающие ресурсы нефти и газа, вместе взятые. Наличие в мире крупных концентраций угольных ресурсов позволяет создавать и развивать мощные стабильные энергетические базы, которые на многие десятки и сотни лет могут обеспечить страны энергией и сырьем для химической промышленности. Не менее важен еще один факт: если большая часть нефти сосредоточена в недрах развивающихся стран, то углем богаты практически все развитые страны — основные потребители энергии. Кроме того, во многих странах уголь сегодня является конкурентоспособным при производстве электроэнергии и использовании его в различных отраслях. Поэтому, по мнению специалистов, уголь может сыграть главную роль в решении проблем энергетики, и в ближайшие 20 лет дополнительные запросы мировой энергетики наполовину или более могут быть удовлетворены за счет угля. Этому способствует то, что технология добычи и использования угля хорошо отработана и пос-

* Т у. т. — тонна условного топлива с низшей удельной теплотой сгорания рабочего топлива 29, 302 МДж/кг, единица измерения, посредством которой в топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) суммируются различные энергетические источники — горючие ископаемые, гидро- и атомная энергия и т. д.

тоянно совершенствуется. Уголь может сыграть роль моста к энергетической системе будущего и явиться ее фундаментом в следующем столетии.

Мировое производство энергии в настоящее время превысило 13 млрд т у. т. * и в перспективе увеличится в 1,5–2 раза, причем доля угля возрастет с 25 до 35%. На душу населения сегодня приходится в среднем 2 т у. т. (в России 7, развитых странах Западной Европы 5–7, слаборазвитых странах — менее 0,1 т у. т.).

И в нашей стране «Энергетической стратегией» предусмотрены достаточно высокие темпы развития угольной промышленности. Наряду с бассейнами-ветеранами — Донецким, Кузнецким и Печорским, нарастают мощь сибирские топливно-энергетические гиганты — Канско-Ачинский, Иркутский, Южно-Якутский. Расширяются области использования угля. Традиционные сферы потребления угля — энергетика и коксование — дополняются новыми. Это производство синтетического жидкого топлива, адсорбентов, электротехнических изделий, многих химических продуктов, удобрений и др.

Но есть и другие источники. Это энергия Солнца, которое ежегодно посылает на землю сотни квадриллионов киловатт-часов энергии, в 5 тыс. раз больше современной потребности человечества. Велика и энергия ветра, внутреннего тепла Земли, морских приливов. Огромна энергия сил гравитации. Однако масштабы использования этих источников, в силу ряда причин, пока невелики. Практически неисчерпаема энергия реакций ядерного распада. Однако развитие мировой атомной энергетики сдерживают и ограниченные запасы урана, и сложность управления процессом и утилизации отходов ядерного производства. Пока еще не обуздана сила «тяжелой» воды, которая в перспективе сможет дать энергию, намного превышающую энергию всех запасов ископаемого топлива.

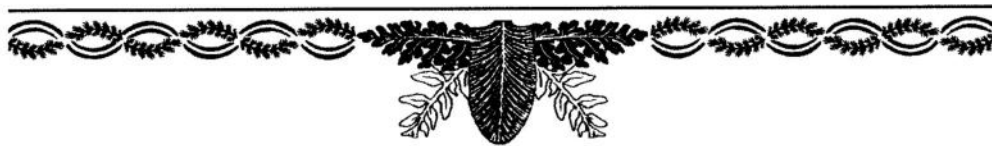
Поэтому еще долго главными источниками энергии останутся нефть, газ и уголь. С сокращением запасов нефти и ростом ее использования в большой химии роль ее в топливном балансе будет снижаться, а роль угля возрастать.

В этой книге читателю предлагается совершить путешествие в **интереснейший мир ископаемого угля**, познать и оценить его. Речь пойдет об угле, который образно называют солнечным камнем, о его свойствах и условиях образования, методах поисков, разведки и добычи, путях и перспективах его использования, месте угля среди других энергетических источников. Перед читателем пройдет вереница угольных бассейнов и месторождений, «населяющих» все континенты планеты Земля, показано их значение для каждой страны, перспективы их изучения и дальнейшего освоения.

В работе над книгой нам помогали Н. В. Пронина, Е. Ю. Макарова, А. Х. Богомолов, В. И. Вялов, И. В. Зубкова, Н. В. Грачева. Большое им спасибо.

1. ЗАГЛЯНЕМ В ИСТОРИЮ





Ископаемый уголь известен человеку с незапамятных времен. Первое письменное упоминание о нем встречено в «Метеорологии» Аристотеля (340 г. до н. э.). В 320 г. до н. э. Теофраст в «Трактате о камнях» писал: «Называют эти ископаемые вещества антрацитом (или углем)... они воспламеняются и горят подобно древесному углю...» Археологические находки указывают на «ломку» угля в далеком прошлом. Например, в Англии добывали уголь еще в эпоху римского владычества. В древних каменноугольных копях были найдены кремневые топоры и молотки. В Китае 100–50 лет до н. э. уголь применяли для выплавки меди, обжига фарфора, выпаривания соляных растворов.

А вот что писал о каменном угле известный путешественник Марко Поло, посетивший в XIII в. Китай: «По всей области Китая есть черные камни; их выкапывают в горах, как руду, и горят они, как дрова. Огонь от них сильнее, чем от дров... Жгут эти камни, знаете, по всей области Китая. Дров у них много, но жгут они камни, потому что и дешевле, да и деревья сберегаются».

Во Франции в одном из монастырей еще в 1095 г. каменный уголь использовался для отопления жилищ. В конце XII в. добыча угля начала производиться в Англии и Германии. Систематическая добыча угля в Европе началась в XIV в. Развивалась торговля углем, особенно английским. Морским транспортом он доставлялся в различные страны Европы. Английским угольным копам посвящена повесть Жюль Верна «Черная Индия», как называл он Англию, богатую ископаемым углем. Он писал: «...эта Индия, может быть, еще больше, чем настоящая, способна поразительному обогащению Соединенного королевства». Любопытно, что писатель, характеризуя огромные богатства угля в разных странах, в то же время предостерегает человечество о возможности истощения в отдаленной перспективе запасов угля и необходимости поисков ему замены.

Большое значение для развития угледобычи во многих странах имело доказательство возможности использования его для выплавки металлов взамен древесного угля. В 1589 г. в Англии Проктер и Питерсон получили при обжиге каменного угля продукт и назвали его коксом.

В 1619 г. англичанину Доду Додлею был выдан патент на открытие «после долгих трудов... способа и средства выплавки железной руды... путем применения каменного угля в печах с раздувательными мехами, причем результаты получились такого же хорошего качества, как и те, что до сих пор производились при помощи древесного угля». Специалисты-коксовики считают, что есть все основания полагать, что Додлей вел плавку именно на коксе, секрет производства которого он так никому и не открыл. Лишь в 1709 г. Авраам Дерби провел доменную плавку на коксе, и эта дата считается официальным началом коксового производства. Так, использование для выплавки металлов каменного угля спасло от уничтожения миллиарды кубометров древесины. Ведь для выплавки тонны чугуна требовалось до 20 кубометров древесины, превращенной в уголь. Небезынтересно, что в России, обладавшей несметными лесными богатствами, еще в 1754 г. было запрещено строить железоделательные заводы вокруг Москвы в радиусе 200 верст. Главным же потребителем угля стали железные дороги, протяженность которых в мире к 1900 г. достигла 800 тыс. км. Наступила «угольная эра», ископаемый уголь стали называть Его Величеством. В 1800 г. мировая добыча угля превысила 15 млн т, в том числе в Англии — 14, во Франции — 0,8, в Германии — 0,3 тыс. т; в 1900 г., соответственно, 229, 32 и 107 млн т. В 1900 г. в США было добыто 241 млн т угля, в России — 12 млн т, всего в мире — 768 млн т угля. Совершенствовалась техника добычи угля. Взамен ручного труда шахтеры стали применять машины — экскаваторы, врубовые машины, транспортеры.

В 1900 г. в мировом топливно-энергетическом балансе единолично первенствовал ископаемый уголь (71,6%), далее следовали обыкновенные дрова (17,6%), нефть (3%), гидроэнергия (1,7%), газ (0,9%) и торф (0,7%).

В России значение ископаемого угля в свое время высоко оценил Петр I. Во время Азовского похода, в 1698 г., по преданию, увидев, как в костре горят черные камни, он сказал: «Сей минерал, если не нам, то потомкам нашим зело полезен будет». Это был уголь с р. Донец. Восемнадцатый век в России ознаменовался открытием основных угольных бассейнов. В 1720 г., после открытия Григорием Капустиным донецких углей, Берг-коллегией был обнародован указ, предлагавший всему населению России искать уголь. В столицу начали поступать сообщения об открытии новых месторождений. Ученики Капустина Иван Палицын и Марк Титов в 1721 г. нашли уголь в Рязском уезде (ныне Подмосковский угольный бассейн). В 1722 г. Михаил Волков обнаружил залежи угля на р. Томи под г. Кузнецком. Там была известна Горелая гора, где давно горел мощный угольный пласт. В середине XVIII в. уголь был обнаружен в Калужской губернии. Для проходки там первых скважин на петербургском Монетном дворе был изготовлен специальный бур длиной шесть сажен.

Природу угля изучал Михаил Ломоносов. Он считал, что каменный уголь «не что иное есть, как чернозем от согнития трав и листов рожденный, который в древние времена с плодоносных мест из лесов смыв дождем, сел как на дно в озера. Потом как они высохли, или песком засыпаны стали, долговременною старостию ил затвердел в камень...».

В 1771 г. был открыт Канско-Ачинский, в 1796 г. — Иркутский бассейны.

В 1794 г. на Урале горный мастер Кизеловского железоделательного завода Моисей Югов обнаружил неподалеку пласты каменного угля и с успехом заменил им древесный. Однако владельцы местных лесов, получавшие огромные доходы от продажи древесного угля, засадили настойчивого Югова в острог. Оттуда он бежал, добрался до Петербурга и через знакомых солдат передал императору Павлу I записку с описанием открытого месторождения. После нескольких безуспешных попыток Югов добился своего — в 1797 г. Берг-коллегия постановила командировать Югова в Пермскую губернию для разведки месторождения угля в Кизеле. Однако мечтам Югова не суждено было сбыться, он заболел и умер на 36-м году жизни. Его опыты по выплавке железа на каменном угле были забыты.

В 1795 г. горный инженер Иван Бригонцев составил «Руководство к познанию, разрабатыванию и употреблению каменного угля». Он писал: «Железные руды, выплавляемые обожженным каменным углем, дают превосходных доброт чугуна для отливок всех вообще военных орудий, снарядов и других вещей...»

К 30-м годам XIX в. относится открытие Челябинского, Таймырского, Ленского бассейнов, месторождения Ткибули в Грузии. В 40–50-х гг. был найден уголь в Печорском, Буреинском и Южно-Якутском бассейнах, на ряде месторождений Забайкалья. В конце XIX в. были получены первые сведения о наличии угля на Урале, в Минусинском, Улугхемском, Тунгусском бассейнах. На Дальнем Востоке началась добыча угля в Сучанском (Партизанском) бассейне.

Уголь стал использоваться не только как топливо. Все большее развитие получает использование жидких и газообразных продуктов сухой перегонки каменного угля. В 1825 г. М. Фарадей выделил из них бензол — ценнейший химический продукт. В 1842 г. наш соотечественник Н. Н. Зинин путем восстановления нитробензола получил анилин — основу лакокрасочной промышленности. В России первый коксохимический завод был построен в 1889 г. при Щербиновском руднике в Донбассе, где, кроме выпуска кокса, еще и улавливались ценные химические продукты коксования.

В 1888 г. Д. И. Менделеев выдвинул идею подземной газификации угля. Он писал: «Настанет, вероятно, такая эпоха, что угля из земли вынимать не будут, его сумеют превратить в горючие газы и их по трубам будут распределять на большие расстояния».



**Якутия.
Токинский
бассейн. Эльга,
июнь 1985 г.**

**В послевоенные
годы в создание
надежной
базы угольной
промышленности
много сил и
знаний вложили
крупные
руководители
геологической
отрасли
И. И. Мальшев,
П. Я. Антропов,
А. В. Сидоренко,
Е. А. Козловский,
В. П. Орлов,
В. Ф. Черепове-
цкий, Н. И. Пог-
ребнов, В. С. Бо-
рисов.**

Не так давно геологическая служба нашей страны отметила свое столетие. В 1882 г. в составе Горного департамента Министерства торговли и промышленности был создан Геологический комитет — первое общегосударственное геологическое учреждение в России. Основная его деятельность заключалась в составлении геологических карт и общем изучении недр нашей страны. В составе Геолкома и других исследовательских институтов работали широко известные геологи-угольщики — П. И. Степанов, Л. И. Лутугин, М. А. Усов, В. И. Яворский, М. М. Пригорьевский, А. А. Гапеев, Б. Ф. Мефферт, А. А. Снятков, Н. В. Шабаров, Э. Э. Анерт, П. И. Бутов, Ю. А. Жемчужников, А. К. Матвеев, В. В. Мокринский, В. С. Веселовский, много сделавшие для изучения угольных бассейнов.

Наряду с изучением известных бассейнов — Донецкого, Кузнецкого, Подмосковного, Челябинского, были практически заново открыты Печорский, Южно-Уральский, Тунгусский, Таймырский, Ленский, Зырянский, Канско-Ачинский, в которых были известны лишь отдельные выходы угля в обрывистых берегах рек.

Ускорению разведки угольных месторождений способствовало масштабное освоение отечественных и зарубежных буровых станков. Скорость бурения возросла во много раз (с 50–100 м до 500–1000 м на станок в месяц) за счет освоения новых видов бурения, например алмазного.

Все это позволило создать надежную сырьевую базу для ускоренного развития угольной промышленности во многих странах мира. К 2007 г. добыча угля достигла 56,4 млрд т, в том числе в России 330 млн т.

В 2000 г. в мировом топливно-энергетическом балансе доля угля составила (%) 28, нефти — 39, газа — 22, атомной энергии — 7, гидроэнергии — 3, возобновляемых источников — 1.

В 2020 г. эти цифры ожидаются соответственно 30, 34, 24, 7, 3, и 2.

Как и где образовался уголь

Органическое происхождение угля подтверждается нахождением в пластах угля и горных пород обугленных листьев, веток, коры и даже стволов деревьев. Правда, существовало малоубедительное мнение, что угольное вещество, так же как и нефть, имеет глубинное происхождение. Предполагалось, что угольный расплав поднимался по трещинам из земных недр, заполняя пониженные участки, и застывал, образуя пласты угля. Присутствие в угле отпечатков листьев объяснялось опаданием их с деревьев, растущих по берегам «угольных» озер.

Именно наземные растения послужили исходным материалом для образования так называемых гумусовых углей, наиболее распространенных на земном шаре. Но встречаются угли, сложенные не древесными остатками, а остатками микроорганизмов и водорослей. Это так называемые сапропелевые угли. Однако месторождения таких углей встречаются довольно редко.

Образование угля начинается с момента накопления растительных остатков. В условиях высокой влажности и застойных вод, при которых



Н. Н. Степанов



Якутия.
Эльгинское
месторождение

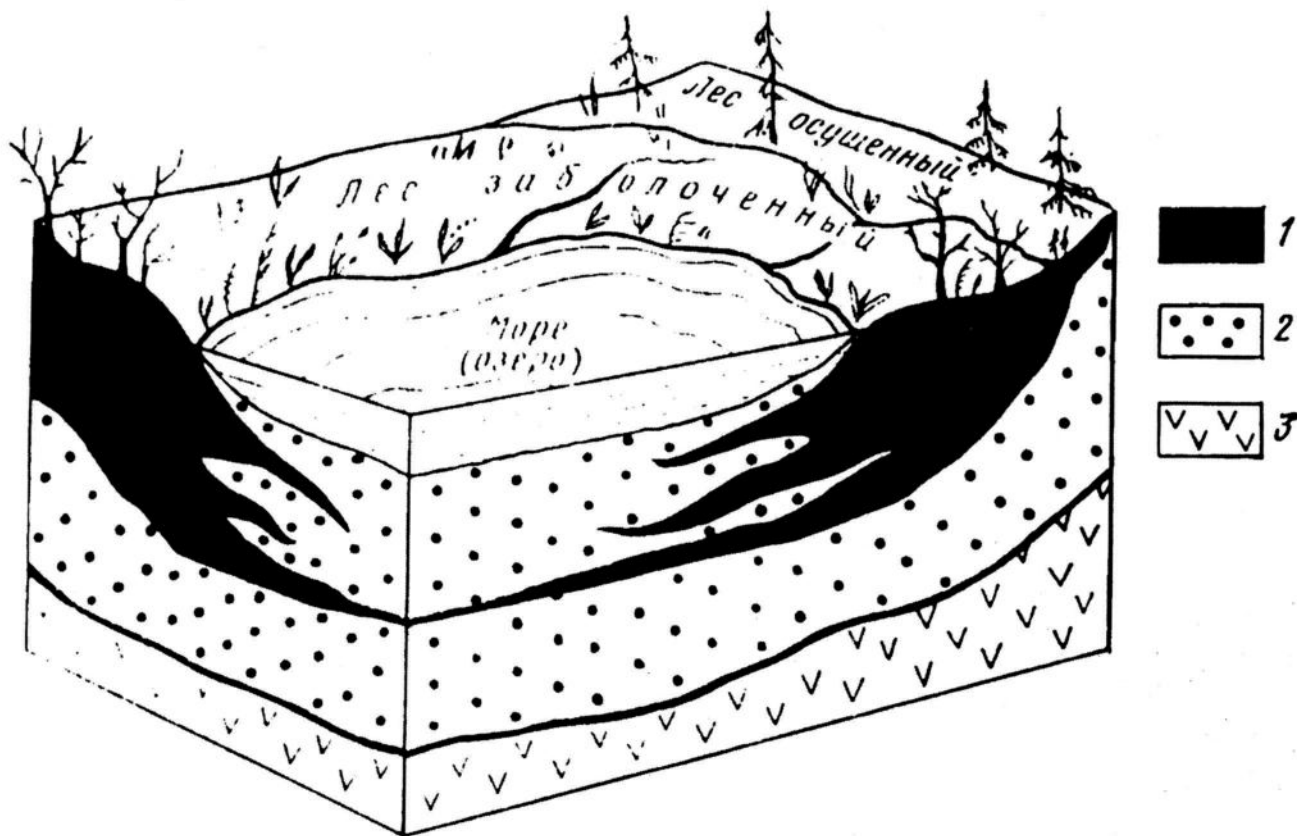


Рис 1.
Образование
мощной угольной
залежи:

1 – уголь;
2 – песчаник;
3 – породы
фундамента



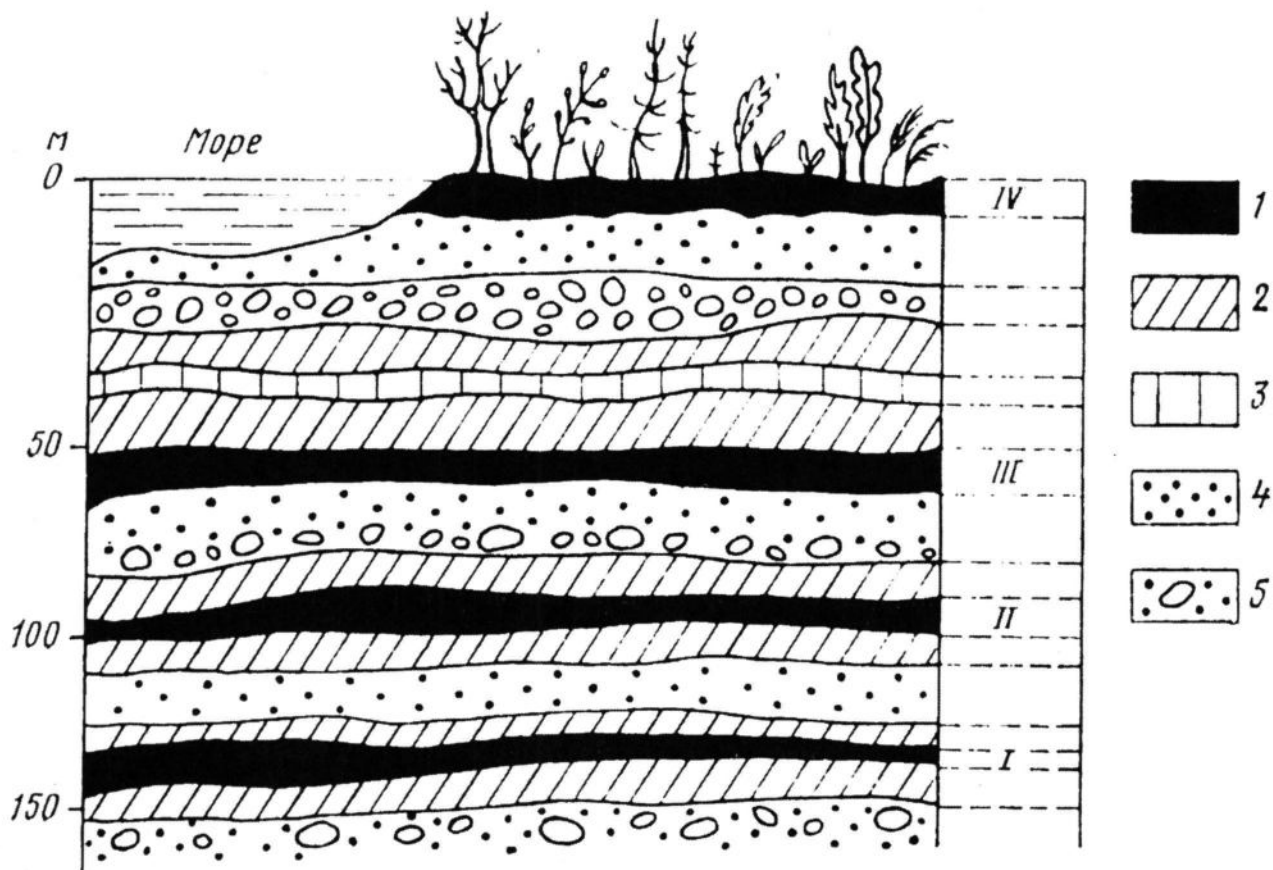
А. К. Матвеев

доступ кислорода затруднен, отмершие растения постепенно накапливаются, образуя торфяник. Большую роль при этом играют различные мхи. Они растут по берегам озер, постепенно заполняя все водное пространство, превращая озеро в моховое или торфяное болото. Здесь появляются кустарники и даже деревья, которые, отмирая, оказываются погребенными под вновь нарастающими мхами.

Торфяники образуются преимущественно в равнинных участках с замедленным стоком вод в поймах и дельтах рек, по берегам озер и морей, на плоских водоразделах (рис. 1 и 2).

Важное условие роста торфяника — теплый и влажный климат, способствующий быстрому росту растений. К примеру, лиственница в условиях умеренного климата за 10 лет вырастает на 3–4 м, а в теплом климате тропические деревья за этот же период достигают 30 м и более. Но для образования и сохранения торфяной залежи недостаточно влажного климата и пышной растительности.

Важную роль играют геологические факторы. Как известно, земная кора находится в непрерывном, хотя и медленном движении. Примеры колебательных движений земной коры известны во многих районах. Во времена Римской империи по берегу Неаполитанского залива был построен



храм Сераписа. В средние века он стоял погруженным в море, а ныне его развалины снова на суше, и можно наблюдать колонны, источенные морскими животными. На Новой Земле на высоте 300 м были обнаружены выброшенные морем деревья. Со скоростью 1 см в год поднимается территория Скандинавии, до 10 см в год — горные цепи Тянь-Шаня, где на высоту 4–5 км подняты угольные месторождения. В постоянном колебании находится и ложе торфяников, причем опускание его способствует накоплению растительного материала, а поднятие — его разрушению. В идеальном случае, когда скорость роста торфяника равна скорости его погружения, идет непрерывный рост торфяной залежи. Когда же ложе торфяника погружается быстрее, торфяное болото затапливается водами наступающего моря, озера или реки и заносится илом или песком. Наоборот, при интенсивном поднятии территории торфяная залежь может быть размыта. При неоднократном повторении колебательных движений на фоне общего погружения формируются «многоэтажные» торфяные залежи — будущие пласты угля, число которых может исчисляться десятками и сотнями. Так, в Донецком бассейне количество пластов превышает 200, а в Верхнесилезском бассейне в Польши 450. Общая мощность осадочных толщ с углями может достигать 10 км и более (в Донецком

Рис. 2.
Образование
серии угольных
пластов:
1 — уголь;
2 — аргиллит;
3 — известняк;
4 — песчаник;
5 — конгломерат



В. В. Мокринский



А. А. Гапеев



В. С. Веселовский



В. И. Яворский

бассейне — 12–15 км). В наиболее благоприятных условиях образуются мощные залежи угля, достигающие десятков и сотен метров (450 м — на месторождении Хат-Крик в Канаде, 330 м — на месторождении Латроб-Вэлли в Австралии, 200 м — в Экибастузе). В одном из районов США в разрезе естественного обнажения были обнаружены остатки пятнадцати лесов, росших здесь в разное время, причем возраст самого нижнего леса оказался равным 20 млн лет. Накопление растительного материала и формирование угольных пластов могло происходить как в прибрежно-морской обстановке с частой сменой морских и континентальных условий (паралическое углеобразование), так и в континентальных условиях в долинах и дельтах рек и в озерах (лимническое углеобразование).

Большую помощь в раскрытии тайн образования древних торфяных залежей оказывает изучение современных торфяников. Какие же типы торфа известны в России? Их три — низинный, переходный и верховой. Они соответствуют положению их в рельефе. Низинный торф образован за счет остатков березы, ольхи, ели, ивы, хвоща, папоротника, тростника и осоки, а также мхов, в основном гипновых и в меньшем количестве сфагновых. В сложении верхового торфа участвуют сосна, лиственница, вереск, пушица, различные виды мха-сфагнума. В составе торфа переходного типа мы находим березу, сосну, вереск, осоку, пушицу, сфагнум.

По характеру торфообразователей выделяются подтипы торфа — лесной, лесотопяной и топяной, а по составу растений — сфагновый, осоковый, сосновый, березовый и т. д. В тропиках состав торфов, естественно, иной. К примеру, на Суматре известны мангровые болота, которые на 700 км протягиваются вдоль западного побережья острова.

Может возникнуть вопрос: какова скорость торфонакопления? Как быстро растет торфяная залежь? Давайте подсчитаем. Известно, что возраст многочисленных торфяных залежей в европейской части России и в Западной Сибири исчисляется в 10–12 тыс. лет. Зная мощность торфяного пласта (до 10 м и более), получим примерную скорость накопления торфа в 1 мм в год. Вроде бы и не много. Но когда мы обратимся к геологической истории, в отдельные отрезки которой торфонакопление длилось в течение сотен тысяч и миллионов лет, то воочию ощутим грандиозность процесса, приведшего к образованию мощных и сверхмощных залежей угля.

И еще вопрос. Сколько нужно растительной массы для образования пласта угля? Ученые считают, что при переходе отмерших растений в каменный уголь их объем уменьшается примерно в 10–20 раз. Поэтому для образования, например, экибастузского пласта мощностью 200 м потребовалась двух-четырекилометровая толща растительного материала!

А когда на Земле образовались первые торфяники? Более трехсот миллионов лет назад (табл. 1).

Таблица 1

Периоды углеобразования

Эра, период	Длительность периода, млн лет	Время от начала периода, млн лет	Бассейн, месторождение
Кайнозойская			
Четвертичный	1	1	Торфяники
Неогеновый	25	25	Южно-Уральский, Раздольненский
Палеогеновый	45	70	Амуро-Зейский, Сахалинский
Мезозойская			
Меловой	40	110	Ленский, Зырянский
Юрский	40	150	Канско-Ачинский, Южно-Якутский
Триасовый	35	185	Челябинский
Палеозойская			
Пермский	40	225	Кузнецкий, Печорский
Каменноугольный	50	275	Донецкий, Подмосковный
Девонский	35	310	Барзасское (Кузнецкий)

Достоверно известные самые древние угли образовались в девонском периоде, когда появились первые наземные растения — псилофиты. Однако масштабы процессов торфонакопления были весьма ограничены, и поэтому месторождения девонских углей невелики по размерам и обычно не имеют практического значения. В России наиболее известно Барзасское месторождение на восточной окраине Кузнецкого бассейна.

Любопытно отметить, что в последние годы российский ученый И. Б. Волкова, изучив углеподобные образования (шунгиты) из докембрийских отложений Кольского полуострова, пришла к выводу об их растительной природе. Образовались шунгиты более 550 млн лет назад! Кстати, не так давно появились сведения о наличии в Китае углей кембрийского возраста.

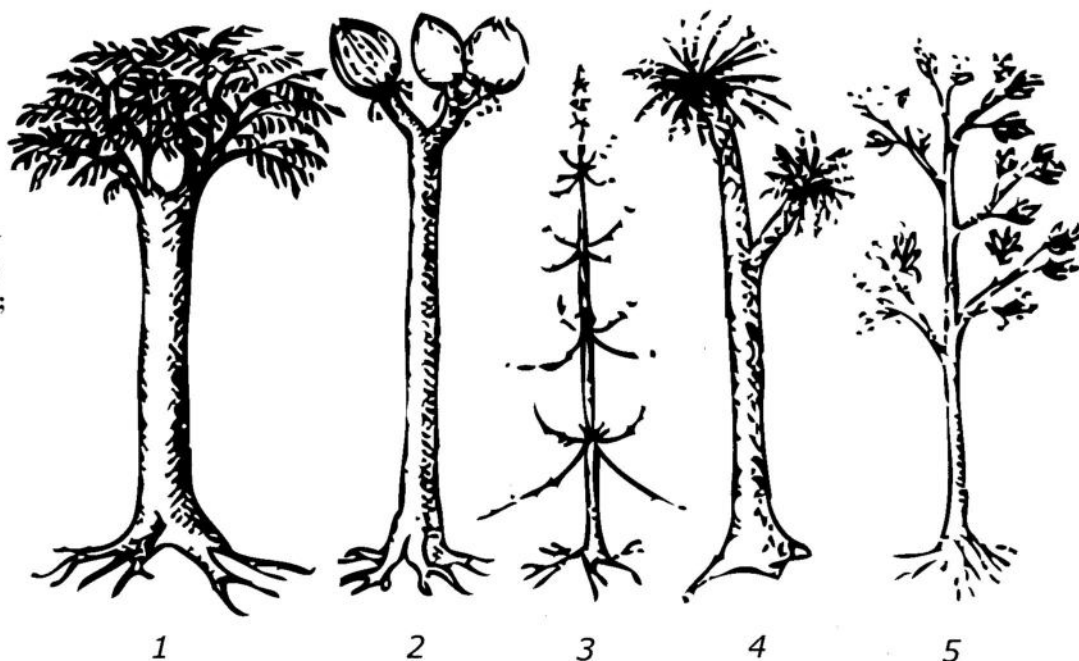
В каменноугольное время в условиях теплого и влажного климата начался расцвет споровых растений — лепидодендронов (плаунов) с чешуйчатой корой, папоротников и каламитов (хвощей). Это были огромные деревья, которые выглядели бы великанами по сравнению со своими современными потомками (рис. 3, 4).

Они дали начало образованию углей в многочисленных бассейнах Европы, Азии и Северной Америки (Донецкий, Карагандинский, Рурский, Аппалачский). В конце каменноугольного периода, когда климат стал более сухим, на смену споровым растениям пришли голосеменные — кордаиты, близкие к современным хвойным. Эти стройные высокие деревья с ланцетовидными листьями достигли расцвета в следующем, пермском, периоде, особенно на территории Азии, Северной Америки и востоке



Геолог изучает угольный керн. Фото В. И. Максименко

Рис. 3. Растения—
углеобразователи:
1 — лепидодендрон;
2 — сигиллярия;
3 — каламит;
4 — саговая
пальма;
5 — кордаит



Австралии. В Советском Союзе в это время образовались угли Кузнецкого, Печорского, Тунгусского, Таймырского и Минусинского бассейнов. После некоторого затухания в триасовом периоде, отличавшемся засушливым климатом, процессы углеобразования вновь усилились в юрском периоде. Начался расцвет голосемянных растений — гинговых и саговых пальм, из хвойных появились араукарии и секвойи, сохранившиеся до наших дней в ряде районов земного шара. В России в этот период образовались угольные месторождения Урала и Сибири (Канско-Ачинский, Улугхемский, Иркутский, Южно-Якутский, Ленский и Буреинский бассейны). В меловом периоде углеобразователями явились покрытосемянные растения, которые привели к образованию многих угольных месторождений Европы, Азии и Северной Америки. В России в этот период сформировался верхний этаж Ленского бассейна-гиганта.

В кайнозойскую эру (палеогеновый и неогеновый периоды) появились деревья с опадающей листвой — прародители современных берез, осин, кленов, яблонь. Угли этого возраста занимают большие площади в Евразии и Северной Америке. В России этот возраст имеют угли Южно-Уральского бассейна, многих месторождений Дальнего Востока.

Немаловажную роль играют тектонические условия, в которых происходит осадко- и углеобразование. В платформенных условиях накапливаются осадки обычно небольшой мощности, но мощность бурогоугольных пластов может достигать десятков и даже сотен метров (Канско-Ачинский бассейн). Наибольшее значение имеют бассейны, сформировавшиеся в орогенных условиях в различного рода прогибах, в которых накапливались осадки мощностью в несколько километров с десятками и сотнями

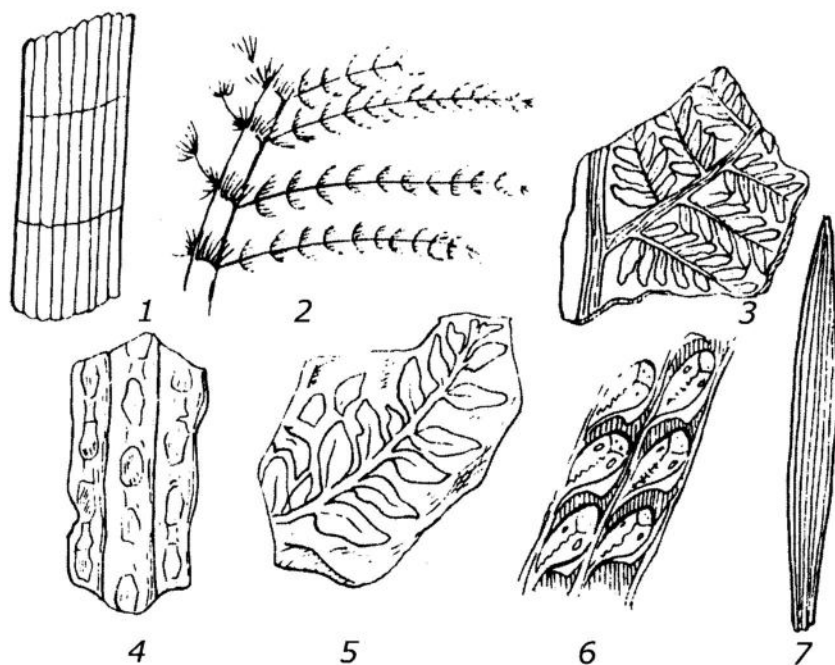


Рис. 4. Отпечатки растений из угленосных осадков:
1, 2 — хвощевые;
3, 5 — папоротники;
4, 6 — плауновые (кора);
7 — кордаит

пластов каменных углей. Геосинклинальные условия обычно неблагоприятны для углеобразования и месторождения этого типа не имеют большого значения.

Что же происходит в торфяном болоте с отмершими растениями? Они подвергаются воздействию многочисленных микроорганизмов, которые вызывают различные биохимические изменения растительных тканей. В анаэробных условиях из лигнино-целлюлозных тканей сначала образуются гуминовые кислоты (процесс гумификации), которые затем переходят в коллоидные растворы — гели (гелификации) с последующим их затвердеванием, в частично аэробных условиях идет процесс фюзенизации — окисления и обугливания растительного материала. При этом выделяются вода и газообразные продукты, главным образом углекислый и углеводородный газ метан (CH_4), а растительные остатки постепенно обогащаются углеродом — основным элементом углей. Торф уплотняется за счет обезвоживания и переходит в бурый уголь. На этом заканчивается первая стадия образования — диагенез.

Теперь давайте проследим ход дальнейших преобразований бурого угля по мере его погружения в глубь земных недр. На смену биохимическим процессам приходят процессы геохимические, при которых главными факторами воздействия на уголь становятся температура и давление. Происходят глубокие структурно-молекулярные изменения вещества угля. Этот процесс, длящийся многие миллионы лет, носит название метаморфизма (углефикации). Выделяют несколько видов метаморфизма угля.

Основное значение имеет региональный (геотермический) метаморфизм, обусловленный внутренним теплом Земли и давлением вышележа-

щих толщ пород. Важную роль в некоторых бассейнах играет термальный (магматермический) метаморфизм, происходящий благодаря тепловому воздействию на уголь изверженных пород, внедрившихся в угленосную толщу. На контакте угля и магмы проявляется контактовый метаморфизм, при котором угли нередко превращены в кокс или графит. Иногда выделяют еще и динамометаморфизм, особенно в областях проявления интенсивных горообразовательных процессов, сейсмометаморфизм, радиоактивный метаморфизм и др.

А как меняется элементный состав органического вещества в процессе диагенеза и метаморфизма? Это хорошо видно из материалов табл. 2.

Таблица 2

Стадии преобразования органического вещества

Органическое вещество	Углерод, %	Водород, %	Кислород, %	Теплота сгорания, МДж/кг
Древесина	50	6	44	19
Торф	60	6	34	23
Бурый уголь	70	5,5	25	30
Каменный уголь:				
Длиннопламенный	81	5	14	32
Газовый	84	5	11	34
Жирный	87	5	8	35
Коксовый	89	5	6	35
Отощенный спекающийся	92	4	4	36
Тощий	95	3	2	36
Антрацит	97	2	1	35

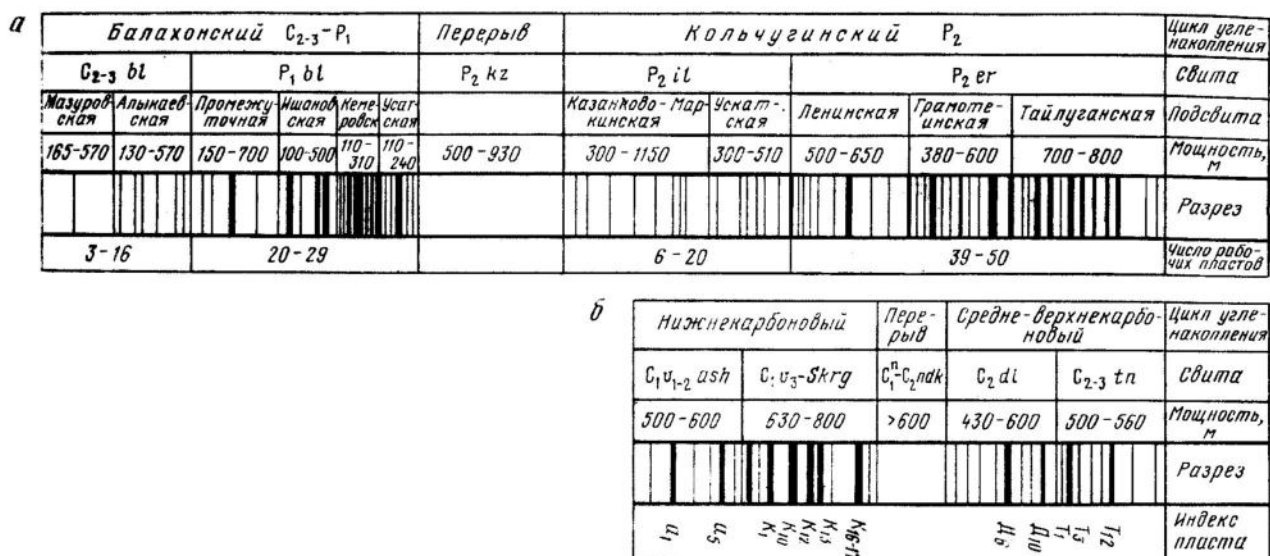
По мере перехода растительного материала в торф, а затем в уголь содержание углерода возрастает от 50 до 70–90% в бурых и каменных углях, достигая 98% в антрацитах. Соответственно, снижается содержание водорода с 6 до 2% и кислорода с 45 до 2%. При этом почти в два раза увеличивается теплота сгорания угля.



Состав и строение угленосных толщ



Как мы уже знаем, длительность образования угленосных толщ исчисляется сотнями тысяч и миллионами лет. Многократно сменяющиеся обстановки осадко- и угленакопления обусловили изменчивость строения



угленосных толщ, состава горных пород, количества, мощности и строения угольных пластов. Отложения, среди которых залегают угольные пласты, обычно представлены песчаными, песчано-глинистыми и глинистыми породами (аргиллит, алевролит, песчаник). Реже встречаются известняки, мергели, конгломераты и вулканогенные породы. Для угленосных толщ характерна цикличность осадков. Угольный пласт сменяется глинистой породой, затем песчано-глинистой и песчаной, потом следуют те же породы, но в обратном порядке, и снова формируется угольный пласт уже следующего цикла. Таких циклов могут образоваться сотни (рис. 5).

Из цикла по тем или иным причинам могут выпадать отдельные части, в том числе и пласты угля. Это — безугольные циклы. Цвет пород угленосной толщи — серый всех оттенков, реже бежевый. Появление в разрезе пестроцветных пород (образующихся в аридном — пустынном — климате) обычно сопровождается резким снижением угленасыщенности толщи. В разрезе мощных угленосных толщ мелкие циклы, отвечающие одному угольному пласту, обычно объединяются в более крупные циклы, отражающие увеличение или снижение угленасыщенности крупных частей разреза, мощность которых измеряется сотнями метров. Такие циклы обычно выделяются в самостоятельные свиты или горизонты. Периоды углеобразования могли сменяться неблагоприятными для торфонакопления условиями и после длительного перерыва возобновляться вновь. Так рождались «двух-» и «трехэтажные» бассейны. Например, в Карагандинском и Кузнецком бассейнах угленосны осадки карбона, перми и мезозоя, а иногда и кайнозоя.

Образовавшаяся угольная залежь может иметь самые различные форму и размеры. Наиболее распространенная форма — угольный пласт,

Рис. 5.
Угленосность
бассейнов:
а — Кузнецкого;
б — Карагандинского

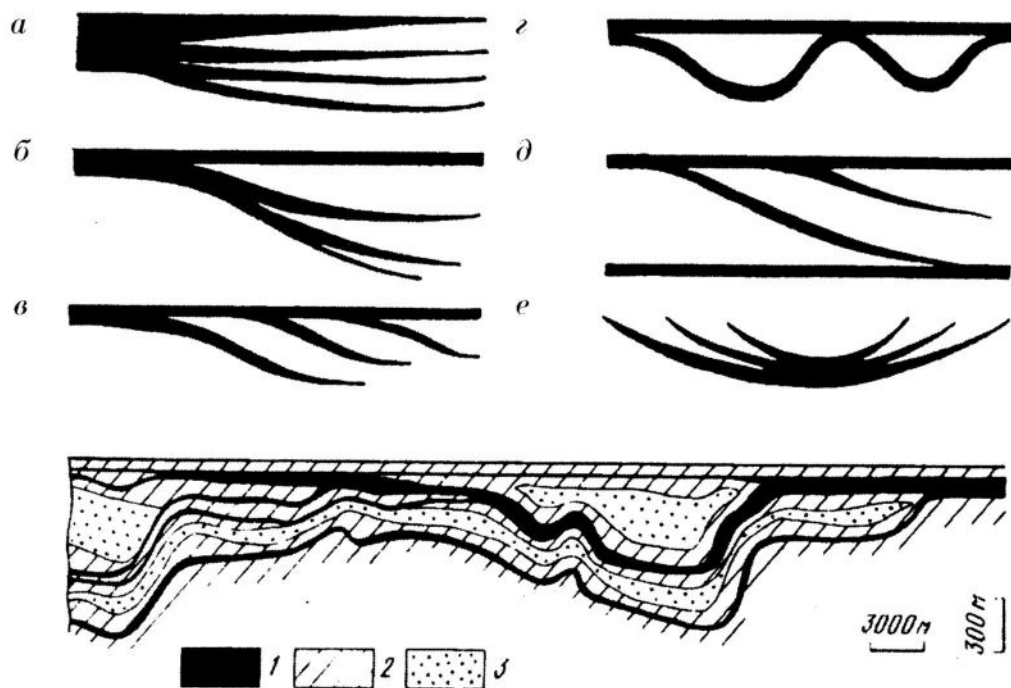


Рис. 6. Типы расщепления угольных пластов:

1 — уголь;
2 — аргиллит;
3 — песчаник.

а) — конский хвост;
б) — трансгрессивное;
в) — регрессивное;
г) — бифуркация;
д) — Z-образное;
е) — двойной «конский хвост»

часто также встречаются линзы угля, реже — мощные (сотни метров) сложнопостроенные угольные горизонты. По мощности угольные пласты разделяются на весьма тонкие (до 0,5 м), тонкие (0,5–1,3 м), средней мощности (1,3–3,5 м), мощные (3,5–15 м) и весьма мощные (более 15 м). Площадь развития угольных пластов измеряется от одного до нескольких сотен и даже тысяч квадратных километров. Строение угольных пластов меняется от простого (без прослоев породы), умеренно сложного (с одним или несколькими породными прослоями) до очень сложного (переслаивание многочисленных угольных и породных слоев). В тех случаях, когда мощность и строение пласта не меняются или почти не меняются ($\pm 25\%$), на больших площадях, он относится к числу выдержанных. Если мощность пласта подвержена определенным изменениям (более 25%), пласт считается относительно выдержанным и более 50% — невыдержанным. Одной из характерных форм угольной залежи являются мощные угольные пласты, расщепляющиеся в определенном направлении на серию относительно тонких пластов до полного их исчезновения — выклинивания.

Как в процессе своего формирования, так и после его завершения угленосная толща претерпевает различные по глубине и масштабам изменения. На платформах такие изменения невелики и угольные пласты характеризуются горизонтальным или пологоволнистым залеганием.

В краевых прогибах, особенно примыкающих к складчатым областям, залегание пород и углей осложнено различного рода складками (синклинали, мулды, антиклинали, купола) и разрывами. Складки могут быть

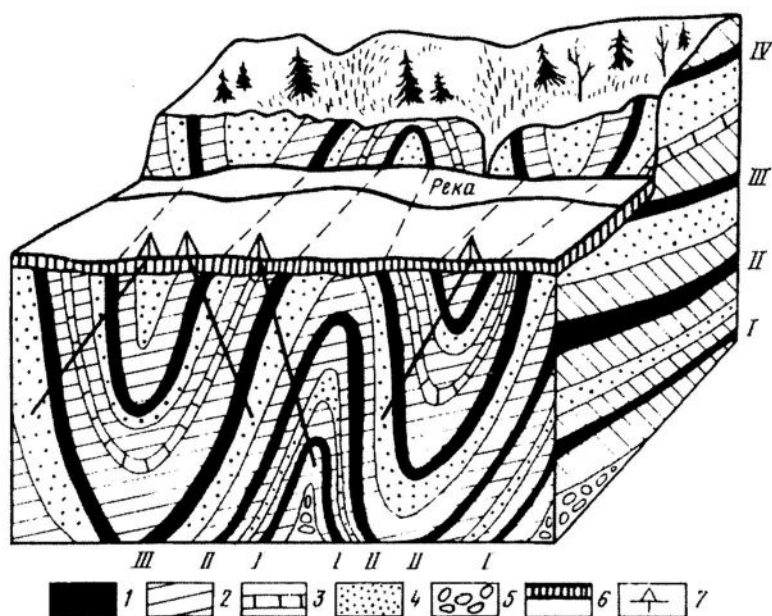


Рис. 7. Характер залегания угольных пластов:
1 — уголь;
2 — аргиллит;
3 — известняк;
4 — песчаник;
5 — конгломерат;
6 — покровные отложения;
7 — буровая скважина

пологими и крутыми, вытянутыми и округлыми, крупными и мелкими (рис. 6, 7). Также самых различных форм и размеров могут быть и разрывные нарушения — сбросы, взбросы, надвиги, сдвиги, размер (амплитуда) которых меняется от сантиметров до сотен метров и километров.

По степени сложности тектонического строения выделяются четыре группы месторождений: простые — с горизонтальным залеганием пород и редкими разрывами; относительно сложные — с наклонным залеганием пород и разрывными нарушениями; сложные — со складчатым залеганием пород и многочисленными разрывами; очень сложные — со сложно-складчатым залеганием пород и интенсивным проявлением разрывов (рис. 8).

Следует подчеркнуть, что ведение горных работ на месторождении осложняют не только, а может быть, и не столько крупные, сколько мелкие складки и разрывы (рис. 9).

Эти нарушения встречаются нередко в большом количестве, но их очень трудно обнаружить при разведке месторождения. Не так уж редки случаи, когда в угленосную толщу и в сами угольные пласты «врываються» изверженные породы, образуя пластовые (силлы) и секущие (дайки) интрузии (рис. 10).

Еще одна форма нарушений — размывы угольных пластов (рис. 11).

Размывы бывают разными и по происхождению и по форме. Одни обязаны своим происхождением рекам и ручьям, блуждающим по торфяному болоту, другие являются результатом деятельности рек, врезающих свои долины в уже сформировавшиеся угленосные толщи, третьи связаны с наступлением (трансгрессией) моря, уничтожавшим угольные пласты на больших площадях.

Рис. 8.
Месторождения
различной
тектонической
сложности.
Бассейны:
а — Канско-
Ачинский;
б — Карагандинский;
в — Донецкий;
г — Кузнецкий;
1 — угольный пласт;
2 — «горельник»;
3 — разрывное
нарушение;
4 — скважина;
5 — покровные
отложения

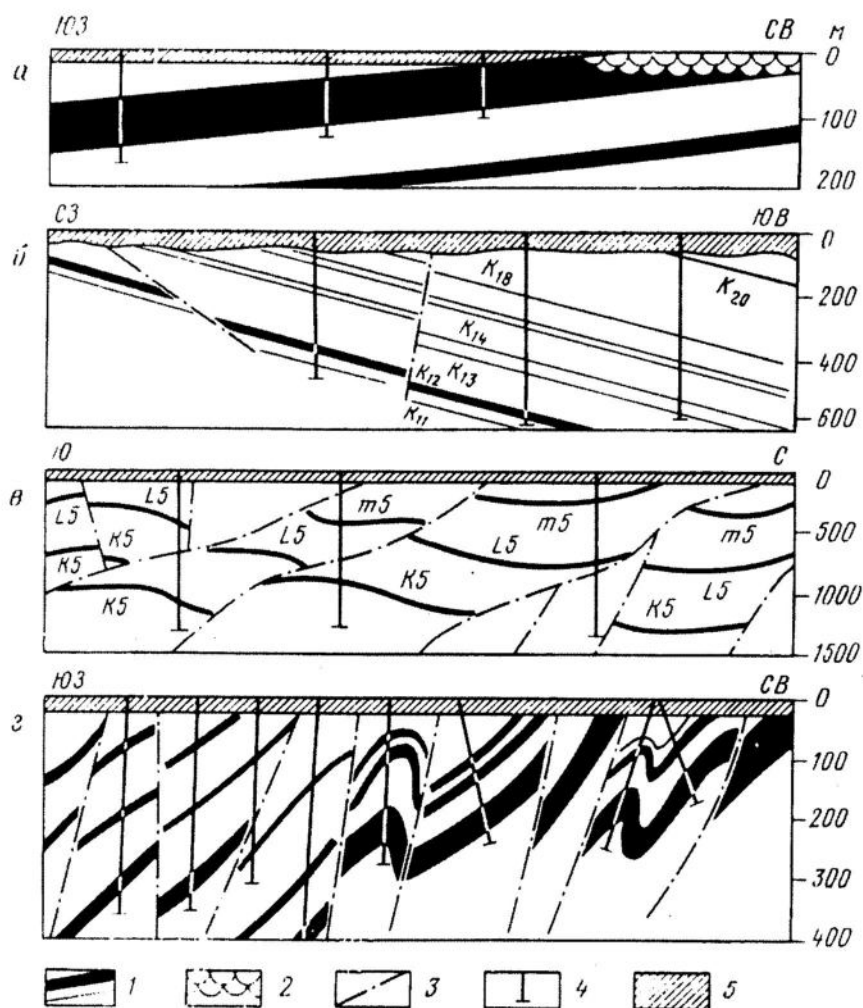
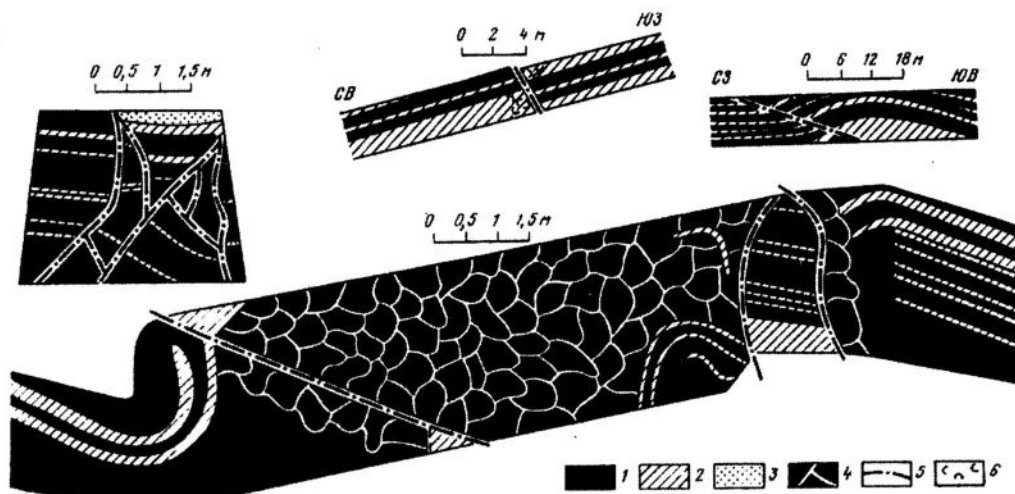


Рис. 9.
Малоамплитудные
разрывные
нарушения в
Карагандинском
бассейне:
1 — уголь;
2 — аргиллит;
3 — песчаник;
4 — нарушенный
уголь;
5 — разрывные
нарушения;
6 — зона
дробления



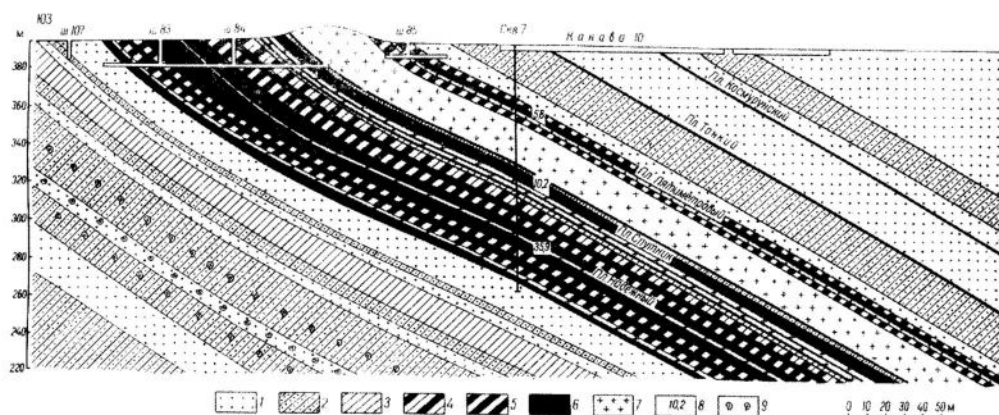


Рис. 10.
Внедрение
интрузии гранитов
в угольный пласт:
1 – песчаник;
2 – алевролит;
3 – аргиллит;
4 – слабоуглистый
аргиллит;
5 – углистый
аргиллит;
6 – уголь;
7 – гранит;
8 – толщина
пласта, м;
9 – горизонты
фауны

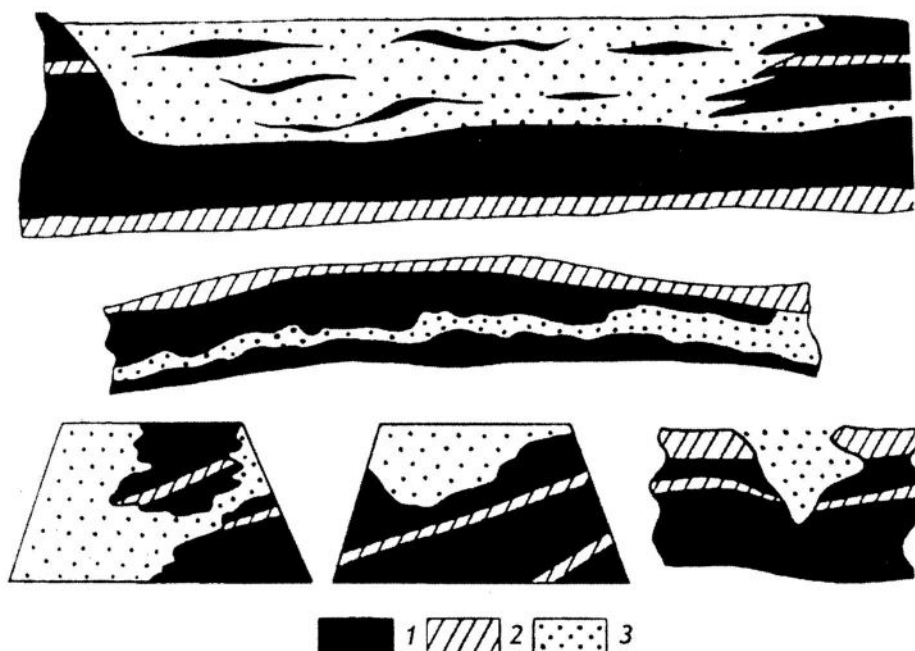


Рис. 11. Размыты
угольных пластов:
1 – уголь;
2 – аргиллит;
3 – песчаник

Типы угольных бассейнов

Существует несколько классификаций угольных бассейнов, в основе которых лежат различные признаки — условия углеобразования, характер тектонического развития, их промышленное значение и т. д. Из генетических классификаций коксующихся углей наиболее известна классификация Г. А. Иванова. Упрощенный и несколько дополненный ее вариант приведен в табл. 3.

Классификация угольных бассейнов

Тип бассейна	Характеристика	Примеры
Геосинклинальный	Весьма сложное строение, узкие складки, осложненные разрывами, невыдержанные угольные пласты, интенсивный метаморфизм углей, много антрацитов	Горловский, Восточно-Уральский
Орогенный (переходный, промежуточный)	Крупные прогибы от простого до сложного строения, большое количество угольных пластов от тонких до мощных, разная степень метаморфизма углей обычно хорошего качества	Донецкий, Кузнецкий, Печорский, Карагандинский
Платформенный	Крупные пологие структуры простого строения, с небольшим количеством угольных пластов, нередко большой мощности, обычно хорошего качества. Угли бурые, реже — каменные	Канско-Ачинский, Иркутский, Подмосковский, Южно-Якутский, Тунгусский

Наибольшее значение имеют бассейны второй и третьей групп, причем бассейны орогенного типа характеризуются наличием крупных запасов дефицитных коксующихся углей, а платформенные бассейны нередко заключают мощные пласты бурых углей, пригодных для открытой разработки.

Известны несколько попыток создания промышленной классификации угольных бассейнов, например классификация П. В. Васильева, выделившего пять типов бассейнов: Подмосковский, Донецкий, Кузнецкий, Челябинский, Партизанский.

В табл. 4 приведена типизация угольных бассейнов, в основу которой положены: тип угля (каменный, бурый), количество пластов (мало, много), мощность пластов и способ отработки (пласты тонкие и средней мощности — подземный способ, пласты мощные — открытый способ).

Таблица 4

Промышленная типизация угольных бассейнов (упрощенный вариант)

Каменноугольные бассейны			Буроугольные бассейны	
Многопластовые		Малопластовые с мощными пластами для открытой разработки	С пластами малой и средней мощности для подземной разработки	С мощными пластами для открытой разработки
С пластами малой и средней мощности для подземной разработки	С пластами разной мощности для подземной и открытой разработки			

Донецкий тип Примеры: Донецкий, Кизеловский,	Кузнецкий тип Примеры: Кузнецкий, Печорский,	Экибастузский тип Примеры: Экибастузский,	Подмосковный тип Примеры: Подмосковный,	Канско-Ачинский тип Примеры: Канско-Ачинский,
Нижнерейнский (ФРГ), Нортумберленд (Великобритания), Шаньси (Китай), Аппалачский (США)	Карагандинский (Казахстан), Верхнесилезский (Польша), Пенсильванский (США), Альберта (Канада) Боуэн (Австралия), Витбанк (ЮАР)	Шубарколь (Казахстан), Фусинь, Фушунь (Китай)	Марицкий, Северо-Восточный	Иркутский, Челябинский, Тургайский (Казахстан), Нижнерейнский (ФРГ), Белхатув (Польша), Латроб-Велли (Австралия)

Сложность геологического строения и выдержанность угольных пластов в название типа не вопли, так как каменноугольные бассейны обычно характеризуются весьма разнообразным строением от простого до самого сложного, а бурогольные бассейны обычно тектонически просты. Кроме того, в большинстве бассейнов встречаются пласты самой различной степени выдержанности.

В группе каменноугольных бассейнов выделены три типа: Донецкий, Кузнецкий и Экибастузский. Бассейны первых двух типов заключают крупные запасы высококачественных коксующихся и энергетических углей, в основном пригодных для подземной разработки. В бассейнах кузнецкого типа, на долю которых приходится основная часть угольных ресурсов мира, мощные пласты пригодны также и для открытой разработки. В самостоятельный тип выделены бассейны, подобные Экибастузскому, с мощными пластами для разработки разрезами. В группе бурогольных основное значение имеют бассейны с мощными и сверхмощными залежами угля. Эту группу, наряду с «флагоманом» — Канско-Ачинским бассейном, представляют многие юрские бассейны России и зарубежных стран.

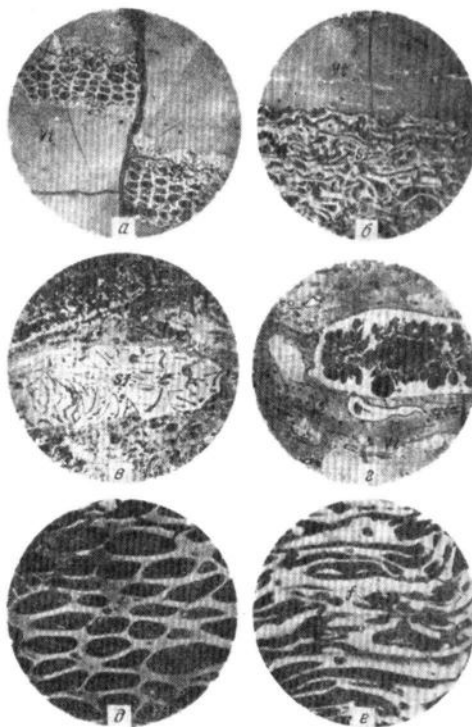


Из чего состоит уголь, его свойства



Для того чтобы правильно оценить свойства угля и определить наиболее рациональные области его использования, нужно в первую очередь изучить его вещественный состав. Предварительно состав угля определяют

Рис. 12.
Микрофотографии
углей:
а, б — витринит
и semifюзинит;
в, г — включения
semifюзинита
в угле
(склеротинит);
д, е — фюзинит.
(Увеличено в
160 раз. Отра-
женный свет)



макроскопически, а потом уже более детально — под микроскопом. Для этого из угля готовят тонкие срезы (шлифы), отполировывают его кусочки (аншлифы) или цементированный угольный порошок (брикет).

В зависимости от исходного растительного материала, условий его захоронения и дальнейшего преобразования обычно выделяют пять типов угля, различимых невооруженным глазом: два простых — витрен и фюзен, образованные из однородного растительного обрывка, и четыре сложных — кларен (блестящий), дюрено-кларен (полублестящий), кларено-дюрен (полуматовый) и дюрен (матовый), которые состоят из нескольких разных компонентов.

Витрен (vitrain — стеклянный) — это блестящий уголь, плотный, крупный, имеет раковистый излом. Различают однородный витрен (коллинит) и витрен, сохранивший структуру растительных тканей (телинит).

Кларен (clarain — ясный) — полублестящий, обычно полосчатый уголь. Витрен и кларен представляют собой основу углей, пригодных для коксования и производства синтетического жидкого топлива.

Фюзен (fusain — сажистый) — уголь темно-серого цвета, мягкий, легко растирается в порошок, напоминает древесный уголь.

Дюрен (durain — твердый) — матовый, плотный и вязкий уголь черного цвета, излом зернистый.

Витрен и кларен образуются в сильно обводненных застойных болотах. Этот процесс носит название гелификации, при которой происходит

набухание и остуднение растительных тканей. Фюзен образовался в менее обводненных условиях, когда растительный материал подвергался частичному окислению. Этот процесс называется фюзенизацией.

А какие составные части угля мы увидим в микроскоп? Это неразличимые простым глазом компоненты угля (**рис. 12**).

Они так и называются: микрокомпоненты. К ним относятся витринит (гелифицированные остатки древесины, однородные или с клеточной структурой), липтинит (споры, пыльца, кутикула, смоляные тельца), семивитринит (вещество, переходное от витринита к фюзиниту), фюзинит (фюзенизированные остатки древесины с хорошо выраженной клеточной структурой), альгинит (остатки водорослей), микстинит (тонкая смесь витринита с минеральными примесями).

Не так давно геологи Л. Я. Кизилыштейн и А. Л. Шпицглюз с помощью ионного травления — бомбардировки в вакууме ионами инертного газа полированной поверхности угля — смогли впервые увидеть в антрацитах строение растений — углеобразователей (**рис. 13**).

Из-за полной непрозрачности изучение антрацитов обычными оптическими способами не давало положительных результатов.

Очень редко встречается уголь, происхождение которого вызывает споры. Это так называемый «гидротермальный» уголь, образующий жилы и прожилки в породе (**рис. 14, 15**).

Под микроскопом производится подсчет микрокомпонентов, составляющих угольный пласт, и делаются выводы о составе угля.

Приведем некоторые данные о составе углей основных бассейнов России (табл. 5).

Таблица 5

Состав ископаемых углей, %

Бассейн	Возраст углей	Витринит	Семивитринит	Фюзинит	Липтинит
Донецкий	Нижний карбон	55	3	22	20
	Средний карбон	80	2	8	10
Кузнецкий	Нижняя пермь	55	5	39	1
	Верхняя пермь	82	2	4	4
Печорский	Нижняя пермь	75	8	12	0
Канско-Ачинский	Юра	84	4	10	2
Южно-Якутский	Юра	85	3	12	0

Рис. 13. Строение тканей растений-углеобразователей (продольные и поперечные срезы древесины)

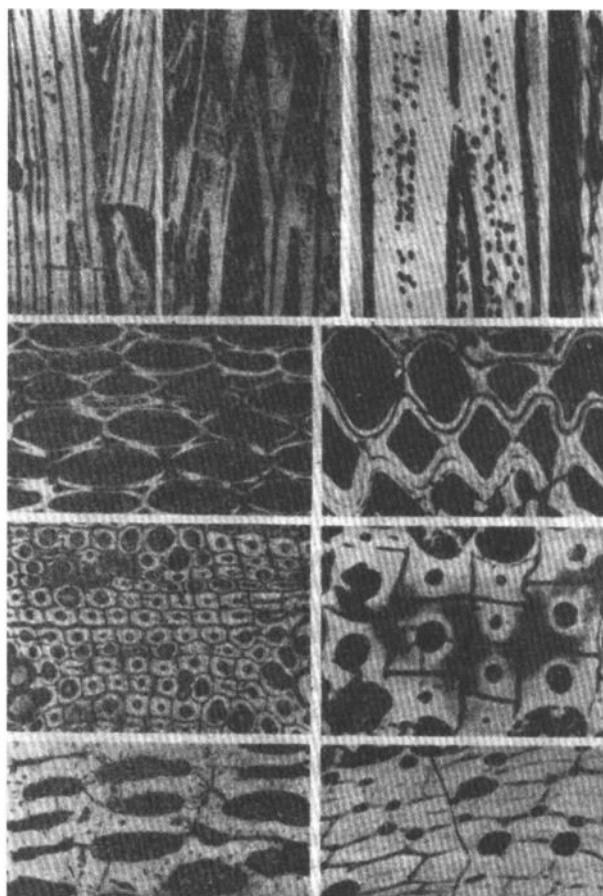
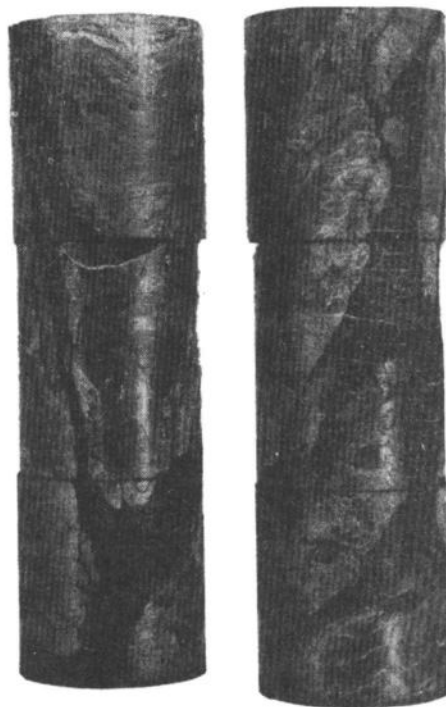


Рис. 14.
«Гидротермальный»
уголь в кернах



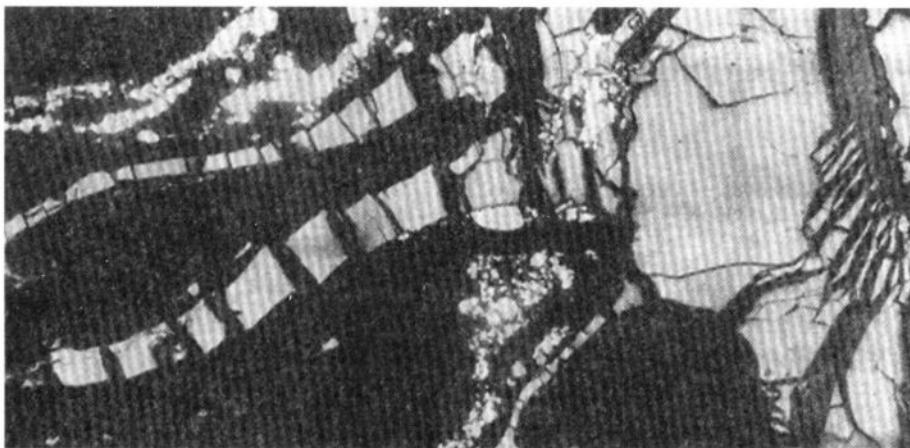


Рис. 15.
«Гидротермальный»
уголь. Фрагмент.
(Увеличено
в 70 раз)

Кроме органических в угле всегда присутствуют и неорганические компоненты, которые могут накапливаться еще в торфянике или проникать с минеральными растворами по трещинам в уже образовавшийся угольный пласт. Наиболее часто в угле встречаются минералы кварц, кальцит, каолинит, пирит.

Количество минеральных примесей, их состав, степень срастания с угольным веществом определяет многие важные свойства угля.

Мы познакомились с составом угля. Теперь рассмотрим его свойства. Наиболее важные **физические свойства угля** — цвет, блеск, отражательная способность, плотность, твердость, хрупкость.

Цвет углей меняется от бурого до темно-серого и черного. Бурый цвет имеют сапропелиты и бурые угли. **Цвет** каменных углей темно-серый или черный с сероватым или желтоватым (у антрацитов) оттенком. На фарфоровой пластинке бурые угли оставляют бурую черту, каменные — коричнево-черную, антрациты — черную, сапропелиты — желтую до бурой.

Блеск — важный диагностический признак угля. Смолистый блеск имеет кларен, стеклянный — витрен, шелковистый — фюзен и матовый — дюрен. Блеск угля усиливается с увеличением степени метаморфизма (углефикации) угля. У бурых углей он тусклый жирный и смоляной, у коксовых — стеклянный, у антрацитов — алмазный.

Показатель отражения витринита — один из главных параметров степени метаморфизма угольных веществ. Для бурых углей показатель отражения витринита до 0,6%, для каменных 0,4–2,4%, для антрацитов 2,4% и более.

Плотность углей возрастает от бурых к антрацитам от 1,2–1,5 до 1,4–1,8 г/см³ (при некотором снижении на стадии жирных углей). Кроме того, наиболее плотны сапропелевые угли, наименее — фюзеновые.

Относительная (кажущаяся) плотность — важный показатель для подсчета запасов углей, меняется от 0,9 до 1,3 г/см³ для бурых углей, 1,3–1,5 для каменных и 1,5–1,9 для антрацитов.

Хрупкость углей определяют по степени их сопротивления раздавливанию. Наиболее хрупкие фюзеновые, далее идут клареновые угли, наименее хрупки угли дюреновые. Хрупкость также в целом возрастает от бурых углей к антрацитам. Это важный показатель для выбора способа отработки угольных пластов.

Не менее важно знать **механические свойства** угля и в первую очередь прочность, твердость, пластичность, упругость, дробимость, истираемость. Например, матовые дюреновые угли обладают повышенной прочностью, более трудной дробимостью и истираемостью. Наоборот, угли с высоким содержанием витринита менее твердые, легко дробятся. Все эти свойства имеют первостепенное значение при выборе оптимальных режимов добычи и переработки угля.

При изучении углей на молекулярном уровне хорошие результаты дает определение их оптических свойств в инфракрасной видимой и ультрафиолетовой областях спектра. Из других свойств угля отметим тепловые (теплота сгорания, теплопроводность), электрические (удельное сопротивление, проводимость), магнитные. Сильно метаморфизированные угли (антрациты) являются полупроводниками, а остальные угли плохо проводят электричество и близки к диэлектрикам.

По своим свойствам и областям использования ископаемые угли разделяются на три большие группы — бурые, каменные и антрациты. В основу их выделения положен ряд параметров (табл. 6).

Таблица 6

Виды ископаемого угля

Вид угля	Показатель отражения витринита, %	Теплота сгорания, МДж/кг	Выход летучих веществ, %
Бурый	До 0,60	До 24	—
Каменный	0,40—2,3	24 и более	8 и более
Антрацит	2,20 и более	—	Менее 8

Теперь, когда мы уже знаем основные свойства угля, подошло время поговорить об основных показателях его качества, поскольку именно оно в конечном счете определяет ценность угля. В первую очередь важно определить **рабочую влажность угля**, которая снижает качество топлива. В бурых количество влаги составляет 15–60%, в каменных 4–15%. Бурые угли разделяются по содержанию влаги в рабочем топливе (1Б — более 40%, 2Б — 30–40%, 3Б — менее 30%).

Не менее важно знать содержание в угле минеральных примесей или его **зольность**, которая колеблется в широких пределах от первых процентов до 60%. Зольность углей Донецкого, Кузнецкого и Канско-Ачинского бассейнов равна 10–15%, Карагандинского 15–30%, Экибастузского 30–60%. Энергетикам нужно знать не только количество золы, но и ее

состав и плавкость, что имеет большое значение для выбора режима сжигания топлива. В природе иногда встречаются так называемые соленые угли с большим содержанием хлористого натрия, который при сжигании угля оседает на стенках труб, котлов, чем доставляет энергетикам много хлопот. Такие угли есть в Донецком, Тургайском и других бассейнах.

Очень вредной примесью в углях является **сера**. Сгорая, она образует сернистый газ — бич окружающей среды. Правда, в большинстве угольных бассейнов угли содержат немного серы (около 1%), но в некоторых углях ее содержание возрастает до 3–6% (Донецкий, Подмосковский, Кизеловский бассейны) и даже до 8–12% (отдельные месторождения Иркутского бассейна). Также вредной примесью в углях является фосфор, правда, это касается только коксующихся углей, идущих на изготовление специальных сортов кокса, и антрацитов — для производства карбида кальция.

Большое значение имеет знание элементного состава угля — **содержание в нем углерода, водорода, кислорода и азота**, что позволяет оценить тип угля, степень его метаморфизма и многие его свойства. По содержанию углерода можно разделить бурые угли (менее 75%) от каменных (более 75%). Одним из главных показателей качества энергетических углей является высшая удельная теплота сгорания, которая для бурых углей равна 25–30 МДж/кг, для каменных — 30–35 МДж/кг. Не менее важно знать низшую теплоту сгорания рабочего топлива (для бурых углей 6–15, для каменных 10–30 МДж/кг). Наибольшей теплотой сгорания обладают спекающиеся угли Донецкого, Кузнецкого и Южно-Якутского бассейнов.

Для определения качества углей, идущих для производства кокса, важно знать их **спекаемость и коксуюемость** — свойства угля на средних стадиях метаморфизма (Г, Ж, К, ОС) при нагревании без доступа воздуха переходить в пластическое состояние и образовывать пористый остаток — кокс. Лучшей спекаемостью и коксуюемостью обладают угли Донецкого, Кузнецкого, Карагандинского, Южно-Якутского, Улугхемского и Печорского бассейнов.

Некоторые виды бурого угля содержат большое количество **смолы**, что имеет значение для определения его пригодности для полукоксования. Важно также знать **выход гуминовых кислот** из бурых и окисленных каменных углей, которые идут для приготовления углещелочных реагентов и гуминовых удобрений. В ряде бассейнов (Подмосковский, Днепровский, Южно-Уральский) бурые угли заключают в большом количестве **битумы**, содержащие горный воск, который находит широкое применение во многих отраслях промышленности.

Все многообразие ископаемых углей ученые расклассифицировали по ряду признаков — исходному веществу, степени его изменения,

пригодности к использованию для тех или иных целей. В зависимости от назначения существует несколько **классификаций углей**. Генетическая классификация, учитывающая исходный растительный материал, предусматривает выделение гумитов (или гумусовые угли), образовавшихся из древесины, ветвей, листьев наземных растений; лигнитоболитов, состоящих из наиболее стойких к разложению частей растений — спор (тасманит), пыльцы, коры (лонинит), кутикулы, смолы (рабдониссит); сапропелитов, образовавшихся из водорослей и микроорганизмов (богхеды). Встречаются смешанные гумусово-сапропелевые угли: кеннели — с большим количеством спор и касяниты, в которых много остатков водорослей. Основное распространение имеют гумиты, среди которых выделяются бурые, каменные угли и антрациты. Довольно редко встречается гагат — черная блестящая разновидность ископаемого угля с сохранившейся древесной структурой. Легко полируется, применяется для поделок.

В 1988 г. в России под руководством профессора И. В. Еремина разработана новая классификация ископаемых углей, которая основана на наиболее объективных параметрах, таких как показатель отражения витринита, сумма фюзенизированных компонентов, выход летучих веществ, толщина пластического слоя, индекс Рога и ряд других (ГОСТ 25543–88). В упрощенном виде эта классификация представлена в табл. 7.

Таблица 7

Классификация углей по генетическим и технологическим показателям ГОСТ 25543-88 (основные показатели)

Классификационный показатель	Градация	Бурый уголь	Каменный уголь	Антрацит
Показатель отражения витринита, R_o , %	Класс	До 0,5	0,4–2,5	Более 2,5
Сумма фюзенизированных компонентов (ОК, %)	Категория	0–100	0–100	0–100
Максимальная влагоемкость, $W_{\max}^{af}$, %	Тип	0–70	—	—
Выход летучих веществ, V^{daf} , %	Тип	—	8–45	—

Объемный выход летучих веществ, V_{daf} , см ³ /г	Тип	—	—	0–200 и более
Выход смолы полукоксования, T_{sk}^{daf} , %	Подтип	5 и более	—	—
Толщина пластического слоя, Y , мм	Подтип	—	6 и более	—
Индекс Рога, RI , усл. ед.	Подтип	—	0–13 и более	—
Анизотропия отражения витринита, AR , %	Подтип	—	—	0–100

Классификация углей по генетическим и технологическим показателям ГОСТ 25543-88 (марки угля)

Марка угля	Обозначение	Группа	Подгруппа
Бурый	Б	1Б	—
		2Б	2БВ* и 2БФ*
		3Б	3БВ и 3БФ
Длиннопламенный	Д	1Д	1ДВ и 1ДФ
		2Д	2ДВ и 2ДФ
Газовый	Г	1Г	1ГВ и 1ГФ
		2Г	—
Газовый жирный отощенный	ГЖ	1ГЖО	1ГЖОВ и 1ГЖОФ
		2ГЖО	2ГЖОВ и 2ГЖОФ
Газовый жирный	ГЖ	1ГЖ и 2ГЖ	—
Жирный	Ж	1Ж	—
		2Ж	2ЖВ и 2ЖФ
Коксовый жирный	КЖ	—	—
Коксовый	К	1К	1КВ и 1КФ
Коксовый отощенный	КО	1КО	1КОВ и 1КОФ
Коксовый слабоспекающийся	КС	—	КСВ и КСФ
Отощенный спекающийся	ОС	—	ОСВ и ОСФ
Слабоспекающийся	СС	1СС и 2СС	—

* В — витринитовый, Ф — фюзинитовый.

Тощий	T	1T 2T	1ТВ и 1ТФ 2ТВ и 2ТФ
Антрацит	A	1A 2A 3A	1AB и 1AF 2AB и 2AF 3AB и 3AF

Угли определенных марок используются по-разному. Например, для коксования идут угли марок К, Ж, ГЖ, КО, КС, ГЖО, Т, ОС, для производства формованного кокса — Д, Г, ГЖО, КСН, ОС, Т, генераторного газа — Б, Д, ГЖО, КС, СС, Т, синтетического жидкого топлива — Б, Д, Г, ГЖ, Ж, для полукоксования — БД, Г, производства термоантрацита, карбида кальция, электрокорунда — Т, А, для энергетических целей используются угли всех марок.

В США угли разделяются на четыре больших класса: антрациты, битуминозные (соответствующие нашим каменным), суббитуминозные (наши длиннопламенные и плотные бурые) и лигниты (наши мягкие бурые угли). В свою очередь классы разделяются на группы. Антрациты: метаантрациты, антрациты и семиантрациты; битуминозные: с малым, средним и высоким выходом летучих веществ, суббитуминозные: классы А, В и С; лигниты: классы А и В.

Уголь, добытый в шахте или на углеразрезе, частично направляется потребителю в рядовом виде, но обычно после предварительной обработки — **сортировки, обогащения, брикетирования**. Это делается для того, чтобы облагородить уголь, повысить его качество, сделать более калорийным и транспортабельным. Ведь рядовой уголь обычно содержит много минеральных примесей и сrostков с породой.

Сортировка угля на классы различной крупности производится **грохочением** — обработкой его на ситах разного размера. В результате получают уголь разных классов: плитный, крупный, орех, мелкий, семечко, штыб, каждый из которых используется в определенных направлениях.

Основное значение в процессе обогащения топлива имеет его **обогащение**. Ведь уголь состоит не только из органического вещества. В нем всегда присутствуют минеральные примеси, определяющие его зольность — один из главных технологических параметров топлива. Чем выше зольность угля, тем ниже теплота его сгорания. Есть угли, в которых всего 2–3% минеральных примесей, но таких углей мало. Основная масса запасов угля имеет зольность 15–30% и более. Поэтому издавна человек пытался облагородить уголь, отделить органическую часть от минеральной, сделать уголь более калорийным. И сейчас обогащение углей составляет важную отрасль угольной промышленности. В России свыше ста обогатительных фабрик перерабатывают в год до 100 млн т (2006 г.) коксуемых и энергетических углей. Принцип обогащения основан на разности плотности угля и минеральных частиц. Наиболее

прогрессивный способ — обогащение в тяжелых средах. Разделение угля и породы происходит в жидкостях повышенной плотности, в которых частицы породы тонут, а уголь всплывает. Обогащение угля можно также производить в потоке воды или воздуха. В Кузнецком бассейне построена одна из крупнейших в стране обогатительная фабрика «Сибирь» мощностью 7 млн т в год. Ее отличительная особенность — устойчивая технология, представляющая собой единый цикл, в котором сочетаются наиболее производительные современные методы обогащения — в тяжелых средах, гидроциклонах, на флотационных установках. Если раньше технологические звенья обогащения располагались в отдельных зданиях, то здесь эти звенья находятся под одной крышей в здании павильонного типа. Практически полная механизация всех процессов позволила вдвое увеличить производительность труда, значительно уменьшить количество обслуживающего персонала. Несколько крупных обогатительных фабрик построено в Печорском бассейне. В Южной Якутии сооружена Нерюнгринская ЦОФ производительностью 9 млн т в год — это самая мощная обогатительная фабрика в стране.

Увеличение объемов переработки угля будет достигнуто за счет ввода в строй ряда новых обогатительных фабрик и технического перевооружения многих действующих предприятий. Выпуск угольного концентрата в 2006 г. достиг 60 млн т. Намечается дальнейшее повышение доли прогрессивных методов углеобогащения, в том числе в минеральных суспензиях, создание автоматизированного оборудования большой единичной мощности для оснащения фабрик с секциями производительностью до 1000 т/ч.

Принятый сейчас курс на увеличение объемов обогащения углей, несомненно, правилен. Ведь отсутствие необходимых мощностей обогатительных фабрик не позволяет, например, вовлечь в сферу коксования миллионы тонн дефицитных печорских углей, которые из-за повышенной зольности в настоящее время сжигаются в топках электростанций. Надо иметь в виду, что для снижения дефицита коксующихся углей в ряде бассейнов строятся очень глубокие дорогостоящие шахты. Может быть, целесообразнее резко усилить строительство обогатительных фабрик и увеличить объем переработки зольных углей Печоры? Ведь вместо одной шахты можно построить 5–6 мощных обогатительных фабрик.

Наряду с традиционным механическим обогащением, при котором из угля удаляются лишь минеральные примеси, без изменения свойств угольного вещества, в России разработана новая технология облагораживания углей — **термическое обогащение**. Оно основано на удалении путем нагрева из угля низкокалорийных компонентов, в первую очередь влаги. Для этого измельченный до 5 мм уголь нагревают до 450 °С в вихревых камерах. Термоуголь приобретает новые ценные свойства: малую влагоемкость, стабильность теплотехнических характеристик, высокую тепло-

ту сгорания — 24 МДж/кг. Эта технология будет широко использована для обогащения низкокалорийных бурых углей Канско-Ачинского бассейна и сделает рентабельной перевозку их на большие расстояния. В перспективе каждая новая мощная шахта будет строиться в комплексе с обогатительной фабрикой или установкой для технологической переработки — в залог высокого качества продукции. Но в обогащении нуждается не только уголь, добытый в шахтах. При открытой разработке тонкие угольные пласты вместе с породами вскрыши идут в отвалы и теряются безвозвратно. Сейчас намечено сооружать специальные обогатительные установки для извлечения угля из вскрышных пород. Например, в Кузнецком бассейне суммарная мощность таких установок составит несколько миллионов тонн в год.

Другим видом обогащения угля является его **брикетирование**. Чтобы получить брикет, уголь сушат и прессуют под большим давлением, иногда с добавкой связующих веществ, но чаще без них. По сравнению с исходным углем брикеты содержат меньше влаги, отличаются большей прочностью и теплотой сгорания, удобны при хранении, транспортировке и использовании. Брикетируют обычно рыхлые бурые угли, но иногда и антрацитовую мелочь. Используются брикеты как бытовое и промышленное топливо, реже для полукоксования и получения буроугольного металлургического кокса. В России брикетированию подвергается несколько миллионов тонн угля в год, в ФРГ — 60.



Как искать уголь



Мы уже знаем, что угля в нашей стране очень много. Поэтому может возникнуть вопрос: а нужно ли искать и разведывать новые месторождения? Не хватит ли уже открытых? Ответ один: искать нужно. Дело в том, что угольные месторождения распределены по территории России далеко не равномерно. На востоке страны их много, гораздо больше, чем на западе. А ведь именно в западных районах сосредоточен основной промышленный потенциал страны, главные потребители топлива. Некоторые районы до сих пор пользуются дальнепривозным углем. Десятки миллионов тонн его перевозятся на тысячи километров. Имеется определенный недостаток в коксующихся углях определенных марок, а также углях, пригодных для отработки открытым способом на западе страны. Вот почему геологи продолжают изучать закономерности распространения полезных ископаемых, в том числе и угля. Вот почему во многих районах страны идет поиск новых угольных месторождений.

Где и как искать уголь? В первую очередь, для этого надо знать признаки угленосности. Существуют прямые признаки угленосности — это выходы угольных пластов на дневную поверхность в обрывах рек, на склонах гор и оврагов, в дорожных выемках, это — выбросы угля и сажи из нор животных, галька угля в руслах рек и ручьев, «горельники» — обожженные породы — последствия древних угольных пожаров, «меловка» — белая порода, оставшаяся на месте выветривания угольного пласта, «кучерявчик» — ископаемая почва древних торфяников со следами корней растений (рис. 16).

О подземных пожарах расскажем подробнее. Бывают случаи, что окисление угля вблизи поверхности происходит настолько интенсивно, что он нагревается и в конце концов загорается. Из-за медленного доступа воздуха эти пожары могут длиться веками и тысячелетиями. В Таджикистане высоко в горах есть месторождение Фан-Ягноб, а на нем «горящая гора» Кух-и-Малек, с вершины которой, как из кратера вулкана, выходят струи горячего пара — это горят угольные пласты. Древние арабские рукописи свидетельствуют, что этот пожар длится еще со средних веков. Горные породы здесь обожжены и имеют кирпично-красный цвет. Это так называемые глиежи. Следы древних пожаров мы также находим в Кузнецком и других угольных бассейнах.

Но обнаружить выходы угля на поверхность можно далеко не всегда. Тогда на помощь геологу-поисковику приходят специальные карты, составленные геологами-съемщиками и геофизиками. Это геологические, геофизические, литологические, тектонические и другие карты, на кото-



Рис. 16. Выход пласта угля в долине реки:
1 — аргиллит;
2 — уголь;
3 — песчаник

рых особыми значками и цветом показано распространение горных пород различного возраста и состава, отображено геологическое строение той или иной площади. Пользуясь определенными предпосылками, геолог выбирает наиболее вероятные площади для постановки поисков угля. Какие же это предпосылки?

В первую очередь это стратиграфические предпосылки — ведь наиболее часто уголь можно встретить в породах определенного возраста, например карбонового, пермского, юрского, мелового, палеогенового. Причем в разных районах возраст углей различен. Например, на западе России развиты наиболее древние угли — карбонового возраста, в центральных районах Сибири — пермского и юрского, а на Дальнем Востоке — мелового, палеогенового и неогенового. Важны и литологические предпосылки. Уголь обычно залегает среди осадочных сероцветных пород — песчаников, аргиллитов, известняков, образовавшихся в прибрежно-морских, озерных условиях, а также в долинах и дельтах рек. Велика роль и тектонических предпосылок. Ведь угольные месторождения приурочены к определенным структурным элементам земной коры. Наиболее часто они встречаются на платформах и в краевых прогибах — на участках, где платформа соединяется со складчатыми областями. В последних угольные месторождения обычно не встречаются — осадки в этих областях накапливались в весьма неблагоприятных для углеобразования условиях.

Весь геологоразведочный процесс упрощенно можно разделить на две крупные стадии: поиски и разведку. Цель поисков — обнаружить месторождение по прямым или косвенным геологическим предпосылкам, выявить площади с углями определенного качества. Поисковые работы, наряду с наземными геологическими маршрутами, сопровождаются проходкой различных горных выработок — канав, шурфов, дудок, буровых скважин. Причем скважинами, которые обычно располагаются по профилям, угольные пласты прослеживаются на глубину. Расстояние между профилями обычно равно 1–4 км, в зависимости от сложности строения месторождения, а между скважинами в профиле примерно в два раза меньше. Глубина скважин меняется от 50–100 м до 500 м и более. Таким образом, месторождение покрывается сетью буровых скважин, что позволяет изучить угольные пласты как по площади, так и в разрезе. После получения положительных данных о строении месторождения, количестве и качестве угля приступают к его разведке. Для этого стущают сеть скважин до 500 м, а на сложных месторождениях до 250 м и менее. Это позволяет досконально изучить месторождения и дать проектировщикам исчерпывающий материал для проектирования будущей шахты или угле-разреза.

При изучении угольных месторождений обычно применяется колонковое бурение. На конце бурового снаряда имеется колонковая труба с

армированной твердыми сплавами или алмазами коронкой. Эта коронка вгрызается в недра земли, и в трубу поступает колонка (столбик) породы, так называемый керн — основной материал для изучения строения месторождения, состава и свойств пород и заключенных в них полезных ископаемых.

В каждой пробуренной скважине фиксируются встречаемые горные породы, в том числе угольные пласты, определяется глубина их залегания, мощность (толщина) и строение, берутся пробы угля и пород для изучения в специальных лабораториях. По крупным пробам, взятым из скважин большого диаметра или из шурфов, определяют технологические свойства угля и наиболее рациональное направление его использования. Тщательно изучается крепость и устойчивость пород и угля, их обводненность, газоносность и многие другие параметры, от которых зависят условия эксплуатации и рентабельность разработки месторождения.

Огромную помощь геологам оказывают геофизики, которые изучают физические свойства горных пород — плотность, упругость, магнитность, электрическое сопротивление, радиоактивность и другие. Ведь каждая горная порода характеризуется только её присущими свойствами, изучение которых и позволяет расшифровать детали геологического строения изучаемого района. Наиболее эффективны такие методы геофизики, как гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, сейсморазведка. Это позволяет геологам заглянуть в земные глубины и выбрать наиболее благоприятные места для заложения буровых скважин. Наряду с наземными геофизическими методами, на угольных месторождениях применяется скважинная геофизика — каротаж. На прочном кабеле в скважину спускаются специальные приборы, которые измеряют кажущееся удельное сопротивление (КС), естественную гамма-активность пород (ГК), рассеянное гамма-излучение (ГГК). Замер этих показателей позволяет получить четкое представление о глубине залегания, мощности пластов пород и угля, их составе и свойствах (рис. 17).

В последние годы стали с успехом применяться новые виды скважинных геофизических исследований, например радиопросвечивание — своего рода рентген угленосной толщи. Представьте себе две скважины, пробуренные на расстоянии 300–500 м одна от другой. Обе вскрыли угольный пласт. Задача заключается в том, чтобы проследить условия залегания пласта в межскважинном пространстве. Из одной скважины по пласту угля пускают радиосигнал, а в другой специальным устройством ловят этот сигнал и узнают, не нарушен ли пласт разрывами, что очень важно знать и разведчикам, и особенно шахтерам. В скважинах можно получить и много других важных характеристик изучаемого месторождения, например, измерить температуру земных недр, определить места притока подземных вод, количество и состав газов, вскрываемых в процессе бурения скважин.

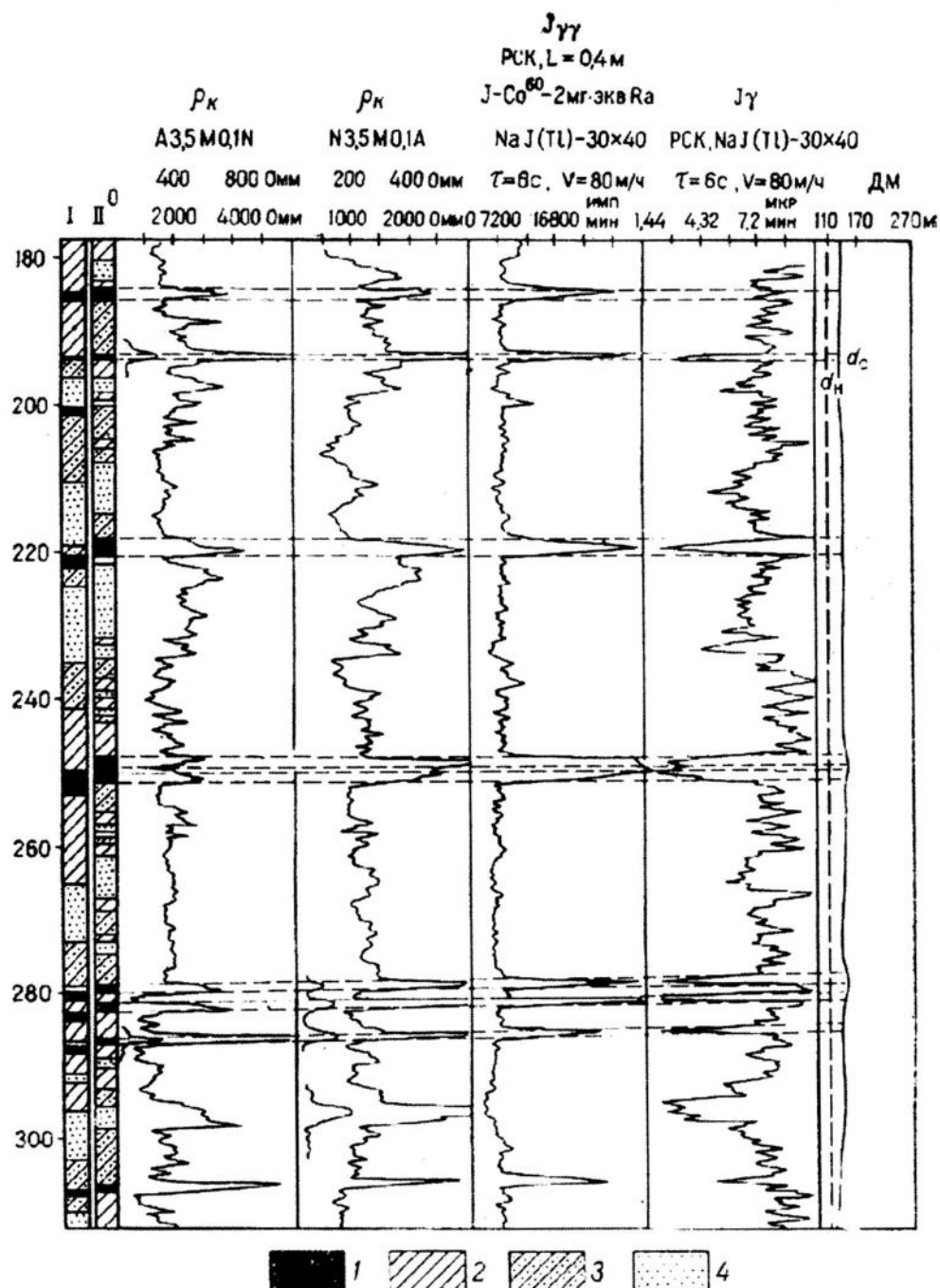


Рис. 17.
Результаты
каротажа
скважины:
1 — уголь;
2 — аргиллит;
3 — алевролит;
4 — песчаник

Где искать уголь

В результате проведения широкомасштабных поисков разведок у нас в стране создан надежный резерв для дальнейшего развития угольной промышленности. Поэтому в перспективе темпы роста объемов геолого-разведочных работ и прироста запасов предполагается несколько снизить. В то же время намечаемое интенсивное освоение этого резерва, необходимость пополнения его участками с углями строго определенных марок, а также предполагаемая существенная перестройка топливно-энергетического баланса страны — все это определяет необходимость продолжения геологоразведочных работ в угольных бассейнах. Охарактеризуем кратко основные их направления.

В первую очередь это касается разведки участков с особо ценными коксующимися углями в Донецком, Кузнецком, Печорском, Улугхемском, Аисатском и Южно-Якутском бассейнах и месторождениях, разведка участков, пригодных для отработки открытым способом в Кузнецком, Иркутском, Минусинском бассейнах и месторождениях. Немаловажное значение имеет оценка перспектив крупных, пока еще малоизученных бассейнов, таких как Тунгусский, Ленский, Таймырский, Зырянский.

Особое внимание будет уделено детальному изучению качества и технологических свойств углей, сопутствующих полезных ископаемых, вопросам комплексного их использования, изучению горно-геологических условий, проблемам охраны окружающей среды.

Наряду с поисками и разведкой новых месторождений, освоение которых обычно требует больших капитальных вложений, геологи ищут другие эффективные пути увеличения ресурсов углей. Особенно это касается ресурсов дефицитных коксующихся углей. Имеется в виду вовлечение в сферу коксования углей повышенной зольности, но хорошо спекающихся, которые сегодня относятся к группе энергетических, а то и вообще некондиционных. Запасы таких углей в Печорском бассейне исчисляются многими миллиардами тонн и могут быть освоены действующими шахтами. Потребуется только построить дополнительно обогатительные фабрики, сооружение которых в несколько раз дешевле и быстрее, чем новой шахты. Другой путь — увеличение использования для коксования газовых спекающихся углей. Дело в том, что на их долю приходится почти половина ресурсов коксующихся углей, а в коксовании участвует только четвертая часть добытого газового угля. Внедрение прогрессивных методов производства кокса из газовых углей (формованный кокс) позволит значительно увеличить фактические ресурсы углей для коксования. Реально можно повысить использование для коксования и тощих углей.

Много ресурсов дефицитных углей заключено в тонких пластах, особенно в Донецком бассейне, разработка которых сдерживается экономикой, отсутствием достаточного количества соответствующей добычной техники и трудностями в создании комфортных условий работы шахтеров. Внедрение безотходной выемки тонких пластов — значительный резерв увеличения ресурсов коксующихся углей. За счет повышения верхнего предела зольности можно значительно увеличить ресурсы и энергетических углей. Пример тому — Экибастуз, где увеличение предела зольности кондиционного угля с 45 до 60% увеличило общие запасы угля в полтора раза — с 7 до 12 млрд т.

Большое значение имеет изыскание путей увеличения ресурсов углей, пригодных для разработки эффективным открытым способом. Один из реальных путей — повышение предельного коэффициента вскрыши в первую очередь на месторождениях с углями дефицитных марок. Так, в Кузбассе увеличение коэффициента вскрыши позволит намного увеличить ресурсы коксующихся и малозольных энергетических углей. В предстоящие пятилетия во всех отраслях народного хозяйства, в том числе в геологии и горном деле, особое значение придается научно-техническому прогрессу. В частности, этот прогресс большое значение будет иметь в угольной геологии от начальных стадий поисков до подсчета запасов. При региональных исследованиях, охватывающих значительные территории, будут все шире использоваться материалы дешифрирования высотных и космических съемок, что позволит более целенаправленно определять стратегию общих поисков. Разведка угольных месторождений будет сопровождаться широким комплексом геофизических исследований, внедрением новых прогрессивных методов: акустического каротажа для определения физико-механических свойств пород, селективного гамма-гамма каротажа для установления качества угля, сейсморазведки для изучения микротектоники шахтных и карьерных полей.

Буровые скважины будут проходиться малым диаметром (30–60 мм) с применением направленного и многоствольного бурения. Это позволит намного удешевить и ускорить разведку месторождений. Документация скважин будет вестись кодовым методом, а результаты бурения — обрабатываться на ЭВМ. Намечается более широкое внедрение в практику новых прогрессивных способов проходки скважин с применением алмазного бурения и высокочастотных гидроударников, термоэлектробуров, гидротранспорта керна, бурения с продувкой воздухом и аэрированной жидкостью в безводных зонах. Разрабатывается автономный атомный снаряд, который в течение полугода сможет достичь глубины 30 км — в два с лишним раза большей, чем достигнута на Кольской сверхглубокой скважине. Намечается использование при проходке скважин в сверхтвердых породах плазменных и лазерных генераторов. Проектируются подземные ракеты. Струи газа, вырывающиеся из сопел со сверхзвуковой скоростью,

легко разрушают крепкие породы. При диаметре скважины в 1 м скорость ее проходки достигает 1 м/с.

Разработан метод проходки скважин с помощью взрыва. Специальный патрон доставляется через бурильные трубы на забой скважины, там взрывается и разрушает породу. Перспективен и химический метод бурения скважин. На забой под давлением подается раствор химически активных веществ, которые растворяют породу. Резко повысится детальность изучения горно-геологических условий месторождений — физико-механических свойств пород, газоносности, выбросе опасности углей и пород, «соленых» углей, твердых включений в породах вскрыши на разрезах, токсичности углей и пород. Будут усовершенствованы методы изучения технологических свойств углей и сопутствующих полезных ископаемых, что обеспечит рациональное и комплексное освоение месторождений. Особое внимание будет уделено решению всех вопросов, связанных с охраной недр, подземных и поверхностных вод и атмосферы. Все это позволит полнее удовлетворять постоянно растущие требования угольной промышленности к степени достоверности разведанных геологами запасов угля.



Сколько на Земле угля

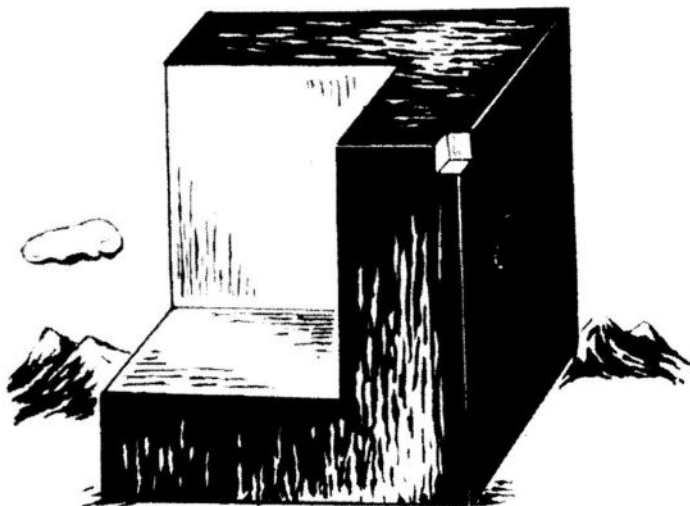


Многих читателей, очевидно, интересуют вопросы: сколько ископаемого угля таят в себе земные недра? Как распределены ресурсы угля на планете?

Судя по материалам XXVII сессии Международного геологического конгресса (МГК), проходившего в Москве в августе 1984 г., ресурсы ископаемого угля в мире огромны — по минимальной оценке почти 15 трлн т. Ресурсы каменных углей подсчитаны до глубины 1800 м (иногда 2000 м), бурых — 600 м, лигнитов — 300 м. По данным некоторых авторов, мировые ресурсы ископаемого угля достигают 30 трлн т. Во всяком случае количество ископаемого угля более чем в 10 раз превышает ресурсы нефти и газа, вместе взятые. Если добыть весь этот уголь, получится «кубик» в 21 км — почти в три раза выше вершины мира Эвереста — и объемом более 10 тыс. км³ (рис. 18).

Это — двадцать миллионов египетских пирамид Хеопса! Маленький куб (высотой 1,8 км), вырезанный в верхнем правом углу, представляет собой все сегодняшнее энергопотребление в пересчете на угольный эквивалент. Большой куб, вырезанный слева (высотой 13,5 км), соответствует количеству каменного угля, которое будет необходимо для удовлетворения всей предполагаемой мировой потребности в энергии до 2050 г.

Рис. 18. Ресурсы и добыча угля в мире (из журнала «Курьер ЮНЕСКО»)



Принятая в России классификация минеральных ресурсов (аналогичная международной классификации) предусматривает подразделение общих ресурсов по степени изученности на разведанные, предварительно оцененные запасы и прогнозные ресурсы. В свою очередь, в первых двух группах выделяются дополнительно балансовые и забалансовые запасы в зависимости от экономической и технической целесообразности или нецелесообразности их разработки. Оценки мировых ресурсов ископаемых углей менялись во времени, причем величина этих оценок менялась не только с повышением степени геологической изученности стран, но и с изменением роли угля в разные периоды.

Первый официальный подсчет мировых угольных ресурсов был произведен в 1913 г. к XII сессии МГК. Каменные угли подсчитывались до глубины 1800 м, бурые — 1200 м в пластах мощностью соответственно 0,3 и 0,6 м. Общие ресурсы угля в мире составили 7,4 трлн т. К 1937 г. (XVII сессия МГК) ресурсы угля возросли незначительно (до 7,9 трлн т), но степень их изученности возросла существенно. Угольные месторождения найдены на всех материках, даже в Антарктиде, но распределены они неравномерно. Всего в мире известно около трех тысяч месторождений с углями различного качества — от бурых до антрацитов. Большая часть ресурсов угля сосредоточена в недрах одиннадцати сверхкрупных бассейнов, таких как Тунгусский, Ленский, Кузнецкий, Канско-Ачинский, Таймырский, Алта-Амазона (Бразилия), Аппалачский (США), Нижнерейнско-Вестфальский (ФРГ), Донецкий, Печорский и Иллинойс (США).

Детальный официальный подсчет мировых ресурсов угля был произведен в 1984 г. к XXVII сессии Международного геологического конгресса. Как же распределяются эти ресурсы по типам угля, континентам, степени изученности? (табл. 8).

Таблица 8

**Ресурсы и запасы углей в мире, млрд т (труды XXVII сессии
Международного геологического конгресса, Москва, 1984)***

Континент, страна	Общие ресурсы	Разведанные запасы
Мир	14 810 (9440)**	1 239 (808)**
Континент:		
Европа	1 347 (1 020)	317 (231)
Азия	8 072 (5 876)	345 (233)
Америка	4 263 (1 548)	422 (226)
Африка	341 (337)	72 (71)
Австралия и Океания	787 (659)	83 (47)
Страна:		
СССР	6 806 (4 649)	281 (171)
США	3 600 (1 286)	397 (214)
Китай	1 465 (1 425)	102 (99)
Австралия	783 (659)	83 (48)
Канада	582 (207)	16 (6)
ФРГ	287 (227)	84 (44)
Великобритания	190 (189)	90 (90)
Польша	174 (151)	25 (22)
Индия	115 (112)	23 (21)
Ботсвана	100 (100)	7 (7)

* Более подробные, уточненные на 2004 г. данные о запасах угля приводятся ниже.

** В скобках — каменные угли.

Мировые ресурсы коксующихся углей превышают 1 трлн т. Для разработки дешевым открытым способом в мире пригодны 1,3 трлн т угля.

Оценка ресурсов и запасов угля производится не только в натуральном, но и в условном топливе, чем нивелируется разница в углях разного качества. Мировые ресурсы угля в этом случае будут несколько меньше и составят 12 трлн т у. т., из них каменных 8,7 и бурых 3,3 трлн т у. т. Разведанные запасы угля соответственно составят 1,0, 0,8 и 0,2 трлн т у. т.

Может быть, кого-нибудь интересует вопрос, как ресурсы угля распределяются по возрасту заключающих их отложений. Наибольшее количество угля в мире приурочено к образованиям перми (26,8%), карбона (20,5%) и мела (20,5%), в меньшей степени юры (16,3%), палеогена и неогена (15,8%). Наибольшее количество месторождений карбонового возраста находится в Европе, пермского — в Азии, Африке и Австралии, юрского — в Азии, мелового — в Северной Америке, палеогенового и неогенового — в Северной и Южной Америке и Австралии. Для сравнения приведем данные по другим горючим ископаемым (табл. 9).

Таблица 9

**Стратиграфическое распределение ресурсов
горючих ископаемых в мире, %**

Возраст	Уголь	Нефть	Газ	Горючие сланцы
Кайнозой	16	25	10	55
Мезозой	37	65	62	9
Палеозой	47	10	28	36

Главная закономерность заключается в том, что ресурсы нефти и газа заключены в основном в осадках мезозоя, горючих сланцев в кайнозой и палеозой, а количество угля снижается от палеозоя к кайнозою. И еще важная закономерность. Если почти все ресурсы нефти и газа сосредоточены в недрах развивающихся стран, а в развитых капиталистических странах ресурсы их очень малы, то основные ресурсы угля находятся именно в промышленно развитых странах.

Развитие минерально-сырьевой базы угольной промышленности мира, начиная со второй половины XX в., протекало сложно и неоднозначно. Во многих странах нефть и газ значительно потеснили уголь, что было связано с более конкурентными ценами на нефть и газ из-за низких издержек на добычу в основных нефтегазоносных районах, в первую очередь на Ближнем и Среднем Востоке, универсальностью ее применения во многих отраслях промышленности.

Но после энергетического кризиса 70-х годов и особенно в последние годы добыча, потребление и мировая торговля углем стали неуклонно увеличиваться и достигли в 2007 г. 6,4 млрд т. (1970 г. — 3,0, 1980 г. — 3,8, 1990 г. — 4,5, 2000 г. — 4,6). Среди других энергоносителей уголь прочно занял второе (после нефти) место. Этому способствовала надежная минерально-сырьевая база, обеспечивающая и дальнейшее развитие угледобычи в мире.

Огромные ресурсы и разведанные запасы угля еще много лет будут обеспечивать развитие мировой энергетики и удовлетворять потребности в технологическом сырье (табл. 10).

Таблица 10

Мировые запасы, ресурсы, добыча угля, млрд т

Разведанные запасы	Геологические ресурсы	Добыча в 2007 г.	Обеспеченность добычи в 2007 г., лет	
			Запасами	Ресурсами
847	14254	6,4	132	2227

Также весьма значительны ресурсы и разведанные запасы угля в России (табл. 11).

Таблица 11

Запасы, ресурсы, добыча угля в России, млрд т

Разведанные запасы	Геологические ресурсы	Добыча, 2008 г.	Обеспеченность добычи в 2008 г., лет	
			Запасами	Ресурсами
198	4139	0,328	479	12619

Из 3600 известных угольных бассейнов и месторождений основные ресурсы угля в мире сосредоточены в недрах 20 крупнейших бассейнов с ресурсами в каждом более 100 млрд т, из них 10 уникальные. Почти все они находятся в северном полушарии. Около половины ресурсов угля в мире заключено в осадках палеозоя (47%), несколько меньше — мезозоя (37%) и небольшое количество — кайнозоя (16%). Из 4162 млрд т запасов угля 3094 млрд т относятся к каменным и 1068 млрд т к бурым углям. Количество доказанных (подтвержденных) запасов (981 млрд т) составляет четвертую часть от мировых запасов. Ресурсы коксующихся углей — 1,5 трлн т.

Более подробные и уточненные сведения о распределении запасов и добычи угля по континентам и странам приведены в табл. 12.

Таблица 12

**Запасы и добыча угля в основных странах мира
(данные «Зарубежгеологии»)**

Страна	Запасы угля, млрд т		Добыча угля, млн т	
	Всего	Доказанные запасы на 01.01.2007	1990	2007
Мир, в том числе:	4162 (3094)	847,5 (429,3)	4757	6396 (5522)
Европа	773 (553)	235,1 (72,9)	1812	1028
Великобритания	231 (230)	0,2 (0,2)	94	17 (17)
Испания	1,3 (0,7)	0,5 (0,2)	36	18 (12)
Польша	23,8 (21,6)	7,5 (6,0)	216	156
Россия	221 (110)	157 (49,1)	386	310 (241)
ФРГ	177 (125,6)	0,2 (0,2)	—	202 (26)
Украина	69,3 (51,2)	33,9 (15,4)	—	76 (76)
Чехия	11 (5,7)	4,5 (1,7)	—	63 (14)
Азия	1302 (1113)	217,2 (146,3)	1472	3472

Вьетнам	5,3 (4,5)	0,15 (0,15)	4	41 (41)
Грузия	0,43 (0,35)	0,32 (0,30)	—	—
Индия	202 (196)	56,5 (52,2)	203	478 (452)
Индонезия	32 (14)	4,3 (1,7)	10	175 (109)
Казахстан	39 (24)	31,3 (28,2)	—	94 (83)
Кыргызстан	2 (0,7)	0,8 (-)	—	0,3 (-)
Китай	986 (858)	114,5 (62,2)	1080	2537 (2349)
КНДР	1,9 (0,7)	0,6 (0,3)	70	31 (23)
Монголия	2,8 (1,5)	1,7 (0,7)	8	5 (1,5)
Турция	9 (1,3)	1,8 (-)	53	77 (4)
Узбекистан	3 (1,0)	3,0 (1,0)	—	3 (2)
Япония	4,4 (4,2)	0,4 (0,4)	9	—
Африка	81,4 (81,2)	49,6 (49,4)	182	274
Ботсвана	13 (13)	0,04 (0,04)	0,6	1 (1)
Зимбабве	2,2 (2,2)	0,01 (0,01)	5	2 (2)
Свазиленд	2,5 (2,5)	0,2 (0,2)	0,2	0,5 (0,5)
ЮАР	57,7 (57,7)	48,0 (48,0)	175	269 (269)
Америка	1163(708,5)	267,0 (123,8)	1046	1223
Аргентина	7,4 (0,4)	0,4 (0,1)	0,5	0,03 (0,03)
Бразилия	15,5 (—)	7,1 (—)	8	5,9 (—)
Венесуэла	1,7 (1,7)	0,5 (0,5)	2	9 (9)
Канада	129,7 (114,4)	6,6 (3,5)	68	69 (30)
Колумбия	21,9 (21,4)	7,0 (6,6)	20	72 (72)
Мексика	1,8 (1,3)	1,2 (0,9)	10	12 (5)
Перу	1,1 (1,0)	0,14 (0,14)	0,1	0,03 (0,03)
США	979 (568)	242,7 (112,2)	934	1055(532)
Чили	5,1 (0,1)	1,2 (0,03)	2,5	0,3 (0,1)
Австралия и Оксания	843(638)	77,2 (37,2))	245	399

Австралия	830 (636)	76,6 (37,2)	243	394 (280)
Новая Зеландия	12,7 (2,2)	0,6 (0,1)	2,6	5,3 (2,5)

Примечание. В скобках — добыча каменного угля, включая антрациты. По другим данным, доказанные запасы угля Великобритании — 45 млрд т, ФРГ — 67 млрд т.

По количеству запасов угля (млрд т) лидируют Азия (1302) и Америка (1163), а из стран — Китай (986), США (979), Австралия (830), Великобритания (231), Россия (221), Украина (69), ЮАР (58). Запасы коксующихся углей (млрд т) находятся в недрах США (118), Китая (80), ФРГ (30), России (20) и других стран. Запасы антрацитов превышают 50 млрд т, в том числе в США 17, Великобритании 9,5, России 8, Украине 7, Вьетнаме 6, КНДР 1,5, Китае 1,3

Потребность в угле будет расти и в России. Наиболее перспективны для дальнейшего роста угледобычи — Кузнецкий, Канско-Ачинский, Печорский, Минусинский, Иркутский, Южно-Якутский бассейны, ряд месторождений Забайкалья и Дальнего Востока. Еще раз отметим, что в России имеет место определенное несоответствие между размещением основных ресурсов горючих ископаемых, в том числе и угля, и районов их потребления. Более 80% ресурсов находится к востоку от Урала, а более 80% потребителей — к западу от него. Все это вызывает необходимость в крупных, все возрастающих масштабах перевозить топливо из восточных районов страны в западные. Чтобы уменьшить эту диспропорцию, в восточных районах сооружаются крупные потребители энергии и организуется переработка горючих ископаемых, главным образом угля, на месте добычи.

Главный вывод, который вытекает из приведенных материалов, тот, что уголь является надежным топливно-энергетическим источником, ресурсы которого могут на многие годы обеспечить развитие мировой энергетики и химии.



Как добывается уголь



С древнейших времен человек добывает ископаемый уголь. У нас в стране разработки угля были начаты еще в XVIII в. при Петре I в Донском и Подмосковном бассейнах, а в Европе — в XII в.

Существуют два основных способа добычи угля — подземный (рис. 19) и открытый (рис. 20). Подземный способ наиболее трудоемкий и дорогой, однако основные ресурсы угля сосредоточены на большой глубине, и этот способ разработки будет по-прежнему развиваться. Сов-

Рис. 19. Схема вскрытия угольного месторождения шахтой

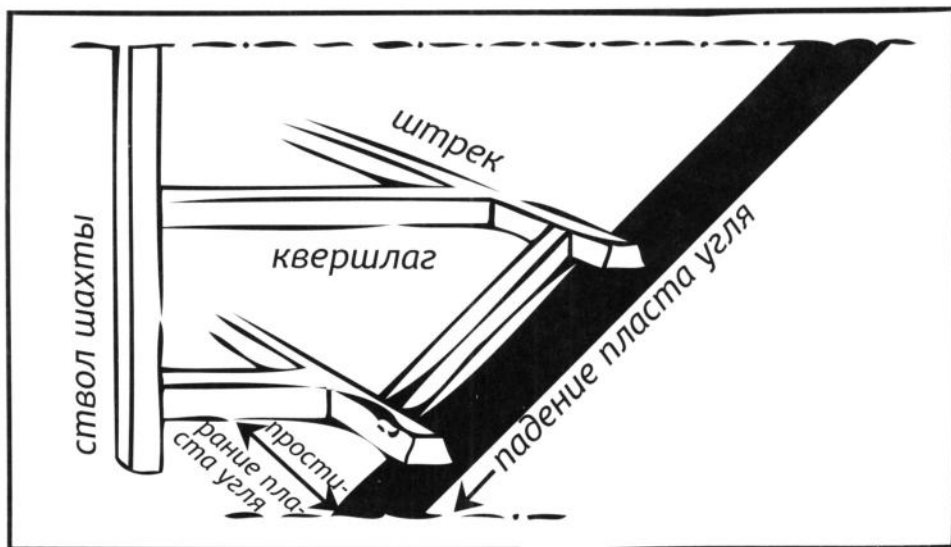


Рис. 20. Кузбасс. Геологи осматривают Талдинский углеразрез



ременная крупная шахта — это сложнейшее техническое сооружение. Для вскрытия угольных пластов проходятся вертикальные или наклонные шахтные стволы диаметром в несколько метров и глубиной в сотни метров. Из стволов навстречу пластам проходят горизонтальные выработки (квершлаг), из которых уже в плоскости угольных пластов ведутся

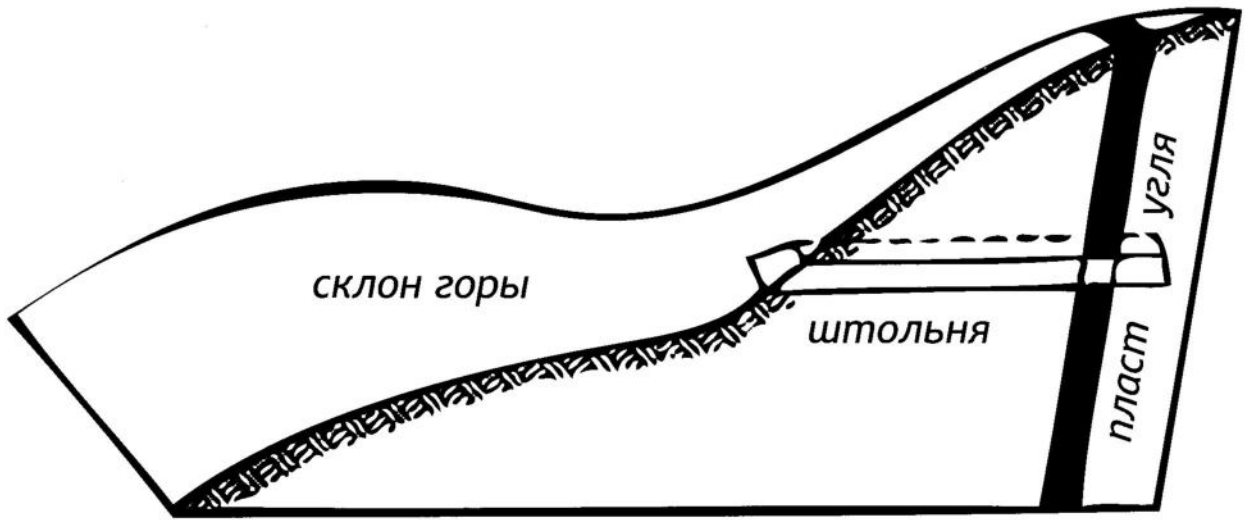


Рис. 21. Схема вскрытия угольного месторождения штольной

штреки, а из штреков восстающие, уклоны и бремсберги. В результате каждый пласт рассекается этими подъемными ходами на панели (лавы), из которых и производится добыча угля.

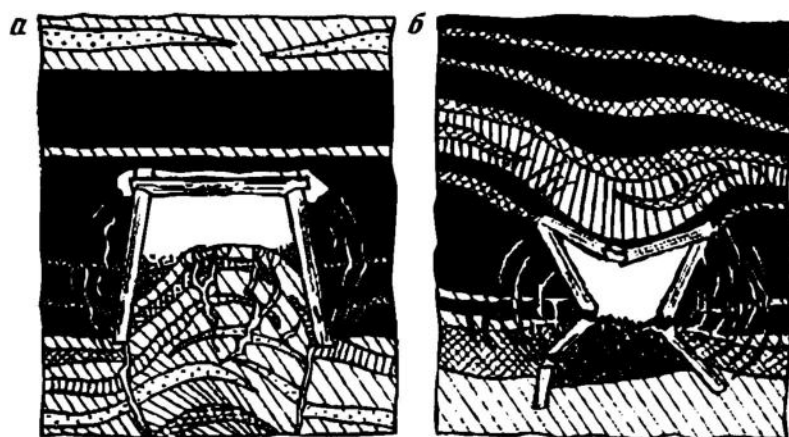
В горной местности пласты угля вскрываются штольнями — горизонтальными выработками, пройденными с дневной поверхности (рис. 21).

Для добычи угля применяются различные системы разработки месторождений. В нашей стране наиболее широко применяется столбовая система, в ряде зарубежных стран (США) — камерная или камерно-столбовая. Все шире применяется бесцеликовая система, что резко снижает потери угля в недрах.

В зависимости от масштаба месторождения и условий его разработки строят шахты различной мощности. Мелкие шахты дают в год 300–600 тыс. т угля, средние — 900–1500 тыс. т, крупные — 2000–3000 тыс. т и шахты-гиганты — более 3 млн т. Глубина стволов шахт обычно измеряется сотнями метров, а в Донбассе, этом бассейне-ветеране, ряд шахт перешагнул километровый рубеж.

Несколько слов о горно-геологических условиях разработки месторождений. Одним из самых главных факторов является сложность тектонического строения месторождения, наличие складчатых и разрывных нарушений, которые весьма осложняют ведение горных работ. Не менее важным является знание состава и свойств горных пород, в которых залегают угольные пласты. Очень важно знать крепость и устойчивость пород, особенно в кровле и почве угольных пластов. Это позволяет определить рациональные способы крепления подземных выработок, технологию и технику разработки месторождения. Но иногда горное давление берет верх над силой и умением человека (рис. 22).

Рис. 22.
Проявление
горного давления
в штреке:
а — пучение
почвы;
б — обрушение
кровли



Не менее важно знать условия обводненности месторождения, наличие водоносных горизонтов, возможные притоки воды в шахту или разрез, состав подземных вод. Нередко разработка месторождения осложнена наличием газа в углях и породах. Ведь один кубометр угля может содержать десятки кубометров метана. Интенсивное выделение метана в шахтах нередко сопровождается внезапными выбросами угля и пород, что крайне затрудняет разработку месторождений. Некоторые типы угля склонны к самовозгоранию и образованию пыли, что приводит к подземным пожарам и взрывам. Для предотвращения возгорания угля, в первую очередь бурого, предложено хранить его не в штабелях, а в траншеях, где невелика циркуляция газов и процессы окисления и разогрева угля замедлены.

Для глубоких шахт необходимо знать геотермические условия. Как известно, температура с глубиной возрастает на $1-4^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м. В некоторых глубоких шахтах Донбасса температура превышает 50°C , что вызывает необходимость усиленной вентиляции и охлаждения забоев, ведь по правилам эксплуатации температура в шахтах не должна быть выше 26°C .

Определенные трудности связаны с работой шахт и карьеров в условиях многолетней мерзлоты, когда мерзлые породы чередуются с тальми водоносными горизонтами (таликами), которые могут вызвать большие притоки воды в выработки.

Чем же добывают уголь? Мы знаем, что сначала человек добывал его кайлом и лопатой. На смену им пришли отбойные молотки и врубовые машины. Потом появились угольные комбайны, а сегодня на многих шахтах работают высокопроизводительные угольные комплексы, которые одновременно отбивают уголь от забоя, грузят его на транспортеры и параллельно закрепляют выработанное пространство. Почти всю тяжелую шахтерскую работу взяли на себя машины. По транспортерам или в вагонетках добытый уголь направляется к шахтным стволам и выдается на-гора.

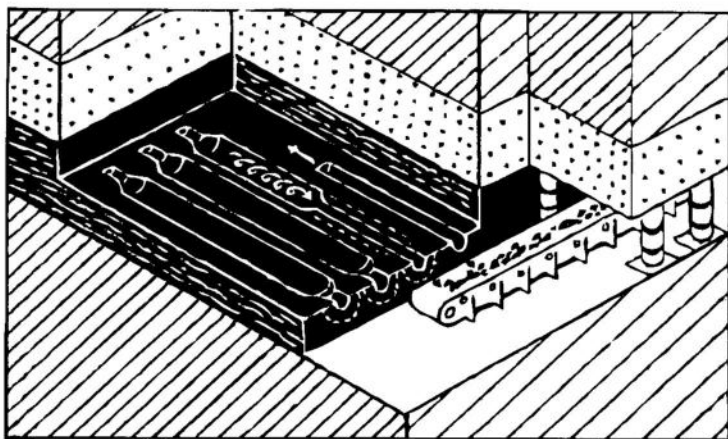


Рис. 23.
Разработка угля
бурошнеком

Какие же машины добывают уголь? Таких машин много. И каждая из них приспособлена для работы в определенных геологических условиях. К примеру, если угольный пласт имеет простое строение и устойчивую мощность, применяются высокопроизводительные машины, такие как фронтальный комбайн АК-3, который не только обеспечивает без присутствия людей в забое очень высокую производительность труда (более 2500 т угля в сутки), но и позволяет получать угли крупных фракций. А ведь это значительно снижает энергоемкость процесса разрушения пласта, улучшает качество топлива и уменьшает запыленность воздуха в забое.

Труднее разрабатывать пласты с изменчивой мощностью. Отработка их комбайнами, в которых рабочие органы имеют постоянные размеры, ведет к большим потерям угля в местах утолщения пласта. Поэтому сейчас создаются комбайны с регулируемыми размерами режущих органов, которые чутко «отзываются» на утонение или утолщение пласта.

Значительно больших сил и средств требует разработка тонких пластов мощностью менее 1 м. Ведь в такой лаве очень трудно разместить технику, обеспечить нормальные условия труда для шахтеров. Но именно в тонких пластах сосредоточены многомиллиардные запасы особо дефицитных коксующихся углей и антрацитов. Вот почему конструкторы горных машин упорно работают над созданием комбайнов для разработки маломощных пластов. Один из таких комбайнов — «Поиск-2» — позволяет осваивать пласты мощностью 0,5–0,8 м, а сравнительно недавно такие пласты разрабатывались только вручную. Созданы и другие машины, например бурошнековые, которые из штреков выбуривают уголь. Шнек с буровым наконечником проходит в пласте горизонтальную скважину. При обратном движении шпека специальное устройство расширяет скважину, и добытый уголь поступает на транспортер (рис. 23).

Важно подчеркнуть, что в ближайшей перспективе намечается коренное совершенствование горного хозяйства шахт, переход на малооперационную технологию, комплексную механизацию и автоматизацию

производственных процессов с использованием микропроцессорной техники. Получат широкое распространение прогрессивные схемы вскрытия новых горизонтов, подготовки и отработки выемочных участков. Будет расширена область применения наиболее эффективной столбовой системы разработки, в первую очередь в Донбассе, и бесцеликовой системы отработки пластов, что позволит значительно уменьшить потери угля в недрах.

Уровень добычи угля из комплексно-механизированных забоев намечено довести до 80% за счет широкого внедрения в практику хорошо зарекомендовавших себя комплексов оборудования повышенного технического уровня, таких как КМК, КМС, КМ-103 и КД-80 для тонких пологих пластов, КМТ, ОКП-70 и УКП для пологих пластов средней мощности и мощных агрегатов АНЩ и АК-3 для мощных крутонадающих пластов. Это позволит увеличить нагрузку на очистной забой до 680–730 т/сут.

Предполагается создать и освоить в производстве оборудование нового технического уровня — автоматизированные комплексы производительностью 800–3000 т/сут для пологих пластов мощностью 0,8–5 м, комплексы и агрегаты для выемки крутых тонких и средней мощности пластов. Более чем в полтора раза будет повышен уровень использования оборудования очистных забоев.

Успешно прошел испытания угольный комбайн I КШЭ с бесценной автоматизированной системой подачи, предназначенный для разработки пластов средних и мощных. По сравнению с серийно выпускаемыми комбайнами среднесуточная нагрузка возросла в 1,5 раза, значительно снизилась себестоимость угля.

В дальнейшем намечено создать проходческие комбайны нового технического уровня. Они будут иметь меньшие габариты и двухскоростной режим работы. Предусматривается возможность использования на них навесного оборудования, сменных буровых головок, средств автоматического управления и элементов диагностики. Будет разработана и создана многоцелевая система машин — нарезно-выемочный комплекс, обеспечивающий проведение выработок по пластам угля широким ходом. Весьма актуальным и социально важным является разработка эффективной и безопасной технологии и техники для выемки пластов, подверженных газодинамическим явлениям.

Внедрение на шахтах Воркутинского месторождения комплекса 2УКП позволило значительно снизить потери при разработке мощных пластов и увеличить нагрузку на лаву до 1450 т/сут, снизить аварийность и простои. Опытный образец комплекса ОКС-2 успешно прошел испытания в Кузнецком бассейне. Он обеспечивает бесцеликовую отработку пластов мощностью 2–3,5 м без предварительного проведения подготовительных выработок: нарезные и очистные работы в нем совмещены, что даст большую экономию во времени.

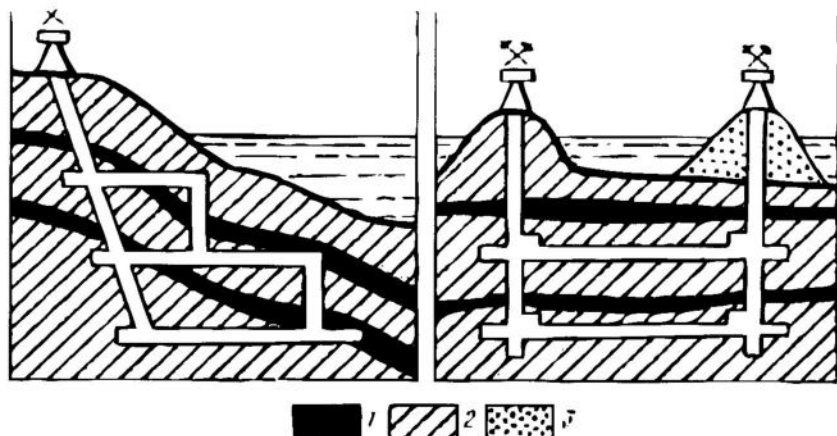
Будет совершенствоваться техника и технология горно-подготовительных работ. Проходка горных выработок будет вестись новыми высокопроизводительными комбайнами КРТ, 4ПП-2М, 2ПП-5, 4ПП-2Щ, роторными комплексами «Союз-19У», нарезными комплексами КН-78, погрузочными машинами МПК-3. В ближайшие годы начнется производство нового скребкового транспортера СПГ-1У, что обеспечит проходку горных выработок широким ходом с оставлением породы в шахте. С 1989 г. на шахтах освоены фронтальные шишевыемочные машины, что позволило исключить ручной труд. Немало намечено сделать в области крепления горных выработок. Это касается крепежных стоек СУГВ и ГВД, гидравлических посадочных крепей «Спутник», модернизированной гидрофицированной крепи КГУ-М. Много нового внедрено в работу подземного транспорта — надпочвенные и монорельсовые дороги разного типа, высокопроизводительные средства механизации погрузочно-разгрузочных работ. Немало будет сделано для обеспечения безопасности работы в шахтах, создано новое оборудование для борьбы с газом, пылью, создания нормального теплового режима в забоях глубоких шахт. Получит дальнейшее развитие технология подземной добычи с оставлением породы в шахте, методы комплексного использования недр. Большие перспективы имеет реализация идеи бесшахтного способа добычи угля. Разрабатывается технологическая схема добычи угля с помощью самоходного скважинного гидромониторного агрегата. Весьма перспективен гидравлический способ добычи угля. Первая в нашей стране гидрошахта «Заречная» в Кузбассе начала работать еще в 50-х годах.

Мощная струя воды, выбрасываемая гидромонитором, дробит уголь в забое и угольная пульпа по трубам направляется на обогатительную фабрику. Сегодня в Кузбассе — на родине гидроспособа — на нескольких крупных шахтах успешно ведется гидродобыча угля. Одна из наиболее мощных в стране, гидрошахта «Юбилейная» после реконструкции будет давать до 10 млн т высококачественного коксующегося угля в год.

Отсюда по трубопроводу уголь поступает на Западно-Сибирский металлургический завод. Производительность труда здесь в 2 раза выше, чем на «сухих» шахтах. Кроме того, при гидродобыче не требуется постоянно присутствие людей в забое, не надо крепить выработанное пространство, меньше образуется угольной пыли, возможность возникновения подземных пожаров сводится к минимуму. Гидроспособ позволяет добывать уголь из тонких пластов. Вероятно, большинству читателей известно, что определенная часть нефти сегодня добывается в море со специальных платформ, с которых в морское дно уходят обоймы буровых скважин. Но о том, что в ряде стран под дном моря добывается уголь, знают далеко не все (рис. 24).

В Англии еще в конце XIX в. была заложена шатха «Исингтон». Ее наклонные стволы были пройдены по дну моря, причем наиболее удален-

Рис. 24.
Разработка угля
под морем:
1 — уголь;
2 — вмещающие
породы;
3 — насыпной
песчаный остров



ные забои ушли на расстояние более 7 км от стволов. Шахта уже отметила свое столетие. Несколько подводных шахт работают в Японии, США, Канаде, Шотландии. Стволы некоторых японских шахт пройдены с насыпных островов, что значительно ускорило доставку в шахту рабочих и необходимых материалов. С насыпных островов предполагается отрабатывать и угли бассейна Нортумберленд в Англии, где пласты уходят под дно Северного моря на десятки километров от берега.

Несмотря на значительное развитие, подземный способ угледобычи все же имеет много недостатков. Строительство шахты занимает многие годы и обходится в миллиарды рублей. Тонна угля, полученная в шахте, стоит очень дорого — тысячи рублей. Несмотря на широкое применение механизации и автоматизации, условия труда шахтера остаются тяжелыми и далеко не безопасными. Взрывы угольного газа — метана, внезапные выбросы угля и пород, раздробленных вблизи тектонических нарушений, прорывы в горные выработки подземных рек, высокая температура в глубоких шахтах — все это делает подземную добычу угля делом весьма трудоемким. Правда, сейчас ведется разработка методов безлюдной добычи угля под землей, но широкое ее применение остается делом будущего.

Поэтому сегодня во всем мире расширяется добыча угля открытым способом — наиболее дешевым и безопасным (рис. 25, 26).

Огромные драглайны с ковшами емкостью до 100 м³ и более снимают горные породы, перекрывающие угольные пласты, а мощные роторные экскаваторы грузят уголь в эшелоны или самосвалы грузоподъемностью 120–180 т (рис. 27).

Тонна угля при открытой добыче стоит гораздо дешевле, чем при подземной. Средняя мощность углеразрезов сегодня равна 5–10 млн т в год, а на некоторых разрезах достигает 20 и даже 50 млн т, например в разрезе «Богатырь» в Экибастузском бассейне (рис. 28).

Максимальная глубина разрезов в России превысила 500 м (Коркинский разрез на Урале).

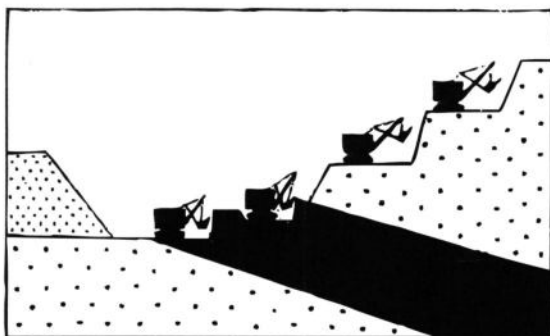


Рис. 25.
Разработка
угля открытым
способом

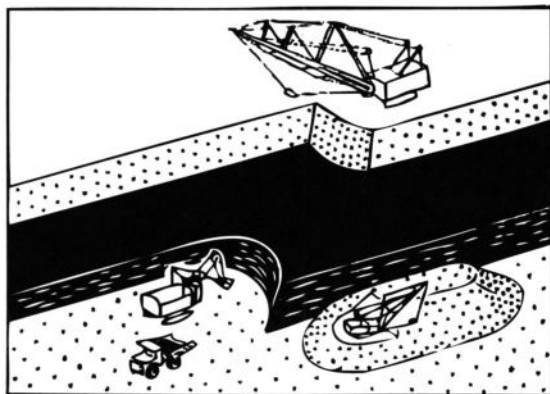


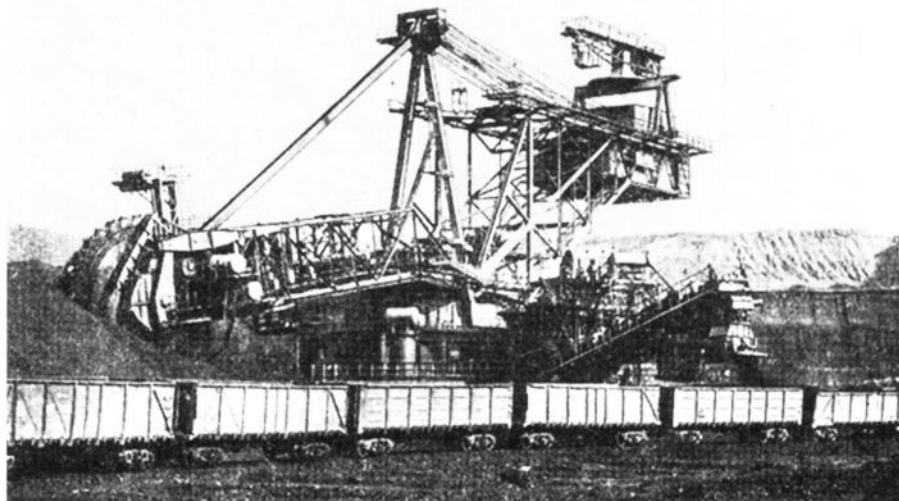
Рис. 26.
Вскрытие
угольного пласта
разрезом



Рис. 27. Каа-
Хемский
углеразрез, Улуг-
хемский бассейн

Освоение месторождений открытым способом будет осуществляться с применением новых технологических схем. Дальнейшее развитие получит прогрессивная бестранспортная схема разработки с перевалкой вскрышных пород шагающими экскаваторами большой единичной мощ-

Рис. 28.
Роторный
экскаватор
на разрезе
«Богатырь» в
Экибастузе



ности. Будет продолжено внедрение в практику шагающих драглайнов с ковшами емкостью от 10 до 100 м³ и стрелой длиной от 45 до 125 м. Наибольший эффект будет получен за счет экскаваторов ЭШ-40/85, ЭШ-65/100 и ЭШ-100/125 с ковшами емкостью 40, 65 и 100 м³. Развитие техники и технологии открытой угледобычи предусматривает использование автоматизированных систем машин и комплексов с конвейеризацией транспорта угля и вскрышных пород, в первую очередь в Канско-Ачинском, Кузнецком бассейнах. В Канско-Ачинском бассейне широкое применение найдет транспортно-отвальная система разработки вскрышных уступов с использованием роторных экскаваторов и мощных забойных отвалообразователей производительностью 5250³ м с отвальной консолью длиной 190 м для перевалки пород в выработанное пространство. Наибольший эффект при разработке мощных угольных пластов будет получен за счет применения роторных экскаваторов и конвейерного транспорта. Дальнейший рост удельного веса открытой угледобычи до 56–60% будет достигнут за счет освоения нового поколения добычных роторных экскаваторов производительностью 1600, 3150 и 5250 м.

Важное значение имеет создание и внедрение принципиально новых типов роторных экскаваторов с верхней погрузкой ЭРП-525 В и мостовых (межуступных) погрузочных устройств МПУ-5000. Широкое применение в них найдут гидравлические приводы рабочего органа и механизма поворота, что обеспечит резкое снижение динамических нагрузок и рабочей массы машин. Гидрофикация приводов будет осуществлена не только на роторных, но и на одноковшовых экскаваторах, что повысит полноту выемки и качество угля при селективной разработке пластов сложного строения. Освоен выпуск одноковшовых механических лопат емкостью 10, 15 и 20 м³ и гидравлических экскаваторов с ковшами вместимостью 8, 12 и 20 м³.

На разрезах Кузбасса внедряется схема циклично-поточной технологии разработки вскрышных пород, что позволит на 30–50% снизить себестоимость угля и в 1,5 раза увеличить производительность труда. Будут созданы самоходные высокопроизводительные карьерные дробильные установки производительностью 4000–5000 т/час. При разработке крепких горных пород широкое применение найдут новые станки шарошечного и шнекового бурения диаметром до 400 мм и глубиной 50–60 м.

Положительные результаты получены при использовании многоковшовых ценных экскаваторов типа ЕРС-1120 на разрезе «Богатырь» в Экибастузском бассейне. В сочетании с роторными экскаваторами они дали возможность обрабатывать на один транспортный горизонт уступы высотой 65–70 м, вместо обычных 20–30 м.

Большое значение придается более широкому внедрению селективной разработки пластов-спутников на углеразрезах. Определенные успехи в этом отношении уже достигнуты на крупном «Бородинском» разрезе в Канско-Ачинском бассейне, что позволило дополнительно получить сотни тысяч тонн угля и снизить непроизводительные потери.

По-прежнему определенную роль будут играть системы разработки с применением традиционных видов колесного транспорта, с изменением структуры парка подвижного состава разрезов в сторону увеличения доли беспегрузных средств автомобильного и железнодорожного транспорта. Имеется в виду применение автосамосвалов грузоподъемностью 180 т, думпкаров грузоподъемностью 170 т и автоматизированных транспортных систем с конвейерными поездами. Будет значительно повышен уровень использования транспорта, усовершенствованы транспортные коммуникации.

Одним из эффективных направлений развития карьерного транспорта является разработка и внедрение конвейерных (тележечных) поездов, сочетающих преимущества конвейерного и железнодорожного видов транспорта.

Весьма перспективен трубопроводный транспорт угля. Охарактеризуем его подробнее. Первый в мире углепровод был построен в США в 1957 г. Он имеет протяженность 173 км и производительность 1,1 млн т. Недавно введен в строй трубопровод длиной 439 км в штате Колорадо. Его диаметр 450 мм. Уголь смешивается с водой в соотношении 1:1. Скорость движения пульпы 1,8 м/с. На месте потребления уголь обезвоживается в центрифугах. В Кузбассе уже давно действует 12-километровый углепровод от шахты «Юбилейная» до Западно-Сибирского металлургического завода. Интересные опыты проводятся по транспортировке смеси угля и мазута (60% угля, 40% мазута). Такая смесь не нуждается в разделении и с успехом может быть использована как топливо для доменных печей. Это позволит намного сократить расход дорогостоящего кокса. Еще один вариант: в стенки полых контейнеров вмонтированы

колесики, катящиеся по стенкам трубопровода, который играет роль направляющего устройства. Известен способ транспортировки угля по трубопроводам с помощью уголекислоты, которая на месте потребления легко отделяется от угля. У нас в стране предложен способ передачи сыпучих тел по трубопроводам в специальных капсулах, контейнерах или сосудах. Каждая капсула вмещает несколько тонн угля. Они движутся по трубам, сцепленные по несколько штук или поодиночке. Каковы же перспективы развития способов добычи угля? Большая производительность, быстрое освоение мощности, дешевизна добычи и особенно высокая комфортность труда рабочего — все это выгодно отличает открытый способ разработки от подземного. Поэтому основная тенденция развития добычи угля в мире и в России — широкое применение открытого способа.



Сколько добывается угля



Сколько же добывается угля в мире? Очень много — миллиарды тонн.

Добыча угля возросла с 0,7 млрд т в 1900 г. до 6,4 млрд т в 2007 г. В XX столетии на из недр планеты Земля извлечено 222 млрд т, или 95% всего добытого угля, а в первом двадцатилетии XXI в. будет добыто еще минимум 110 млрд т. (табл. 13)*.

Таблица 13

Добыча угля в мире в XX и начале XXI в., млрд т

Всего	1901–1920	1921–1940	1941–1960	1961–1980	1981–2000	2001–2020
332	23	26	35	58	80	110

* Накопленная добыча к началу 2008 г. составила: угля — 250 млрд т, нефти — 160 млрд т, газа — 114 трлн м³

В 2007 г. мировая добыча угля резко увеличилась и достигла 6396 млн т, в том числе в Китае — 2537, США — 1055, Индии — 478, Австралии — 394, России — 310. Добыча наиболее ценных коксующихся углей в мире увеличилась с 473 млн т в 1950 г. до 630 млн т в 2000 г., в том числе в Китае — 120, США — 100, Австралии — 80, России и Польше — по 66. В связи с ростом во многих странах потребности в стали ожидается соответствующий рост потребности в углях для коксования.

А как развивалась добыча угля открытым способом? Если в 50-х годах на долю открытого способа в мире приходилось менее 20% общей добычи, то в 2000 г. более половины угля добыто на разрезах. В ряде стран уже сегодня весь уголь добывается открытым способом.

А вот цифры, характеризующие добычу угля в России:

Год	1913	1950	1960	1970	1980	2000	2005	2008
Добыча угля, млн т	36	285	295	345	392	258	300	328

В России доля открытого способа добычи возросла с 10% в 1950 г. до 67% в 2007 г. Развитие открытой добычи угля у нас базируется на запасах угля в Канско-Ачинском, Кузнецком, Иркутском, Южно-Якутском бассейнах, на многих месторождениях Забайкалья и Дальнего Востока. Причем с ростом производительности добычных и транспортных средств постоянно будет увеличиваться предельный коэффициент вскрыши (количество вскрышных пород в кубометрах приходящихся на 1 т добытого угля), что в свою очередь значительно увеличит запасы углей, пригодные для разработки открытым способом.

А сколько же стоит сегодня уголь? Это зависит от его качества и ряда других причин. Тонна коксующегося угля стоит 1000–2000 руб., бурого канско-ачинского — 700–1000 руб.

В заключение подчеркнем, что приоритет советских ученых и конструкторов в области горного дела неоспорим. Это касается разработки новых систем подземной и открытой разработки угольных месторождений (академики Б. В. Бокий, Н. В. Мельников, Л. Д. Шевяков, В. В. Ржевский, К. Н. Трубецкой), механизации горных работ и горной механики (академики А. П. Герман, А. М. Терпигорев, член-корреспондент АН СССР А. С. Ильичев), газового режима шахт (академик А. А. Скочинский), обогащения угля (профессор И. М. Верховский), самовозгорания угля (профессор В. С. Веселовский).

Развитием угледобычи в стране руководили крупнейшие горные инженеры В. В. Белый, Б. Ф. Братченко, Л. Е. Графов, А. Н. Задемидко, А. Ф. Засядько, В. И. Колужный, А. С. Кузьмич, В. М. Лопухин, Ю. Н. Малышев, И. И. Махначук, Д. Гоника, А. Г. Саламатин, А. Г. Тулеев, Л. Ю. Худин, И. М. Щадов, М. И. Щадов, Ю. К. Шафранник, И. Х. Юсуфов, А. Б. Яновский.



Мировая торговля углем



С каждым годом уголь становится все более важным источником экспорта-импорта, неуклонно растет объем мировой торговли углем. По сравнению с 1990 г. (400 млн т) в 2007 г. (917 млн т) он возрос в два с лишним раза! Основные страны-экспортеры угля: Австралия, Китай, Индонезия, ЮАР, Россия, США, Колумбия (табл. 14).

Таблица 14

Страны–экспортеры угля, млн т

Страна	1998 г.	2002 г.	2007 г.
Мир, в том числе:	559,7	630,6	917
Бельгия	2,5	2,7	—
Чехия	10,3	7,4	4
Нидерланды	4,3	7,3	—
Польша	28,1	22,7	21
Россия	23,7	43,2	96 (2008 г.)
Китай	32,3	83,8	54
Казахстан	23,6	22,7	20
ЮАР	67,7	61,7	67
Малайзия	3,5	—	?
Индонезия	48,2	73,2	202
Австралия	167,0	203,8	244
Канада	32,9	25,1	28
США	70,2	36,3	53
Колумбия	36,0	32,1	67
Венесуэла	5,9	8,0	8

Основные объемы импорта угля приходились на Японию, Южную Корею, Украину, Великобританию, Францию, Канаду (табл. 15).

Таблица 15

Страны–импортеры угля, млн т

Страна	1998 г.	2002 г.	2007 г.
Мир, в том числе:	526,6	617,9	917
Австрия	2,5	4,1	н.д.*
Бельгия	12,3	11,6	н.д.
Болгария	3,3	1,4	н.д.
Чехия	1,6	1,2	1
Финляндия	4,6	5,8	н.д.
Франция	14,0	15,2	20

* Нет данных.

ФРГ	22,3	27,6	46
Греция	1,2	1,4	н.д.
Ирландия	2,8	1,5	н.д.
Италия	15,6	19,8	н.д.
Голландия	21,3	18,8	н.д.
Польша	4,2	2,8	2
Португалия	5,0	5,2	н.д.
Румыния	3,9	3,7	н.д.
Россия	14,9	20,8	26
Словакия	5,8	5,3	н.д.
Испания	14,5	24,4	24
Швеция	3,0	2,7	н.д.
Турция	8,5	13,5	н.д.
Украина	8,4	н.д.	н.д.
Великобритания	21,2	28,6	50
Марокко	2,7	0,3	н.д.
ЮАР	1,5	1,8	н.д.
Канада	19,8	22,6	19
Мексика	3,3	5,0	н.д.
США	7,8	15,2	25
Бразилия	10,6	12,9	н.д.
Чили	4,6	2,9	н.д.
Китай	1,6	10,7	48
Гонконг	7,1	8,5	н.д.
Индия	16,5	23,0	54
Израиль	9,6	н.д.	н.д.
Япония	131,5	158,2	182
Южная Корея	52,2	70,1	88
Филиппины	4,2	н.д.	н.д.
Тайвань	37,3	51,1	69
Таиланд	1,5	5,5	н.д.

Объем торговли коксующимися углями в 2007 г. составил 247 млн т (табл. 16).

Таблица 16

Экспорт и импорт коксующихся углей, млн т

Страна	Экспорт		Импорт	
	1990 г.	2007 г.	1990 г.	2007 г.
Мир, в том числе:	183	247	183	247
Австралия	57	132	—	—
США	57	26	—	—
Россия	15	15	0,2	—
Польша	11	—	—	—
Китай	?	3	—	—
Канада	27	26	4	—
ЮАР	—	1	—	—
Южная Корея	—	—	11	23
Япония	—	—	70	54
Франция	—	—	8	8
Италия	—	—	11	11
Аргентина	—	—	8	3
Бразилия	—	—	5	10

Основные поставщики углей для коксования Австралия, Канада, США и Россия, импортеры — Япония, Южная Корея, Италия, Бразилия. Торгуют не только коксующимся углем, но и коксом (по 1–4 млн т в год) Германия, Польша, Россия, Япония, Чехия, США и др. А импортируют кокс США, Франция, Бразилия, Бельгия, Финляндия, Швеция и др.

В 2007 г. мировая цена (долл./т, FOB) тонны энергетического угля разного качества составляла 48–130 долл., коксующегося — 52–196. Тонна коксующегося угля стоила (долл.): Финляндия — 196 (в 2000 г. — 100), Турция — 129 (70), Польша — 115 (39), Франция — 111 (47), Италия — 103 (51), Япония — 97 (42), США — 92 (49), Индия — 63 (38), Китай — 52 (37). С 2000 г. мировые цены на уголь повысились в два-три раза. Тенденция роста цен на уголь сохранится и в обозримой перспективе.

А как обстоят дела с экспортом угля у нас, в России? За последние шесть лет он увеличился в два с лишним раза, с 38 млн т в 2000 г. до 96 млн т (коксующегося угля 15 млн т) в 2008 г., и имеются перспективы для дальнейшего роста. Крупнейшими импортерами российского угля

являются (млн т в 2008 г.) Кипр — 21, Украина — 7,3, Япония — 4,7, Польша — 3,9, Турция — 3,5.

Здесь следует отметить, что основным экспортным товаром в России являются нефть и газ, обеспечивающие основной объем валютных поступлений. Но продажа нефти и газа характеризуется рядом негативных моментов: быстрым истощением их ресурсов и резким ростом затрат на их добычу и транспортировку. Это привело к тому, что значительную часть валютных поступлений эти энергоресурсы отвлекают на себя (строительство нефте- и газопроводов, покупка за рубежом труб, перекачивающих установок, бурового оборудования и т. д.), чем сдерживается развитие ряда других важных отраслей народного хозяйства. Отсюда вывод — надо, по возможности, сокращать торговлю нефтью и газом. Но чем заменить их в нашем экспорте? Полностью — нечем, а в значительной степени — каменным углем, ресурсы которого у нас (как и во всем мире) намного превышают ресурсы нефти и газа, вместе взятые. Какой и откуда продавать уголь? Конечно, каменный, как наиболее калорийный и дорогой. Основными поставщиками угля на экспорт останутся Кузнецкий, Южно-Якутский, Печорский и Донецкий бассейны, а в перспективе — Улугхемский бассейн с высококачественными коксующимися углями. Целесообразно, как минимум, удвоить экспорт российского угля (до 180 млн т) и при цене 70–100 долл. за тонну получать 15–18 млрд долл.

Интенсивное развитие угольной промышленности мира и России обеспечено огромными ресурсами ископаемого угля, значительно превышающими другие топливно-энергетические ресурсы. Страны, определившиеся сегодня как главные угледобывающие, — Китай, США, Индия, Австралия, ЮАР, Индонезия, Колумбия, Россия, Канада, Польша и др. — будут и впредь основными производителями и экспортерами угля. Многие потребители угля — большинство стран Западной Европы, Япония, Республика Корея, Тайвань и другие, не располагающие достаточными собственными ресурсами угля или не имеющие их совсем, и в перспективе останутся крупными импортерами угля.



Как используется уголь



Большая часть добытого угля (89%) используется в мире для производства электроэнергии, примерно 10% (около 550 млн т) идет на производство 370 млн т кокса, незначительная часть — для производства синтетического жидкого топлива, газа, адсорбентов, карбидов и др. Доля угля в производстве электроэнергии в Польше и ЮАР — 93%, Китае — 78, США — 50, ФРГ — 47, в мире в среднем — 56, а в России — только 26%.

В США из 60 запроектированных ТЭС на 36 предусмотрено использование угля. В Японии стоимость 1 кВт/ч. электроэнергии, производимой на угольных ТЭС, составляет 10,4 иены, а на газовых — 13,6 иены.

Основные направления промышленного использования угля — энергетическое и технологическое (табл. 17).

Таблица 17

Основные направления использования угля

Направления использования угля	Получаемые продукты	
Сжигание	Электричество, тепло, золы	
Коксование	Кокс, коксовый газ, каменноугольный пек, аммиак, метанол, ацетилен, бензол, толуол, этилен, фенол, капрон, пластмассы, серная кислота, сера, нафталин, технические масла, битумы, лаки, рубероид, антраценовое масло, германий	
Полукоксование	Полукокс	Технологические газы, бездымное топливо
	Первичная смола	Фенолы, парафины, пек, смазочное масло
	Подсмольная вода	Ацетон, уксусная кислота, цианиды, сульфат аммония, аммиак
	Газ	Топливо, технологическое сырье
Газификация	Генераторный газ	Серная кислота, водяной газ, синтез-газ, сера
	Пыли — топливо	
	Смолы	
	Шлак	Стройматериалы, германий
Гидрогенизация	Химические продукты, смазочные масла, реактивное топливо, котельное топливо, дизельное топливо, бензин	
Экстрагирование битумов	Монтан-воск	Электротехника, литейное дело, копировальная бумага, консистентная смазка
	Жиры — химические продукты	
	Смолы — химические продукты	
Технологические антрациты	Электроды, карбид кальция, карбид кремния, термографит, электрокорунд	

Минеральная часть	Вязущие — цемент	
	Заполнители	Газобетон, легкий бетон, аглопорит, асфальтобетон, обжиговый гравий
	Расплав	Каменное литье, шлаковата, шлаковая пемза
	Глинозем	Огнеупоры, керамика
	Металлы, руды	Алюминий, железорудный концентрат, молибден, свинец, цинк, германий, галлий, скандий
	Удобрения	Раскислители почв, стимуляторы роста
	Медицина	Лекарственные препараты

Первое направление предусматривает сжигание угля в различного рода топках на электростанциях, в промышленных и коммунально-бытовых котельных. Второе — технологическое — направление охватывает процессы коксования, полукоксования, газификации, гидрогенизации, производство электродов, карбидов кальция и кремния, битумов и т. д.

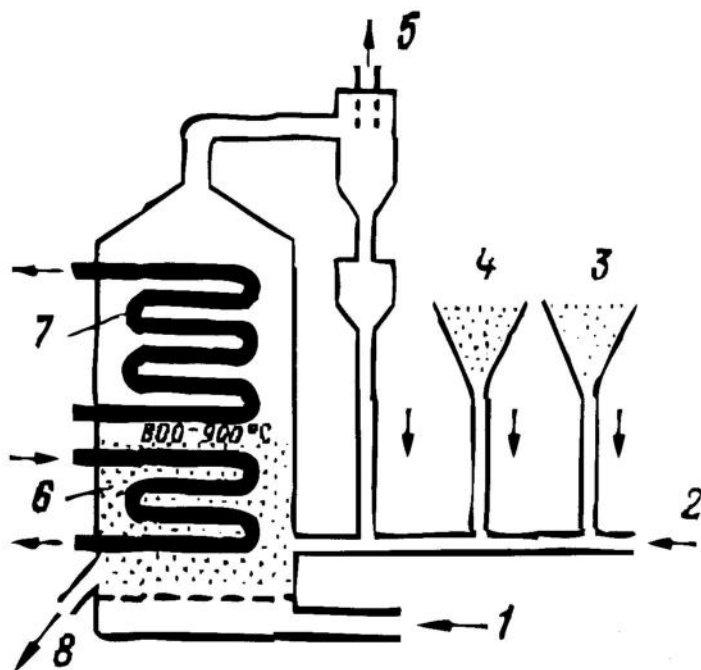
В начале XXI в. в мире 65% угля потребляла электроэнергетика, 25% — промышленность и 10% — производство кокса. Предполагается, что и в перспективе будет расти потребление угля для производства электроэнергии и тепла, при некотором снижении доли угля для производства кокса. Рассмотрим подробнее главные пути использования угля.

При **энергетическом** использовании уголь сжигается в слоевых и факельных топках. В первых сжигается кусковой уголь, во вторых — угольная пыль, которая вдувается в камеру сгорания. Слойное сжигание применяется в котлоагрегатах малой и средней мощности, факельное — в крупной энергетике. Для слоевого сжигания обычно требуется уголь высокого качества, для факельного же можно использовать и высокозольный уголь, а также промпродукт и отходы обогатительных фабрик. Кроме того, факельные топки имеют больший КПД и характеризуются меньшими потерями тепла. Поэтому большая часть добываемых углей сжигается именно в факельных топках. Промежуточное положение занимает метод сжигания угля в «кипящем» слое (рис. 29).

При этом слой мелкораздробленного угля толщиной 1–2 м продувается снизу горячим воздухом, частицы топлива поддерживаются во взвешенном состоянии. Преимущества метода «кипящего» слоя очевидны. Во-первых, это возможность использования высокозольного топлива с содержанием золы до 70–80%. Во-вторых, резкое снижение содержания вредных окислов серы и азота в дымовых газах. В настоящее время во многих странах ускоренными темпами ведется промышленное изготовление топок с кипящим слоем. В КНР работает несколько тысяч таких

Рис. 29. Схема
топочного
устройства с
«кипящим» слоем:

1 — подача
воздуха;
2 — подача
топлива;
3 — известняк;
4 — уголь;
5 — отходящий
газ;
6 — «кипящий»
слой;
7 — теплопри-
нимающие трубы;
8 — отвод золы и
шлаков



установок паропроизводительностью от 10 до 130 т/ч. В них сжигаются лигниты, отходы углеобогащения и антрацитовый штыб. В США осваивается выпуск крупных котлов производительностью 420 т/ч. В России для сжигания топлива в кипящем слое переоборудован ряд котлов производительностью 100 т/ч. Большие преимущества этого способа открывают широкие перспективы его внедрения в большую энергетику.

Близкая схема сжигания угля лежит в основе разработанного сибирскими энергетиками каталитического генератора тепла (КГТ). Перспективен разрабатываемый в ряде стран процесс сжигания водоугольной пульпы, содержащей 70–75% угля и 25–30% влаги. Топки, в которых сжигается нефть, легко перестроить для сжигания угольной пульпы. Успешно проходит испытания метод сжигания угля в смеси с водой и нефтью в соотношении 60 : 20 : 20.

Огромное значение имеет проводимая сейчас во всем мире **энергосберегающая политика**. В этом отношении много резервов заключено в процессах сжигания угля. Каковы здесь пути экономии? В первую очередь это укрупнение производств, получающих энергию из угля. Ведь на мощных тепловых электростанциях коэффициент использования топлива равен 90%, в обычных котельных 70%, а у индивидуальных потребителей только 45%.

Дело в том, что на крупных электростанциях уголь сжигается в пылевидном состоянии и используется почти полностью (до 30 тыс. т в сутки!). В котельных же, где применяются слоевые топki, часть угля сплавляется с минеральными примесями и уходит в шлак, а мелкий уголь проваливается сквозь колосниковые решетки. Кроме того, на крупных современных электростанциях для производства 1 кВтч энергии расхо-

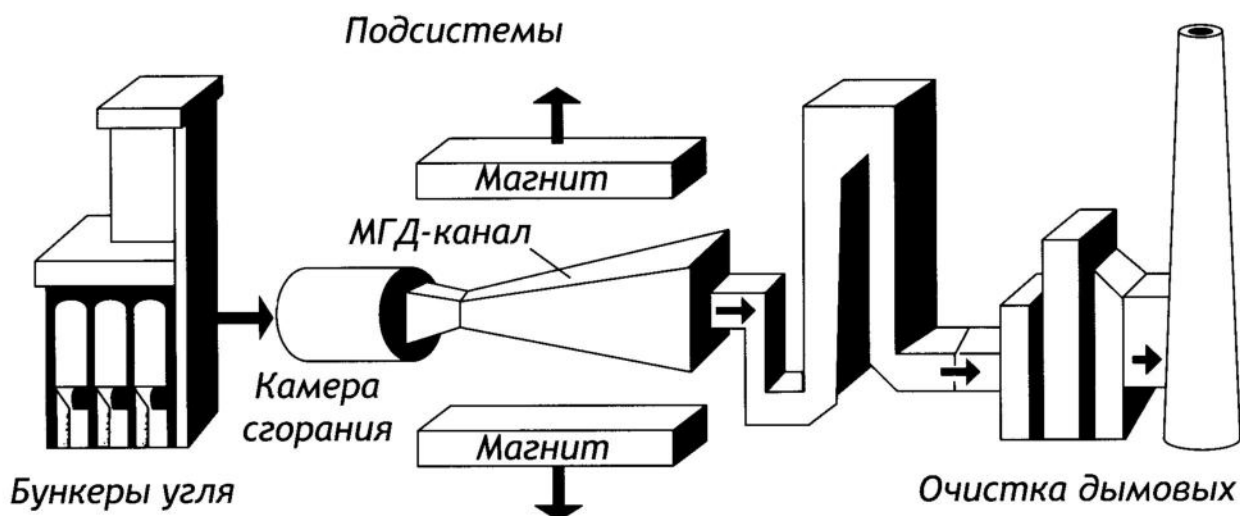


Рис. 30. Схема магнитогиродинамической электростанции

дуется 330 г топлива в условном исчислении, а на старых электростанциях — до 380 г. Необходимо также иметь в виду, что тепло, выделяемое при сгорании угля, используется далеко не полностью. Так, на современных станциях коэффициент использования тепла едва достигает 40%, а на мелких станциях и в котельных не более 30%. Остальное тепло уходит в атмосферу.

В настоящее время усилия энергетиков направлены на создание генераторов с более высоким коэффициентом использования тепла. В России разработана принципиально новая система генерирования электрического тока — магнитогиродинамическая (МГД), в которой тепловая энергия непосредственно преобразуется в электрическую, минуя процесс парообразования (рис. 30).

Созданный МГД-генератор имеет мощность более 20 тыс. кВт с коэффициентом использования тепла до 60%. При этом в полтора раза сокращается расход топлива. Сооружается энергоблок мощностью 500 тыс. кВт. Повышению экономичности использования топлива на 10—25% будет способствовать применение термоэмиссионных преобразователей в котлоагрегат, с помощью которых часть тепловой энергии будет переходить непосредственно в электрическую.

И еще один резерв. Летучая зола электростанций, сжигающих антрацит и тощие угли, содержит до 20% несгоревшего топлива.

Топливо для металлургии. До сравнительно недавнего времени человек выплавлял металлы на древесном угле. Лишь двести лет назад из-за массового истребления лесов, в первую очередь в Европе, для плавки стал использоваться каменный уголь. Но при горении из угля выделялись смолистые вещества, которые забивали поры между рудой и углем и препятствовали процессу горения. Чтобы удалить эти смолистые вещества, человек стал нагревать уголь без доступа воздуха до температуры в 1000 °С и получать высококалорийное металлургическое топливо — кокс, почти нацело состоящий из углерода — восстановителя металлов.

Сегодня кокс производится в коксовых батареях, объединенных вместе нескольких десятках коксовых печей, дающих в сутки сотни тонн кокса. Современная коксовая печь представляет собой камеру прямоугольного сечения шириной 0,5 м, высотой 4–7 м, длиной 14–16 м. Камера сложена из огнеупорного динасового кирпича и окружена отопительными каналами, в которых горит газ. Загруженная в печь угольная шихта нагревается в течение 15 ч. При температуре 350 °С уголь переходит в пластическое состояние, при 500 °С — твердеет, получается полукокс, а при 1000 °С — кокс. Кроме кокса получают калорийный газ и смола, которые идут на производство пластмасс, красителей, удобрений и многих других веществ. Коксохимическая промышленность получает из угля несколько десятков продуктов, а в перспективе их можно извлекать до 350.

Что же такое кокс? Как он выглядит? Каковы его свойства? Кокс высокого качества имеет светло-серый до серебристого цвет. Из углей зольных или слабоспекающихся получается более темный кокс. Нормальный металлургический кокс представлен кусками более или менее правильной формы. Газовые и жирные угли дают более трещиноватый кокс, чем угли коксовые. Основное качество кокса — его прочность — столь необходимо особенно для доменного кокса, выдерживающего огромные нагрузки. Существует несколько приборов для определения этого важного параметра. Это — барабан Сундгрена со стенками из металлических прутьев. В барабан загружают 410 кг кокса (1000 фунтов). При вращении мелкие куски раздробленного кокса проваливаются, крупные остаются в барабане. Чем больше этот остаток, тем прочнее, качественнее кокс.

Лучшие сорта кокса характеризуются остатком в барабане 330–360 кг. Стандартом предусмотрен и другой показатель прочности кокса — выход кусков размером более 40, 25 и менее 10 мм. Посмотрим, в каких направлениях используется кокс разных классов крупности. Крупный кокс (более 25 мм) идет в доменные печи, вагранки — для производства стального литья, применяется он и в цветной металлургии, химической и других отраслях промышленности. Кокс размером 10–25 мм применяют как углеродистый восстановитель, а мелочь (менее 10 мм) — для агломерации руд, а в перспективе для прямого восстановления железа и металлизации рудных окатышей. Каковы же функции, выполняемые коксом в доменной печи? Во-первых, это — источник тепла, во-вторых, — восстановитель, так как углерод кокса отнимает кислород у окислов железа, представляющих собой природную железную руду. И в-третьих, — это носитель газопроницаемости в домне. Для выплавки одной тонны чугуна в идеальном случае нужно 350 кг кокса, но обычно его затрачивается несколько больше (до 500 кг). Для уменьшения расхода дорогостоящего кокса используют добавки природного газа и мазута.

Сегодня металлургия потребляет примерно пятую часть добытого в мире угля. Но далеко не из каждого угля можно выжечь кокс. Для этого идут малозольные угли строго определенных марок — коксующиеся угли, запасы которых составляют всего десятую часть мировых запасов ископаемых углей. И у нас в стране из нескольких сотен бассейнов и месторож-

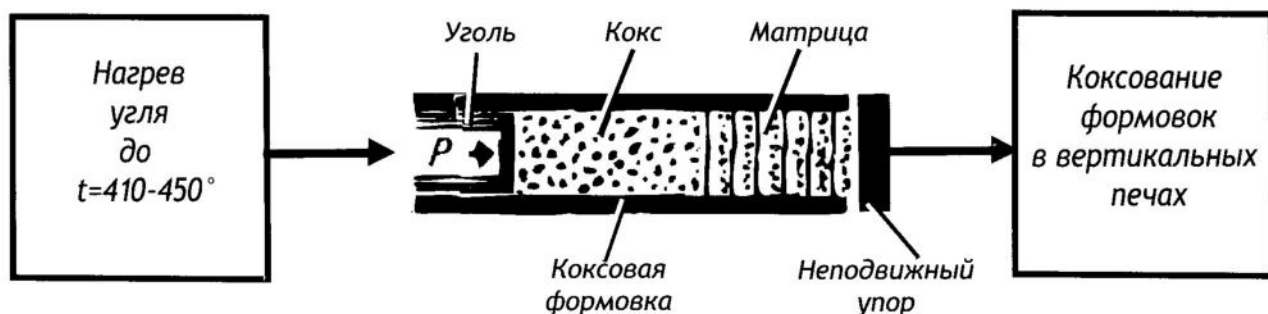


Рис. 31.
Производство
формованного
кокса

дений только в нескольких известны промышленные запасы коксующихся углей. Из добытых в 2006 г. 70 млн т углей для коксования основную часть дал Кузбасс, более 15 млн т — Печора и Южная Якутия.

Дефицит коксующихся углей связан не только с определенной ограниченностью их запасов, но и с залеганием их на больших глубинах или в сложных горно-геологических условиях. Коксующиеся угли обычно слагают пласты небольшой мощности. Все это обуславливает высокую стоимость их добычи. Поэтому усилия коксохимиков сейчас направлены на разработку и внедрение в производство новых методов коксования низкосортных газовых углей, запасы которых на небольших глубинах весьма значительны. Наиболее эффективными оказались избирательное измельчение, пневмосепарация, частичное брикетирование, термическая подготовка шихты, что позволило до 40% увеличить производительность коксовых батарей.

Большие перспективы имеет процесс получения формованного кокса из недефицитных газовых углей (рис. 31).

Формование порошка угля под прессом (5 кг/см^2) производят при температуре 450°C , а полученную формовку коксуют при температуре 950°C . Строится промышленная установка производительностью 500 тыс. т в год на Алтайском коксохимическом заводе. В будущем в России будет выпускаться несколько миллионов тонн формованного кокса. Перспективно термоконтактное коксование угля в кипящем слое, применение кольцевой печи с движущимся подом и ряд других усовершенствований.

А долго ли вообще будет нужен кокс? Ведь сейчас разработаны методы прямого восстановления железа из руд, минуя доменный процесс. В нашей стране на Старо-Оскольском электрометаллургическом комбинате будут выплавлять железо без применения кокса, используя для этих целей водород. Казалось бы, эра кокса кончается и начинается эра бездоменного производства чугуна. Однако масштабы внедрения этого, несомненно, перспективного процесса в производство у нас пока ограничены, и в обозримой перспективе именно кокс еще долго будет служить основой производства чугуна и стали. Вот почему геологи должны в еще больших масштабах вести поиски и разведку коксующихся углей, как в уже освоенных бассейнах — Донецком, Кузнецком, Печорском, так и в но-

вых, еще слабо изученных бассейнах — Южно-Якутском, Таймырском, Зырянском, располагающих крупными запасами металлургического топлива.

Определенное значение имеет **полукоксование (швелевание)** — равномерный прогрев угля до 500–550 °С без доступа воздуха. В результате получается полукокс, газ и смола. Полукокс — это твердый углеродный остаток, характеризующийся высокой реакционной способностью, — отличное топливо для различного рода топок и газогенераторов. Полукокс из бурых углей обладает большой пористостью и часто используется в качестве адсорбента. Смола полукоксования — темно-коричневая или золотисто-красная жидкость, ближе по составу к нефти и является ценным сырьем для производства бензина, керосина, мазута, а также фенолов, из которых изготавливают пластмассы и краски. Для получения жидкого топлива смолу подвергают перегонке — разделению на фракции по температуре кипения. Газ полукоксования обычно используют как топливо. Много ценных веществ также содержит подсмольная вода. Ежегодно в России полукоксованию подвергается около 1 млн т преимущественно газовых и длиннопламенных углей и в перспективе его объемы будут расти.

Газ из угля. Давно известен и другой способ получения синтетического топлива из угля — газификация. При этом процессе, протекающем в газогенераторах различных систем, горючая часть угля полностью переходит в газ. Для газификации пригоден любой уголь, при условии разработки специальной технологии его рентабельной переработки. Обычно для этих целей используются угли зольностью до 30%, рабочей влажностью до 50% при содержании серы менее 2%, реже — более. Угли должны не спекаться, иметь повышенную механическую и термическую стойкость.

В России еще в 50-х годах работало 350 газогенераторных станций, дававших 15 млн куб. газа. Потом синтетическому газу стало трудно конкурировать с дешевым природным газом и производство его снизилось. В последние годы вновь возрос интерес к этому процессу, при котором могут использоваться низкосортные угли. В нашей стране разработана весьма перспективная опытно-промышленная парогазовая установка (ПГУ) мощностью 250 тыс. кВт с внутрицикловой газификацией твердого топлива. В ней используются два энергоносителя — пар и газ, соответственно в паровой и газовой турбинах. Большие перспективы имеет плазменная газификация, технология которой разработана в Московском энергетическом институте. Плазмотрон — это аппарат, в котором постоянно горит дуговой разряд, дающий температуру 10–20 тыс. град. В раскаленном газе (лучше всего в кислороде) сжигается угольная пыль и получается синтез-газ, состоящий из окиси углерода и водорода. Из этого газа с помощью катализаторов получают метан или бензин. Газогенераторы с кислородным дутьем могут перерабатывать в час 500–700 т угля. Применение плазмотронов на тепловых электростанциях также сулит большие выгоды — улучшается процесс сжигания угля, резко сокращается выброс в атмосферу вредной серы. В промышленных масштабах газ из угля производится в ФРГ, Чехии, Великобритании и ряде других стран.

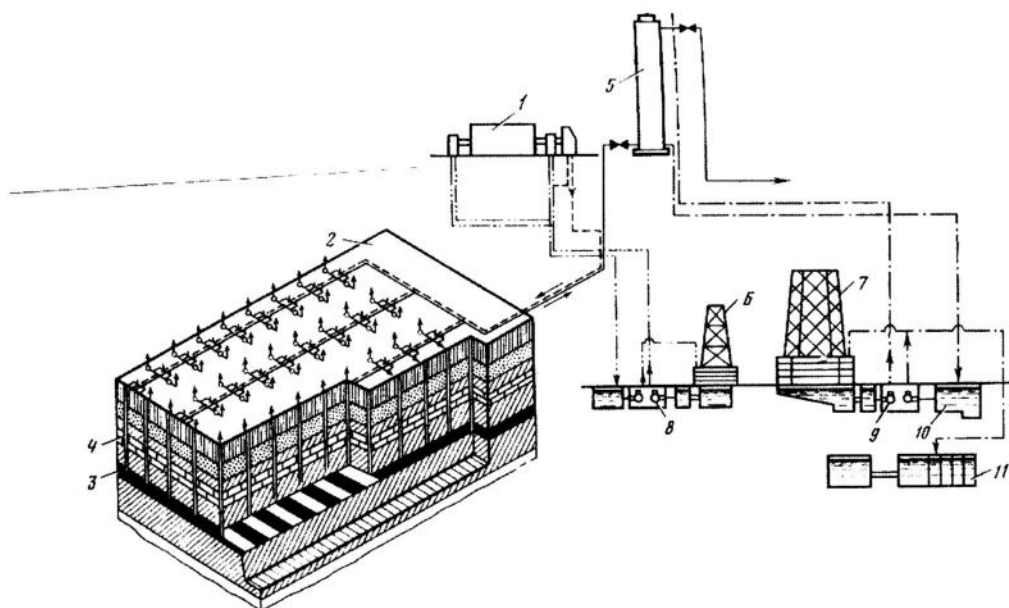


Рис. 32.
Технологическая
схема станции
подземгаз:
1 — воздуходувная
машина;
2 — подземный
газогенератор;
3 — угольный пласт;
4 — скважина
вскрытия;
5 — предварительная
очистка газа;
6 — вторичное
охлаждение и
очистка газа;
7 — охлаждение
условно чистой воды;
8, 9 — насосы;
10, 11 — отстойники

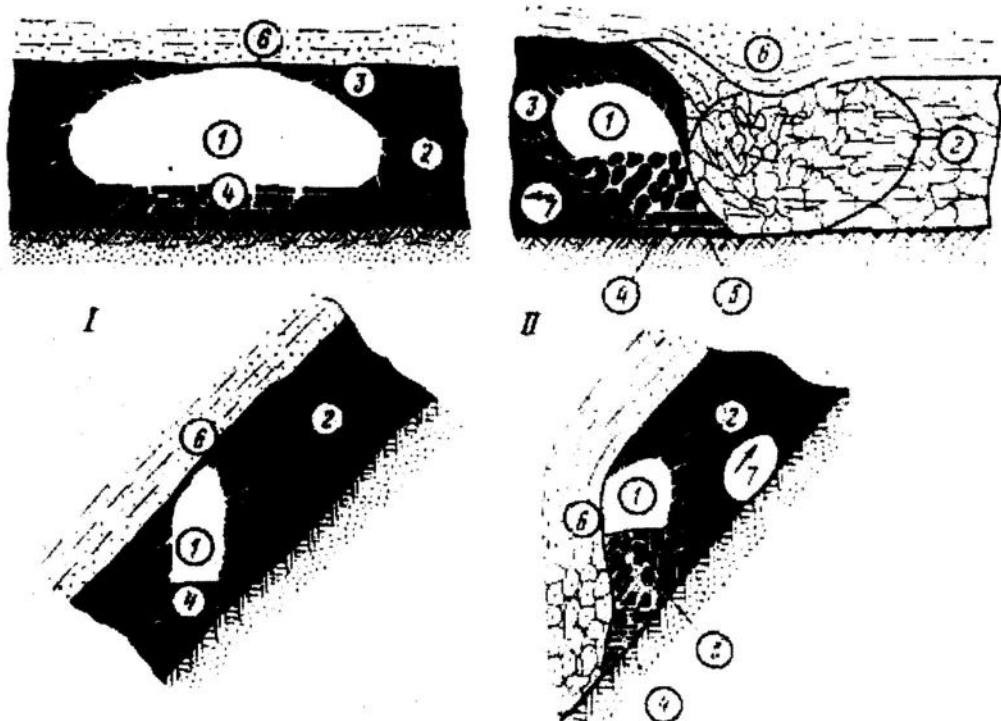


Рис. 33. Схема
подземной
газификации угля
методом потока:
I — начальная
стадия канала;
II — канал
в стадии
газификации
1 — канал;
2 — угольный
пласт;
3 — термически
подготовленный
уголь;
4 — шлак и зола;
5 — куски угля и
кокса;
6 — порода
кровли;
7 — направление
выгазовывания
угольного пласта

Кроме наземной практикуется также и подземная газификация угля (рис. 32).

Без малого сто лет назад Д. И. Менделеев писал: «Настанет, вероятно, такая эпоха, что угля из земли вынимать не будут, сумеют превратить в горючие газы и их по трубам будут распределять на большие расстояния».

Подземная газификация угля (ПГУ) является одновременно процессом получения горючего газа и методом разработки угольного пласта.

В 2008 г. исполнится 70 лет с начала первого практического применения ПГУ в России. Нашей стране принадлежит приоритет в разработке этой технологии. ПГУ осуществляется путем бурения вертикальных или наклонных скважин до угольного пласта, создания в пласте между скважинами реакционных каналов, в которых проходит процесс газификации путем нагнетания воздуха в одни скважины и отвода полученного газа через другие (рис. 33).

Для создания реакционных каналов применяется несколько способов. Огневая фильтрационная сбойка скважин осуществляется путем прожига в пласте канала. Это наиболее простой способ сбойки скважин. Гидравлический разрыв пласта производится нагнетанием в скважины воздуха или воды под большим давлением. Существует и электрическая сбойка скважин. В две соседние скважины опускаются электроды и подводится ток напряжением в несколько тысяч вольт. Уголь разогревается, растрескивается, после чего производится огневая обработка и расширение реакционного канала. В основе процесса ПГУ лежат реакции горения углерода, восстановление двуокиси углерода, разложения водяных паров и конверсии окиси углерода.

В России в разное время работали несколько станций «Подземгаз», например Подмосковная и Шатская в Подмосковном бассейне, Южно-Абинская в Кузбассе. Состав получаемого на этих станциях газа приведен в табл. 18.

Таблица 18

**Состав газа подземной газификации угля.
(«Энергетические ресурсы мира».
Труды XXVII сессии Международного
геологического конгресса. М., 1984)**

Станция «Подземгаз»	Выход газа, м ³ /кг	Теплота сгора- ния, МДж/кг	N ₂	CO ₂	H ₂	CO	CH ₄	O ₂	H ₂ S
Подмос- ковная	2,3	3,3	57,8	17,6	15,2	6,0	1,5	0,5	1,2
Южно- Абинская	4,2	4,2	56,4	13,7	14,9	11,8	2,7	0,2	0,02

Следует отметить, что после открытия в 1960–1970-х гг. большого количества крупных месторождений природного газа интерес к подземной газификации угля несколько снизился. Однако в последние годы он вновь возрос. Например, в России ведутся исследования по оценке перспектив применения ПГУ в Канско-Ачинском бассейне в зоне выклинивания мощных пластов угля. За рубежом начата разработка ряда проектов ПГУ. В ФРГ, Бельгии, Великобритании и Франции поставлена задача освоения ПГУ на глубине более 800 м, где отработка угольных пластов шахтным способом связана со многими трудностями. В США разрабатывается не-

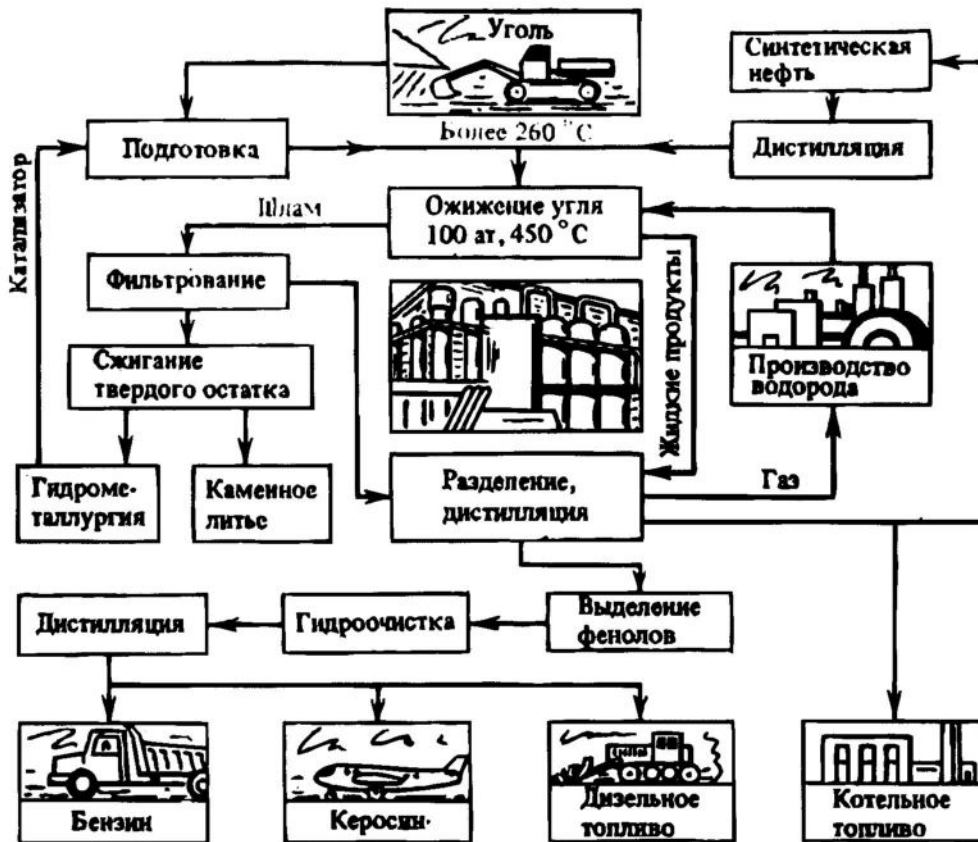


Рис. 34. Схема гидрогенизации угля

сколько проектов ПГУ. Одна из них предусматривает газификацию пласта мощностью 70 м на глубине 1000 м. При этом предполагается получить газ на 30% дешевле, чем при газификации угля на поверхности. Отметим факт покупки США в России технологии ПГУ и успешном ее применении на практике. У подземной газификации много достоинств. Не нарушается плодородный слой почвы, отпадает необходимость использования больших площадей для размещения надшахтных зданий и отвалов пустой породы, ликвидируется тяжелый труд шахтера, улучшается состояние воздушного бассейна, в продуктах сгорания газа ПГУ нет твердых частиц, окиси углерода и сернистого ангидрида. Но есть у этого способа и недостатки. Много трудностей представляет собой сбойка скважин и поддержание нормального процесса горения угля в пласте, низкая теплота сгорания газа и, соответственно, низкий коэффициент полезного действия процесса ПГУ.

Жидкий уголь. Одно из отличий ископаемого угля от нефти состоит в меньшем содержании в нем водорода — наиболее калорийного компонента топлива (4–6% в угле, 11–15% в нефти). Но если измельченный уголь насыщать водородом при высоких температурах (400 °C) и давлении 5–30 МПа, он почти полностью переходит в жидкое состояние — синтетическую нефть, которая мало отличается от природной (табл. 19, рис. 34).

Элементный состав угля и нефти, %

Сырье	Углерод	Водород	Сера
Нефть	84–87	11–15	0,1–4
Бурый уголь (Канско-Ачинский бассейн)	70–74	4,6–5,2	0,2–0,7
Каменный уголь (Кузнецкий бассейн)	80–84	5,4–5,7	0,3–0,6
«Угольная» нефть:			
из бурого угля	84–87	11–13	0,3–0,8
из каменного угля	84–87	11–13	0,3–0,9

В качестве источника водорода обычно используются остатки от перегонки нефти, а также «угольная» нефть, получаемая в процессе гидрогенизации угля. Для интенсификации реакции в камеру вводят элементарный водород.

В синтетической нефти, как правило, мало вредной серы; а основным недостатком природной нефти — как раз в повышенной сернистости. Использование катализаторов (молибден, кобальт, никель, алюминий и др.), ускоряющих молекулярную перестройку угля, значительно повышает производительность процесса, получившего название гидрогенизации. Наиболее выгодно гидрировать малозольные бурые, длиннопламенные и газовые угли. Важное условие — высокое содержание в угле витринита — блестящего компонента, который почти полностью переходит в жидкое состояние. Наиболее крупные запасы таких углей, исчисляемые десятками миллиардов тонн, сосредоточены в Канско-Ачинском, Кузнецком и Иркутском бассейнах. Жидкое топливо из угля можно получить и по другому принципу: сначала уголь газифицируют, а затем газ сжижают в присутствии катализаторов. Таким способом в ЮАР на трех заводах фирмы «Сасол» ежегодно производится несколько миллионов тонн «угольной нефти».

В России исследования в области гидрогенизации угля начались еще в 30-х годах прошлого века. В Подмосковье начала работать опытная установка по жидкофазной гидрогенизации угля производительностью 5 т угля в сутки. Кроме того, на базе Березовского месторождения Канско-Ачинского бассейна предполагалось соорудить установку СТ-75 суточной мощностью 75 т угля. Расход для получения 1 т нефти ориентировочно составит для бурого угля 5 т, для каменного — 2–3 т.

В последнее десятилетие процессам гидрогенизации угля уделяют внимание и за рубежом. В ФРГ действует опытно-промышленная установка по переработке 200 т угля в сутки с получением 29 т бензина, 69 т дизельного топлива, 18 т сжиженного газа. Предполагается довести мощность установки до 2500 т/сут. В Японии в 1990 г. была построена установка производительностью 250 т угля в сутки. В ЮАР дей-

твуют 3 завода мощностью 2, 5 и 12 млн т угля в год. В Австрии строится установка мощностью 59 т/сут. В КНР будет построена установка по гидрогенизации угля. В Индии действует стендовая установка производительностью 0,5 т/сут. В США действуют опытные установки мощностью 250–600 т/сут., строится демонстрационная установка мощностью 6000 т/сут. К 2020 г. в мире планируется производить десятки, а может быть, и сотни миллионов тонн «угольной нефти». Перспективность этого направления базируется на огромных ресурсах углей, пригодных для сжижения. Ведь «угольной нефти» можно получить много больше, чем природной.

Стоимость синтетической нефти из угля пока в полтора раза выше обычной, но, по оценкам специалистов, в начале XXI в. цены на них сравняются. Необходимость экономии ресурсов нефти, резкое удорожание стоимости ее добычи в труднодоступных районах севера, целесообразность использования ее в большой химии, быстрый рост потребления моторного топлива, авиакеросинов и автобензинов — все это определяет целесообразность расширения сырьевой базы производства жидких топлив за счет практически неисчерпаемых угольных ресурсов. В двадцать первом веке угольная нефть придет на смену нефти природной. Следует помнить, что еще в годы Второй мировой войны в мире работало 48 крупных заводов искусственного жидкого топлива, которые выпускали 7–8 млн т топлива. Германия покрывала за этот счет 75% потребности в жидком топливе и 100% в авиационном бензине. Танки генерала Гудериана в 1941 г. подошли к Москве на дизельном топливе из бурого угля. Впоследствии синтетическая нефть не смогла конкурировать с природной и выпуск ее был прекращен.

Уголь не вечно будет сжигаться в топках электростанций. Ведь это не лучший способ использования заключенных в нем углеводородов. В перспективе с развитием ядерной и термоядерной энергетики и ростом использования энергии Солнца, ветра, морских приливов, внутреннего тепла Земли, уголь, как и нефть, все в больших масштабах будет направляться на химическую переработку.

Новые направления использования угля. Сегодня развиваются новые направления использования угля. На его базе производят термоантрацит, карбиды кальция и кремния. Электроды из термоантрацита подводят ток в зону реакции для выплавки алюминия, легированных сталей, абразивов, при этом обеспечивается чистота и высокое качество получаемой продукции. Путем высокотемпературной обработки антрацита получают термографит, превосходящий по свойствам естественный графит. Из коксующихся углей и серной кислоты производят сульфуголь, успешно применяемый для очистки воды на электростанциях. Богатые гуминовыми кислотами бурые угли идут на изготовление стимуляторов роста растений и животных. Они значительно повышают урожайность растений и на 20% увеличивают привес скота. В России разработан метод

получения из угля сорбента для очистки крови от токсичных элементов. Этот препарат — «гемосорбит Суриновой» — широко применяется в медицинской практике.

Комплексное использование угля. О нем сейчас много говорят и пишут. Действительно, безотходное производство сулит большие выгоды во всех отраслях промышленности. И в горном деле тоже. Широкое использование не только главного для данного месторождения полезного ископаемого, но и всех сопутствующих рудных и нерудных компонентов — дело первостепенной важности. Практически все угольные месторождения являются комплексными и содержат те или иные полезные ископаемые: огнеупорные и керамические глины, каолины, бокситы, железные руды, строительные, бетонные, формовочные и стекольные пески, карбонатное сырье, горный воск.

Весьма ценными полезными ископаемыми являются известняки Подмосковского, горный воск Южно-Уральского бассейнов. Перечень таких объектов можно продолжить. Для них уже разработаны и частично внедрены методы извлечения и использования ценных компонентов. Как известно, весьма ценным сопутствующим полезным ископаемым является горный воск — сырье для литейной, электротехнической, автомобильной промышленности. Кроме того, он широко применяется для изготовления грампластинок, копировальной бумаги, смазочных масел.

Добыча и использование углей сопровождается накоплением огромного количества породы и шлаков. Ежегодное количество углеотходов составляет 1380 млн т, в том числе при добыче на шахтах — 222, на разрезах — 1140 и на обогатительных фабриках — 18, а количество зол и шлаков — десятки миллионов тонн. В разных бассейнах утилизируется от 50 до 100% углеотходов. Важно найти применение всем этим отходам угольного производства. Но далеко не все породы представляют собой полезное ископаемое, объемы получаемых отходов столь велики, что они не всегда находят потребителя. Кроме того, большинство отходов угольного производства обычно требует дополнительной подготовки и переработки.

Каковы же конкретные области применения этих отходов? Отходы угледобычи идут на строительство дорог и земляных сооружений, закладку выработанного пространства в шахтах и на разрезах, производство аглопорита, цемента, кремнеалюминиевых сплавов, абразивов, строительной керамики.

Отходы углеобогащения и золошлаковые отходы идут на производство пористых заполнителей, строительной керамики, цемента, каменного литья, абразивов, глинозема, минеральной воды, пемзы, используются в сельском хозяйстве для раскисления почв. Зольные уносы — один из основных источников получения германия — сырья для полупроводниковой промышленности. В настоящее время германий извлекается из углей

в промышленных масштабах. Известны способы получения из угля других металлов — галлия, молибдена, цинка, свинца.

На Урале сконструирована установка по производству из пород шахтных отвалов органоминеральных удобрений, содержащих кроме органической части также марганец, бор, медь — стимуляторы роста растений. В Кизеловском бассейне ежегодно производилось около 200 тыс. т таких удобрений. Применение их в совхозах Пермской области давало прибавку урожая зерновых в 3–4 ц/га.

В углях в сорбированном состоянии содержатся триллионы кубических метров газа, в основном метана. В одной тонне угля может находиться до 30 и более кубических метров газа. Много газа и во вмещающих угли породах. Сегодня шахтный метан — это большое зло. Подземные выбросы и взрывы газа доставляют шахтерам много неприятностей. Поэтому на особо загазованных месторождениях ведется предварительная откачка метана из псдр — дегазация. В России дегазация ведется на десятках шахтах. Более 10 млрд м³ газа выбрасывается в атмосферу, отравляя ее. Но ведь метан — неплохое топливо. Еще в годы Великой Отечественной войны многие шахтные котельные в Караганде снабжались попутным газом. Потом более калорийный природный газ вытеснил шахтный газ. Однако в последние годы во многих странах, в том числе и у нас, вновь возрос интерес к шахтному метану. Так, в Чехии и Великобритании утилизируется почти весь шахтный газ.

В настоящее время каптивированный газ — метан — утилизируется (до 50 млн м³ в год) на ряде шахт Печорского и Кузнецкого бассейнов и используется для топок сушильных установок на обогатительных фабриках. Это, конечно, мало. Но в перспективе утилизация попутного газа возрастет. Важно, что утилизация шахтного метана не только увеличивает топливные ресурсы, но и значительно уменьшает загрязнение атмосферы. Но откачиваемый из шахт газ обычно низкокалорийный. Для обогащения такого газа у нас разработан метод короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА). Большие перспективы имеет применение катализаторов.

Немаловажное значение имеет использование шахтных вод. За год из шахт и карьеров откачивается около 3 млрд м³ воды, но только 10% их идет на нужды технического водоснабжения. В то же время подземные воды во многих бассейнах пресные и с успехом могут найти применение в различных сферах, в первую очередь в сельском хозяйстве. Очень много пресной воды откачивается из шахт Подмоскownого и Челябинского бассейнов. Однако большинство сопутствующих полезных ископаемых используется в угольных бассейнах в весьма ограниченных масштабах. Особенно плохо утилизируется сырье, имеющее межотраслевое значение. Ведомственность добычи минерального сырья является главным камнем преткновения в деле рационального использования многокомпонентных

месторождений полезных ископаемых, ждут своего «звездного часа» миллионы тонн ценных полезных ископаемых, залегающих вместе с углем...

Элементы-примеси в углях. Использование элементов-примесей, заключенных в ископаемых углях, растет с каждым годом. К ним относятся химические элементы, распространение которых в ископаемых углях крайне мало. Несмотря на это, значение некоторых элементов (например, германия) чрезвычайно велико. Как известно, угли, являясь природным сорбентом, содержат в заметных количествах более 50 элементов таблицы Менделеева (табл. 20).

Таблица 20

Средние и максимальные концентрации элементов-примесей в ископаемых углях, г/т (по В. В. Середину, 2004)

Элемент	Уголь	Элемент	Уголь	Элемент	Уголь
Li	14,8 — 747	Zr	37 — 876	Dy	1,9 — 139
Be	2,1 — 330	Nb	2,2 — 300	Ho	0,35 — 31
B	63 — 9000	Mo	2,4 — 3200	Er	1 — 93
Sc	2,7 — 100	Ag	0,05 — 100	Tm	0,15 — 13,7
V	24,2 — 1292	C ^d	0,4 — 170	Yb	0,95 — 91
Cr	14,2 — 3200	Sn	1,1 — 570	Lu	0,14 — 30,2
Co	4,5 — 932	Sb	1,2 — 5800	Hf	1,2 — 45
Ni	10,2 — 3940	Cs	1,2 — 57	Ta	0,3 — 220
Cu	11,8 — 1500	Ba	130–22 000	W	2,4 — 1600
Zn	27,8 — 19 000	La	12 — 371	Re	До 0,001
Ga	6,5 — 198	Ce	21 — 700	Au	0,003 — 100
Ge	2,4 — 5566	Pr	2,4 — 65	Hg	0,15 — 1000
As	19,1 — 32 000	N ^d	9,5 — 230	Tl	0,5 — 420
Se	2,9 — 2900	Sm	1,7 — 60	Pb	12,8 — 1900
Rb	15,0 — 408	Eu	0,4 — 15,2	Th	3,8 — 500
Sr	103 — 2800	G ^d	1,8 — 113	U	2,2 — 14 000
Y	7,5 — 1160	Tb	0,3 — 21		

Одни элементы связаны с органическим веществом угля, другие — с минеральными компонентами. К промышленным отнесены 16 элементов: бром, ванадий, висмут, вольфрам, галлий, германий, золото, молибден, олово, платина, палладий, рений, свинец, серебро, скандий и цинк. Концентрация элементов-примесей в углях разных бассейнов различна.

Как элементы-примеси накапливаются в углях? Известны три основных пути:

— обогащение угленосных толщ элементами разрушаемых окрестных пород; они поступают в бассейны торфонакопления синхронно с органикой (сера, хром, никель, кобальт, ванадий, уран, торий и др.);

— принос ряда элементов глубинными горячими растворами и поствулканическими эманациями в ходе накопления осадков (германий, марганец, частично медь, свинец, цинк, висмут, молибден, кадмий, селен, теллур, таллий и др.);

— принос ряда элементов глубинными горячими растворами после накопления осадков (ртуть, сурьма, мышьяк, фтор, отчасти свинец, цинк, кадмий, галлий, селен, теллур, таллий, литий, бериллий).

Сегодня наибольший практический интерес представляют содержащиеся в углях германий и уран.

Германий. Среднее содержание в углях — 2,4, максимальное — 5566 г/т. Германий присутствует как в бурых (кондиции 10 г/т), так и в каменных, в основном коксующихся, углях, (кондиции 3 г/т). Германиеносны бурые угли Сахалина (Новиковское месторождение), Приморья (Павловское, Раковское, Шкотовское), Забайкалья (Тарбагатайское). Содержание германия в этих углях достигает сотен грамм и первых килограммов на тонну. Германий извлекается из золы ТЭС, сжигающих эти угли, а также из подсмольных вод и фусов (пыль) в процессе коксования углей.

Уран. Среднее содержание в углях — 2,2, максимальное — 14 000 г/т. Обычно концентрируется в кровле буроугольных пластов. Широко распространен на месторождениях Южного Урала, Забайкалья и Приморья.

В перспективе из углей могут извлекаться галлий, иттрий, скандий, вольфрам, серебро, литий, золото, платина.

Галлий. Среднее содержание в углях — 6,5, максимальное — 198 г/т. Повышенные его концентрации (40–50 г/т) известны в «глиноземистых» углях и породах Подмосковского бассейна.

Иттрий. Среднее содержание в углях — 7,5, максимальное — 1160 г/т. Повышенные концентрации известны в углях Кузнецкого бассейна и Приморья.

Скандий. Среднее содержание в углях — 2,7, максимальное — 100 г/т; в углях разных бассейнов — 0,5–14 г/т.

Вольфрам. Среднее содержание в углях — 2,4, максимальное — 1600 г/т. Парагенетически он связан с германием. В германий-угольных месторождениях содержание вольфрама достигает 100–300 г/т угля.

Серебро. Среднее содержание в углях составляет 0,05, максимальное 100 г/т. В углях Кузнецкого бассейна и ряда месторождений Забайкалья и Приморья оно составляет первые десятки г/т.

Литий. Среднее содержание в углях — 14,8, максимальное — 747 г/т.

Золото. Среднее содержание золота в углях — 0,003, максимальное — 100 (?) г/т. Повышенное содержание золота (0,5–17 г/т) отмечено в углях Донецкого (восток) бассейна, многих месторождений Забайкалья, Приамурья и Приморья.

Платина. Повышенное содержание платины обнаружено в углях месторождений Приморья (Ретиховское, 0,25 г/т, Шкотовское, 0,22 г/т), Забайкалья (Харанорское, 0,85 г/т), Таймырского бассейна, 0,8 г/т.

В более отдаленной перспективе определенный интерес могут представить содержащиеся в углях титан, висмут, ниобий, стронций.

Как извлекаются элементы-примеси из угля? Это производится несколькими способами:

- добыча и обогащение угля традиционными методами, включая селективную выемку наиболее обогащенной металлами части пласта;
- сжигание, коксование, газификация и другие методы переработки угля с побочным или специальным получением обогащенных элементами продуктов или отходов производства;
- переработка образующихся продуктов с переводом элементов в кондиционные концентраты;
- переработка концентратов в конечные виды промышленной продукции.

Поскольку металлоносные угли залегают локально, их добыча требует селективной отработки обогащенных участков, целесообразность этого должна быть обоснована специальными расчетами. Обогащение металлоносных углей производится обычными методами. Концентрация, например, германия в золе обогащенных углей увеличивается в 8–13 раз. Металлы могут концентрироваться как в концентратах, так и в отходах обогащения (хвостах). Нередко один и тот же элемент накапливается и в органической, и в минеральной частях. Кроме урана и германия технически возможно извлекать из угля галлий, литий, висмут, золото. Из отходов сжигания можно извлекать германий, литий, вольфрам, бериллий, серебро, золото, скандий, хром, галлий, иттрий, никель, ванадий, из продуктов коксования — германий, из газов при сжигании угля — германий, галлий, молибден, кадмий, цинк, свинец, бериллий, рений, кобальт. Наиболее освоенная в России технология получения германия предусматривает сжигание угля, пирометаллургический передел зольного уноса и химико-технологическую переработку германиевых концентратов до конечной продукции.

Различные технологии извлечения элементов-примесей из угля разрабатываются за рубежом. В Польше бактериальное выщелачивание шлаков от сжигания бурых углей позволило извлечь в среднем 53% титана, 60% бериллия, 80% меди, 65% марганца, 80% мышьяка, 54% ванадия, 73% галлия. По мнению различных специалистов, из золы ТЭЦ можно извлечь выщелачиванием до 50% золота. Из венгерских бурых и

каменных углей растворами кислот и щелочей извлекали ванадий, вольфрам, галлий, иттрий, скандий, цирконий, редкие земли.

Широкомасштабное использование элементов-примесей ископаемых углей позволит значительно повысить рентабельность угледобычи.



Как сберечь природу



Испокон веков человек черпает у природы средства своего существования — воду, пищу, строительные материалы, источники энергии. Причем с ростом населения нашей планеты и его потребностей в сырье, использование природных ресурсов растет очень высокими темпами. Достигшее колоссальных масштабов промышленное производство оставляет за собой миллионы гектаров вырубленных лесов, дымные шлейфы тепловых электростанций, черные конусы терриконов, огромные котлованы карьеров.

В процессе разработки угольных месторождений, перевозок и переработки угля происходит отчуждение больших земельных территорий, загрязнение воздушного и водных бассейнов, нарушение экологических условий. В настоящее время в отвалах карьеров и шахтных терриконах скопилось более 20 млрд м³ пород. Ими заняты 100 тыс. га земли. Только в Донбассе ежегодно выдается на-гора свыше 50 млн м³ породы, занимающей более 100 га плодородных земель. В последние годы много внимания стало уделяться рекультивации нарушенных земель, на что расходуются значительные средства. В Донецком бассейне ежегодно рекультивируется 500–700 га земли. Тысячи гектар уже переданы прежним землепользователям под сельскохозяйственные угодья и лесопосадки. Тридцать лет назад работники местного ботанического сада взялись за озеленение терриконов, которых здесь очень много. Многие из этих горящих, дымящих и пылящих гор вскоре покрылись зеленым ковром. В результате эксперимента выяснилось, что на старых терриконах лучше приживаются вяз, абрикос, черешня, а на молодых — различные травы.

Один из важных вопросов при эксплуатации угольных месторождений — охрана недр. При добыче по тем или иным причинам безвозвратно теряется пятая часть угля. Это в среднем. На карьерах потеря угля мало — 5–10%, а на шахтах значительно больше — до 50%. Сокращение потерь — большой резерв развития угледобычи в стране. Ведь 1% добычи — это более 3 млн т угля. Для снижения потерь угля во многих бассейнах ведутся большие исследования, совершенствуются системы разработки, в частности бесцеликовая, созданы добычные машины для подземной

разработки мощных пластов, вводятся в эксплуатацию тонкие пласты, которые ранее не отрабатывались. Созданы способы перехода тектонических нарушений механизированными комплексами без перемонтажа оборудования. Всемерное снижение потерь угля при добыче позволит увеличить срок службы шахт и разрезов и сократить расходы на разведку и освоение новых месторождений.

При перевозках угля автомобильным и железнодорожным транспортом теряются тысячи тонн угольной пыли, которая загрязняет окружающую среду. Для борьбы с этим уголь стали покрывать специальными эмульсиями, но пока этот способ применяется далеко не везде.

Однако главная опасность для природы кроется не в способе добычи и перевозки угля. Человечество наносит природе гораздо больший вред в процессе использования угля. Корень зла здесь кроется в отходах производства — газообразных, жидких и твердых. Наиболее вредными для окружающей среды продуктами сжигания угля являются углекислый газ, двуокись серы, окислы азота, углеводород и различные твердые частицы. Помимо этого в углях содержится ряд других токсичных элементов, таких как селен, ртуть, мышьяк, фтор, бериллий, которые при сжигании выбрасываются в атмосферу с топочными газами или остаются в золе. С углями ежегодно добывается более 12 млн т серы. Наиболее вредны в этом плане конденсационные электрические станции (КЭС), работающие на низкосортном топливе. Так, на станциях мощностью 2400 МВт при сжигании за 1 ч 1060 т донецкого угля из топок удаляется 34,5 т шлака. С электрофильтров, очищающих газы на 99%, — 193,5 т золы, а через трубы в атмосферу выбрасывается 10 млн м³ газов, содержащих помимо 9,34 т окислов азота, 2350 т двуокиси углерода, 251 т паров воды, 34 т двуокиси серы. Подобные выбросы представляют немалую опасность и для самого человека. Наиболее остро встает сейчас проблема борьбы с выбросами сернистого ангидрида, который, попав в атмосферу, возвращается на землю в виде кислотных дождей, выжигающих все живое. В районе Кутных Гор в Чехии на каменистых склонах стоят стволы сожженных кислотными дождями деревьев. Такие дожди приносят много вреда в ФРГ, Франции и некоторых других странах. Над проблемой улавливания выбросов соединений серы работают многие институты. Разработаны различные типы золоулавливателей, эффективность которых намечено поднять до 99–99,5%. Сейчас широко используются так называемые скрубберы — различные электрофильтры с применением осаждающих добавок, импульсного знакопеременного тока, ионизации газов.

Общий недостаток этих конструкций — большие размеры. На каждые 140 мВт мощности необходим скруббер диаметром 10 м и высотой 20 м. Стоимость такой установки — 50% от стоимости самой ТЭС, а эксплуатационные расходы примерно равны стоимости сжигаемого топлива. Наиболее простым и производительным здесь оказывается магнетогидро-

динамический генератор-надстройка к обычной паросиловой ТЭС. Повышая производительность электростанции на 10–15%, он улавливает 99,8% серы. Более того, этот процесс позволяет организовать производство товарной серы — ценного продукта для химической промышленности.

В Подмосковном бассейне, где сернистость углей очень высокая, внедряются специальные методы обогащения, позволяющие в два раза снизить содержание серы в угле и получить дополнительно тысячи тонн серного колчедана — ценного продукта для производства серной кислоты. Еще одним фактором вредного воздействия на окружающую среду является тепловое загрязнение атмосферы и водных бассейнов в результате сброса воды, охлаждающей агрегаты атомных и тепловых электростанций. Попадая в реки или озера, такая вода резко повышает нормальную температуру водоема, приводя к нарушению теплового баланса, что отрицательно сказывается на развитии биоценозов в водных бассейнах. Сейчас установлен предельно допустимый уровень прогрева вод — не более чем на 5 °С. Старый — прямоточный — метод охлаждения вод ТЭС заменяется «оборотным», в котором используют замкнутый цикл охлаждения, который, используя систему искусственных водоемов, не затрагивает естественные. Кроме того, горячую воду используют для обогрева жилых зданий, теплиц. Говоря о вреде, наносимом природе ТЭС, справедливости ради следует отметить, что это не самый страшный враг окружающей среды. Анализируя данные, приведенные в табл. 21, видно, что по количеству вредных выбросов ТЭС занимают предпоследнее место после моторизованного транспорта и промышленности.

Таблица 21

**Распределение вредных выбросов в окружающую среду
по отраслям промышленности США, млн т**

Источник загрязнения	CO ₂ мг	SO ₃ мг	Окислы азота	Углеводороды	Твердые частицы	Всего
Транспорт	66	1	6	12	1	86
Промышленность	2	9	2	4	6	23
ТЭС	1	12	3	1	3	20
Прочие	3	4	2	2	2	13
Итого	72	26	13	19	12	142

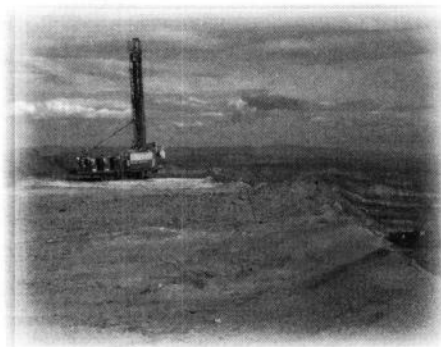
И еще. Кроме полезных, в углях встречаются и вредные — **токсичные элементы**, оказывающие негативное воздействие на организм человека. В России установлены следующие предельно допустимые их содержания (г/т): фтор — 500, мышьяк — 300, бериллий — 50, ртуть — 0,5, ванадий, кобальт, никель, хром — 100, свинец, цинк — 50, сурьма, кадмий, торий — 10. К вредным примесям также относятся селен, теллур,

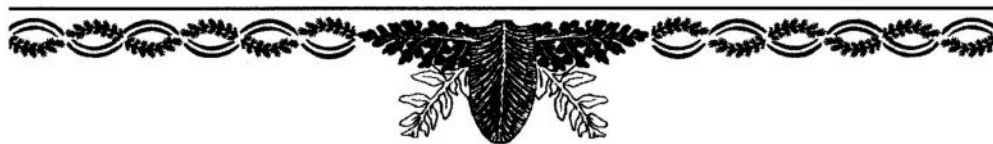
таллий, уран. В процессе добычи и сжигания угля происходит перераспределение элементов-примесей с четко выраженным накоплением их в отдельных продуктах. В отвалах пустых пород концентрируется основная масса пирита, содержащего, кроме того, многие токсичные элементы, которые при окислении попадают в водную систему, а при возгорании терриконов — в атмосферу. С отходящими газами угольных ТЭС, коксохимических батарей и др. выбрасываются в атмосферу более 60% летучих элементов-примесей, в том числе ртуть, мышьяк, фтор и др. Часть элементов накапливается в пылях газоочистных систем (ртуть, сурьма, мышьяк, галлий, кадмий, селен, теллур и др.). В процессе геологоразведочных работ необходимо особое внимание уделять не только полезным, но и вредным элементам, выявляя закономерности их распространения, определяя меры по их нейтрализации. В процессе добычи, переработки и использования углей необходим систематический контроль за содержанием токсичных элементов во всех продуктах добычи (отвалы, сточные воды, газы, уголь), хранения (терриконы, угольные склады) и сжигания (зола, отходящие газы, сточные воды, смоляные остатки, пыль) углей.

На охрану природы государство выделяет огромные средства, и лунные пейзажи многих угольных бассейнов вновь обретают земной облик. Однако масштабы этих работ еще недостаточны. Человек не должен забывать о судьбе воздушной среды, земных недр, окружающих его лесов, водоемов, их обитателей, да и своей собственной. К сожалению, перестройка промышленности на щадящий природу режим — процесс весьма длительный, поэтому дело защиты природы требует всемерного усиления работ по нейтрализации и использованию отходов производства во всех отраслях промышленности.



2. УГОЛЬНЫЕ БАССЕЙНЫ РОССИИ





Как мы уже знаем, Россия по ресурсам ископаемых углей занимает первое место в мире (см. рис. 1, прил. 1).

В России высококачественные угли Восточного Донбасса и Печоры удовлетворяют потребности европейской части страны, Кузбасс снабжает углем районы Сибири, Урала, Центра. Уголь с месторождений Бурятии, Якутии, Приморья идет на электростанции Дальнего Востока (см. рис. 2, прил. 1).

Угольные богатства страны открыты и разведаны многими поколениями геологов. В историю развития сырьевой базы нашей угольной промышленности золотыми буквами вписаны имена многих сотен геологов. Угольных богатств у нас много, но и забот с освоением этих богатств тоже немало. В одних бассейнах уголь залегает глубоко, в других — высоко в горах, в третьих — далеко от мест потребления. Давайте оценим значение и перспективы наших главных угольных бассейнов (табл. 22).

Таблица 22

Основные бассейны и месторождения России

Бассейн, район, месторождение	Возраст	Марка углей	Число рабочих пластов	Число пластов мощностью >3,5 м	Средняя суммарная мощность рабочих пластов, м	Балансовые запасы (A+B+C ₁)
Европейская часть, Урал						
<i>Вост. Донбасс</i> Шахтинский	C ₂	A	20	—	13	6577 1260
<i>Печорский</i> Воркутское Интинское	P _i	Ж, КЖ	20	1	28	8120 1145
	P _i	Д	11	—	15	2200
<i>Подмосковный</i> Сафоновское	C ₁	2Б	1—2	редко 1	2	3443 133
<i>Челябинский</i> Коркинский	T ₃	3Б	до 30	1—2	до 100	515 52

Бассейн, район, месторождение	Возраст	Марка углей	Число рабочих пластов	Число пластов мощностью >3,5 м	Средняя суммарная мощность рабочих пластов, м	Балансовые запасы (A+B+C ₁)
Западная и Восточная Сибирь						
Кузнецкий						55838
Ерунаковский	P ₂	Д-Г	49	до 5	97	25545
Ленинский	P ₂	Д, Г	35	до 10	182	18371
Кемеровский	C-P ₁	Ж-Т	32-41	2-3	55	2921
Прокопьевский	C-P ₁	Ж-Т	23	5-8	76	7088
Томь-Усинский	C-P ₁	К-Т	32-36	3-5	103	10527
Горловский	P	А	23	5	60	412
Минусинский	P	Д-Г	до 40	4	40	4941
Таймырский	P	Д-А	до 40	4	60	3
Канско-Ачинский						79904
Итатское	J ₁₋₂	2Б	6	1-3	70	11944
Березовское	J ₁₋₂	2Б	7	4	76	16652
Бородинское	J ₁₋₂	2Б	8	3	57	9943
Улугхемский						1058
Элегестское	J ₂	Ж	3	1	10	848
Иркутский						7694
Азейское	J ₁	ЗБ	2	1	7	363
Карандайское	J ₁	Д	6	1	14	3080
Черемховское	J ₁	Г	2	1	8	215
Забайкалье						5504
Апсатское	J ₂ , К	Ж-Т	9-19	6	21	250
Татауровское	K ₁	2Б	3	2	15-20	511
Харанорское	K ₁	2Б	13	6	до 50	1083
Южно-Якутский						4483
Чульмаканское	J 2,3	Ж-Т	11	—	15	810
Нерюнгринское	J3	2Б	7	2	36	295
Эльгинское	J3, К	2Б	17	5	60	2079
Тунгусский						2015
Кайерканское	P ₁₋₂	ОС-Т	14	1	22	200
Имангдинское	P ₁₋₂	Г-Ж	8	3	36	261
Кокуйское	P ₁	Д	5	1	68	923
Ленский						4952
Капгаласское и Хапчагайское	J3, К	2Б, 3Б	15	5	до 80	3499 428

Бассейн, район, месторождение	Возраст	Марка углей	Число рабочих пластов	Число пластов мощностью >3,5 м	Средняя суммарная мощность рабочих пластов, м	Балансовые запасы (A+B+C ₁)
Зырянский Буоркемюсское	К	Ж	3	3	14	79
Хабаровский край, Приморье, Сахалин						
Амуро-Зейский Райчихинское Ерковецкое	P-N P	2Б 2Б	3–6 1–9	1 1	11 12	3793 66 1226
Буреинский Ургальское	I-K	Г	20	4	50	1229 1200
Ханкайский Павловское Раковское	P-N	2Б	6–10	2–5	30	576 472 88
Раздольненский Липовецкое	К ₁	Д	3	1	5,7	73 58
Угловский Артемовское Шкотовское	P P	2Б,3Б 2Б,3Б	12 10–20	5 5	50 70	128 38 193
Бикино- Уссурийск Бикинское	P-N	2Б,3Б	до 30–35	до 25	до 125–175	1199
Сахалинский Мгачинское Бошняковское	N N	Г Д-Г	10 7	1 1	23 25	1861 95 116
Северо-Восток, Камчатка						
Омсулчанский Галимовское	К ₁	Т-А	2	2	12	413 1 6
Аркагалинский Аркагалинское	К2	Д	2–4	1–2	36	205 168
Анадырский Анадырское	P	3Б	до 11	2–3	29	90 87
Беринговский Бухты Угольной	P	Г	3	—	5	211 127
Охотский Ланковское	N	1Б	5	2	35	297 137
Камчатка Корфское Крутогорское	N N	3Б Д	3 10	3 3	14 21	109 11 96



Донецкий бассейн



На территории России (Ростовская обл.) находится лишь крайняя юго-восточная часть бассейна (около 20 тыс. км²). Прогнозные ресурсы угля — 14,7 млрд т, разведанные запасы — 6,6 млрд т, предварительно оцененные — 3,0 млрд т. Основных рабочих угольных пластов простого строения — 10, мощностью 0,6–2,0 м. Угли средnezольные (A^d 10–20%), сернистые (S_i^d 1–6%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 25–28 МДж/кг. Угли каменные и (в основном) антрациты. В Тацинском районе имеются высококачественные коксующиеся угли. Условия эксплуатации сложные — сильная нарушенность, большая глубина разработки, высокая газоносность. Добыча уникального антрацита (2008) 7 млн т.



Уголь под Москвой



Многим ли известно, что под нашей столицей есть уголь? И не так уж глубоко. Если на набережной Москвы-реки у Кремля пробурить скважину, то на глубине 300 м она встретит пласт бурого угля. Поблизости от Москвы — на Сходне и Истре — уголь уже обнаружен. Это пласт Подмосковского угольного бассейна, который занимает огромную площадь не только Московской, но и соседних областей. Прогнозные ресурсы угля — 2,3 млрд т, разведанные запасы — 3,4 млрд т, предварительно оцененные — 0,4 млрд т. Основной угольный пласт мощностью 1–4 м почти горизонтально залегает на небольшой глубине — до 150 м. Правда, качество угля невысокое — в нем много золы, влаги, иногда серы. Но расположен бассейн в центре огромного промышленного района и поэтому интенсивно, хотя и неравномерно во времени, осваивается. Десятки шахт и четыре разреза в послевоенные годы давали до 50 млн т угля. В настоящее время добыча угля снизилась до 0,4 млн т, хотя начата активная подготовка к расширению угледобычи.

В перспективе добыча угля будет вестись как в наиболее освоенном Тульском промышленном районе, так и в западных районах, например Калужском. Надо возобновить поиски угля и в Смоленской области. Все новые месторождения сильно обводнены, что осложнит и удорожит их разработку. Однако использование пресных подземных вод, откачиваемых из шахт для водоснабжения городов и орошения сельскохозяйствен-

ных угодий, значительно повысит рентабельность шахт. «Узкие» места в развитии бассейна — большая сернистость углей, сильная обводненность шахтных полей, расположение многих месторождений под лесами первой категории и заповедными зонами (уголь есть и под Бородином, Куликовым полем, Ясной Поляной). Подмосковский бассейн еще долгие годы будет обеспечивать топливом прилегающие районы страны, в которых нет других крупных топливных источников.



В краю северного сияния



В Заполярье вблизи берегов Северного Ледовитого океана геологи открыли крупнейшие угольные бассейны — Печорский и Таймырский с многомиллиардными запасами коксующихся и энергетических углей. Уголь обнаружен и добывается даже на далеком Шницбергене. Есть уголь на Земле Франца-Иосифа и многих других островах. Трудно поверить, что здесь, в краю вечной мерзлоты, 300 млн лет назад был теплый климат с пышной растительностью. А все дело в том, что земная ось меняет свой наклон, и полюса постоянно перемещаются. В те далекие времена северный полюс находился у берегов Японии, а в районе Ледовитого океана были субтропики.

Печорский бассейн. Подлетая к Воркуте — центру Печорского бассейна и глядя на огромную, почти лишенную растительности безбрежную тундру с бесчисленными озерами, реками и ручьями, трудно предположить, что под крылом самолета простирается самый крупный в европейской части страны угольный бассейн, равный двум Донбассам! Начало развития бассейна относится к тридцатым годам, а уже в годы войны на Воркутинском и Интинском месторождениях работало более 20 шахт. Угли средне- и высокочольные, мало- и высокосернистые, с высокой теплотой сгорания. Всех марок от бурых до антрацитов. Прогнозные ресурсы угля — 176 млрд т, разведанные запасы — 8,1 млрд т, предварительно оцененные — 0,4 млрд т. Большое число угольных пластов, высокое качество каменных углей, обычно благоприятные условия разработки способствовали быстрому развитию угледобычи. Здесь добывается 13 млн т угля (максимально добывалось до 30 млн т в год). Сегодня Печора — основной поставщик коксующихся и энергетических углей в северные и центральные районы европейской части России. Печорский уголь обеспечивает и экспортные поставки в скандинавские страны, объем которых может быть значительно увеличен. Запасы углей бассейна дают возможность увеличить добычу угля в значительно больших масштабах. Есть у бассейна и свои заботы. В нем ограничены ресурсы малозольных коксующихся

углей дефицитных марок, но очень много коксующихся углей повышенной зольности. К примеру, на основном Воркутинском месторождении запасы малозольных углей равны всего 500 млн т, а более зольных углей интинской свиты — в два раза больше. Эти запасы можно отработать с действующих шахт после их небольшой реконструкции. Поэтому нужно форсировать изучение и освоение углей интинской свиты. Аналогичные по качеству карагандинские угли уже давно используются для коксования. Правда, для доведения этих углей до нужных кондиций потребуются дополнительно увеличить мощность обогащательных фабрик. Но сооружение таких фабрик обойдется в несколько раз дешевле строительства шахт в необжитых районах, например на Усинском месторождении в 100 км от Воркуты. Задача геологов — найти и изучить участки с более спокойными условиями залегания угольных пластов. Вторая проблема — резкое увеличение объема разведок участков с высококалорийными энергетическими углями на Сейдинском, Паэмбойском и других месторождениях.

Таймырский бассейн. Изучен очень слабо и не освоен. Он протянулся вдоль одноименного полуострова на 1000 км. Прогнозные ресурсы угля — 82,6 млрд т, разведанные запасы — 0,003 млрд т, предварительно оцененные — 0,086 млрд т. Ресурсы коксующегося угля — 32 млрд т. Почти все месторождения открыты по берегам рек, где в обрывах на фоне серых глинистых пород четко выделяются темные пласты «сажи» — выветрелого угля. Десятки таких пластов обнаружили геологи под руководством старого поисковика Б. А. Андросова по р. Сырадасай на западном Таймыре. Пробурены первые скважины, подтвердившие высокое качество коксующегося угля. Также перспективны Черноярское и Озерное месторождения на востоке полуострова, где вскрыто много мощных пластов угля. Есть на Таймыре и месторождения антрацита и графита (месторождения Чедырамотское и Сэрэген). Серьезное изучение Таймыра — задача будущего. Впереди много новых открытий. Ведь недра Таймыра таят не только уголь, но и руды цветных и благородных металлов.



Уголь под Камой



Многие ли знают, что в Татарии, Башкирии и Удмуртии кроме богатейших залежей нефти и газа есть еще и залежи каменного угля. Это — Камский угольный бассейн (прогнозные ресурсы угля — 12,5 млрд т). Угольные пласты мощностью от 1 до 30 м залегают на глубине порядка 800–1200 м. Угли средnezольные, сернистые, с высокой теплотой сгорания. Бассейн изучен крайне слабо. В перспективе здесь может быть применена подземная газификация угля.

Уральские проблемы

Урал сравнительно с основными бассейнами небогат углями, которые сосредоточены в недрах Челябинского (прогнозные ресурсы угля — 0,05 млрд т, разведанные запасы — 0,18 млрд т, предварительно оцененные — 0,04 млрд т.), Южно-Уральского (прогнозные ресурсы угля — 0,2 млрд т, разведанные запасы — 1,0 млрд т.) бассейнов, Кизеловского месторождения (прогнозные ресурсы угля — 0,05 млрд т, разведанные запасы — 0,18 млрд т, предварительно оцененные — 0,04 млрд т). Большую часть его территории составляют древние безугольные породы, а известные месторождения угля обычно не крупные или сложного строения. Но в годы войны, когда Донбасс был оккупирован фашистами, а Кузбасс, Печора и Караганда еще только набирали силу, шахтеры Урала обеспечивали значительную часть союзной угледобычи. Шли годы. Завершилась разработка Кизеловского бассейна, снизилась добыча в Челябинском, где уже в значительной мере отработаны запасы знаменитого Коркинского разреза с его двухсотметровым угольным пластом. А потребность в угле растет. Сегодня десятки миллионов тонн угля доставляются на Урал из Кузбасса, Караганды и Экибастуза, на что затрачиваются десятки миллиардов рублей. В перспективе потребность в угле удвоится.

Конечно, ликвидировать дефицит в топливе своими силами уральцы не смогут — слишком много надо угля Уралу — одному из наиболее развитых районов страны. Но снизить этот дефицит, дать старым бассейнам вторую жизнь, открыть новые месторождения, пусть не очень крупные, но здесь, на месте, а не за тридевять земель — дело вполне реальное. Для этого есть несколько путей. Геологи и проектировщики должны переоценить перспективы ранее забракованных по разным причинам участков в освоенных бассейнах, разведать их и передать промышленности. Это касается севера Челябинского бассейна (Сугояк), месторождений Южно-Уральского бассейна. Надо шире распространить положительный опыт объединения «Вахрушевуголь» по отработке забалансовых углей. На Богословском месторождении было добыто 10 млн т таких углей и значительно продлена «жизнь» месторождения.

На северном Урале известны месторождения дефицитных антрацитов, но строение их столь сложное, что кажется, будто уголь с породой пропущен сквозь гигантскую мясорубку. Эти месторождения содержат сотни миллионов тонн антрацитов и могут быть отработаны карьерами с обязательным обогащением добытой горной массы. Но пока неясно, насколько рентабельной будет их разработка, будет ли обеспечено требуемое качество угля. На эти вопросы должны ответить проектировщики.

И последний путь — искать месторождения, захороненные под надвигами древних пород. Много миллионов лет назад горообразовательные процессы привели в движение огромные массы пород, которые перекрывали более молодые, нередко угленосные отложения, надежно упрятывая их под бронированным панцирем. Уральские геологи должны попытаться найти «слепые» залежи угля. Для этого в их распоряжении палеотектонические карты, комплекс высокоточных геофизических методов, буровая техника. Такие залежи предполагаются в районе действующего Волчанского карьера, на Буланашском месторождении. Если прогноз уральских геологов подтвердится, будут выявлены новые угленосные площади. На угольной ниве Урала много лет трудится геолог О. В. Жуков, в котором глубокие знания благоприятно сочетаются с безудержной фантазией. Именно он, этот «уральский Циолковский», пропагандирует поиски погребенных залежей угля. Помочь Уралу может и должна Печора.

Таковы пути решения топливной проблемы Урала, пути сложные, требующие совместных усилий геологов, экономистов, проектировщиков и эксплуатационников. Но решать эти проблемы надо, и чем скорее, тем лучше.



Западно-Сибирский гигант



Два десятка лет назад об этом уникальном создании природы как об угольном гиганте не могло быть и речи. Испокоп веков это был только уникальный нефтегазоносный бассейн с многомиллиардными запасами нефти и многотриллионными запасами природного газа. И вот, в конце XX в., геологи расшифровали каротажные материалы тысяч глубоких скважин, пробуренных без отбора керна, и убедились в наличии в недрах Западной Сибири не только залежей нефти и газа, но и десятков угольных пластов мощностью от десятков сантиметров до 10 и более метров. Они оценили ресурсы этих углей до глубины 4 км в астрономическую цифру — 25 трлн т, почти в два раза превышающую официальные мировые ресурсы углей (15 трлн т)! Эти угли, наряду с рассеянным органическим веществом, генерировали жидкие и газообразные углеводороды, которые образовали многочисленные месторождения нефти и газа. Сегодня, когда рядом находится Кузнецкий, Канско-Ачинский и другие бассейны, западно-сибирские угли не востребованы. Когда же истощатся запасы нефти и газа, быть может, люди станут уголь добывать из скважин, дробя его под

землей мощными насосами (такие опыты в мире уже производятся), или производить подземную газификацию углей.

Сибирский богатырь

Кузбасс по праву считается главным угольным бассейном Сибири. Прогнозные ресурсы угля — 417,2 млрд т, разведанные запасы — 55,8 млрд т, предварительно оцененные — 16,4 млрд т. Запасы коксующихся углей — 29 млрд т. Десятки угольных пластов мощностью до 20 м, благоприятные горно-геологические условия — все это обеспечило интенсивное освоение угольных богатств и быстрый рост добычи угля с 63 млн т в 1960 г. до 186 млн т в 2008 г., в том числе 110 млн т прогрессивным открытым способом. В перспективе добыча угля в бассейне будет удвоена, а при необходимости и утроена. Запасы здесь полностью обеспечивают намечаемые темпы развития угледобычи. Кузнецкий бассейн стал основой Урало-Кузнецкой металлургической базы, крупнейшим за Уральским хребтом центром металлургии. География потребления кузнецких углей весьма обширна. Только третья часть добытых углей используется на месте, остальные направляются на Урал и в европейскую часть страны. Высокое качество, дешевизна добычи и хорошая транспортабельность делают их конкурентоспособными даже при доставке в Донецкий бассейн. У Кузбасса есть и свои проблемы. Нужно резко усилить поиски и освоение площадей с коксующимися углями дефицитных марок. Эти угли развиты на юге и крайнем севере бассейна, где и следует сконцентрировать силы углераз-



Кузбасс.
Угольный карьер

ведчиков. Многие угленосные площади в Кузбассе застроены, запасы угля под городами оцениваются в несколько миллиардов тонн. Расконсервация этих запасов, вовлечение их в обработку имеет огромное значение. Особенно много ценных коксующихся углей оказалось под Прокопьевском и Киселевском. Для этих городов выделены новые безугольные площади, которые успешно застраиваются. У Кузбасса большое будущее. Взят курс на создание угледобывающих предприятий разной мощности с комплексной механизацией и автоматизацией работ от проходки подготовительных выработок до отгрузки угля потребителю. В перспективе преимущественное развитие получит открытый способ обработки, на долю которого будет приходиться большая часть добычи. Строятся новые современные углеразрезы, производительностью до 20 млн т угля в год. Первенец — разрез Талдинский — разрабатывает крупное многопластовое месторождение малозольных длиннопламенных углей, которые могут использоваться и как высококалорийное энергетическое топливо, и как отличное сырье для получения синтетического жидкого топлива.



На самом юге Сибири



К востоку от Кузнецкого бассейна расположен *Минусинский бассейн*, в недрах которого заключены высококачественные энергетические угли. Прогнозные ресурсы угля — 15 млрд т, разведанные запасы — 4,9 млрд т, предварительно оцененные — 0,4 млрд т. Несколько шахт и разрезов на Черногорском и Изыхском месторождениях дают в год более 7 млн т угля. Наиболее изучена и освоена южная часть бассейна. Вся же его северная половина, вплоть до Белозерского месторождения, изучена очень слабо и здесь не исключена возможность открытия новых месторождений.

На самом юге Сибири в Тувинской республике высоко в горах находится *Улугхемский бассейн*. Прогнозные ресурсы угля — 14,5 млрд т, разведанные запасы — 1,1 млрд т. Основные запасы заключены в пласте мощностью 4–10 м. Уголь очень высокого качества, пригоден как для коксования, так и для получения синтетического жидкого топлива. На Каахемском месторождении работает небольшой разрез, дающий около 1 млн т угля в год. Наиболее перспективны Эрбекское, Элегестское и Межегейское месторождения. У южной окраины бассейна есть два почти не изученных месторождения — Онкажинское и Актаьское, в которых мощные пласты палеозойских каменных углей пригодны для открытой разработки. Их надо быстро разведать, что резко увеличит потенциал бассейна в целом.

У бассейна есть один крупный недостаток, который пока ему мешает сделаться поставщиком коксующихся углей для металлургических заводов. Дело в том, что он отстоит от ближайшей железнодорожной станции на 450 км. Есть основания полагать, что такая дорога в ближайшее время будет построена и бассейн начнет интенсивно развиваться.



КАТЭК



Если посмотреть на геологическую карту нашей страны, на которой цветом показан возраст горных пород, нетрудно заметить ярко-голубую полосу, простирающуюся от Кузбасса до Красноярска и далее на восток. Это юрские угленосные отложения Канско-Ачинского бассейна. Угольные пласты мощностью 30–50 и даже 100 м залегают здесь неглубоко, их можно разрабатывать дешевым открытым способом. На базе этих углей формируется самый крупный в России топливно-энергетический комплекс — Канско-Ачинский, сокращенно КАТЭК. Прогнозные ресурсы угля — 327,3 млрд т, разведанные запасы — 79,9 млрд т, предварительно оцененные — 38,7 млрд т. Малозольный в основном бурый уголь залегают в недрах двух десятков месторождений, более 140 млрд т пригодны для открытой разработки. Пока работают три углеразреза — Назаровский, Березовский и Ирша-Бородинский, дающие более 40 млн т в год, а в перспективе добычу угля намечено значительно увеличить. Большая мощность пластов, низкая зольность и малая сернистость угля, расположение основных месторождений вдоль Транссибирской магистрали — все это определило роль Канско-Ачинского бассейна как крупнейшей топливной базы страны. Первенцем КАТЭКа стал Березовский разрез. Он обеспечивает топливом крупнейшую Березовскую ГРЭС. Затем предполагается построить Ирша-Бородинский № 2, Урюпский и два Итатских разрезов. Канско-Ачинский уголь — один из самых дешевых в стране. Это обеспечено благоприятными геологическими условиями и широким применением мощных шагающих драглайнов, роторных экскаваторов, конвейерных линий, которые связывают угольные забой с тепловыми электростанциями и другими потребителями.

Как и во всяком большом деле, у КАТЭКа есть и свои узкие места. Канско-Ачинские угли содержат много влаги, смерзаются в зимнее время, имеют, сравнительно с каменными углями, низкую калорийность, склонны к самовозгоранию и поэтому мало пригодны для длительного хранения и дальних перевозок. Для увеличения радиуса перевозок требуется строительство специальных предприятий по переработке и облагораживанию угля и получению транспортабельных видов топлива как твердого (термоуголь), так и жидкого. Требуется решения проблема пере-

дачи огромных количеств электроэнергии на Урал и в европейскую часть страны. Предстоит серьезная разработка вопросов, связанных с охраной окружающей среды. Огромных затрат потребует рекультивация нарушенных карьерами сельскохозяйственных угодий.

Кроме углей юрского возраста, на юге бассейна (Белозерское месторождение) вскрыты палеозойские коксующиеся угли — аналоги углей Кузбасса. Их изучение — задача ближайшего будущего.



Иркутские угли



Немало высококачественных бурых и каменных углей известны в Иркутском бассейне, который представляет собой юго-восточное продолжение Канско-Ачинского бассейна. Прогнозные ресурсы угля — 13,5 млрд т, разведанные запасы — 7,7 млрд т, предварительно оцененные — 4,6 млрд т. На Черемховском и Азейском месторождениях добывается более 10 млн т угля. Бассейн имеет большие перспективы для развития добычи высококалорийных энергетических углей. Геологи разведали еще несколько крупных месторождений — Мугунское, Ипидейское, Вознесенское, пригодные для разработки эффективным открытым способом. Есть в бассейне и месторождения коксующихся углей (Новометелкинское), но содержат они много вредной серы, что снижает перспективы их использования.



Спящие гиганты



Они действительно спящие, эти гиганты — Тунгусский и Ленский бассейны, крупнейшие в мире. Их многомиллиардные запасы угля почти не тронуты человеком.

Прогнозные ресурсы *Тунгусского бассейна* — 1454 млрд т, разведанные запасы — 2,0 млрд т, предварительно оцененные — 2,5 млрд т. На севере бассейна в Норильском районе действует одна небольшая шахта. На юге, около Усть-Илима, разведаны Жеронское и Зелендинское месторождения каменных углей, пригодных для открытой разработки. Здесь также перспективно Котуйское месторождение с угольным пластом мощностью до 60 м. Бич Тунгусского бассейна — траппы. Это — огромные тела магматических пород, которые некогда вторглись в угленосную

толщ. Местами они «поджарили» уголь, да так сильно, что он потерял многие ценные свойства, например коксуюемость.

В *Ленском бассейне* (прогнозные ресурсы — 867 млрд т, разведанные запасы — 5,0 млрд т, предварительно оцененные — 1,8 млрд т) работает Кангаласский разрез, шахты Джебарики-Хая и Сангарская. У Кангаласа и находящегося рядом крупного Хапчагайского месторождения — большое будущее. Залог тому — многомиллиардные запасы малозольного бурого угля. С приходом в Якутск новой железнодорожной магистрали высококачественный кангаласский уголь пойдет на юг — в районы Дальнего Востока, остро нуждающиеся в топливе.

Тунгусский и Ленский бассейны — бассейны XXI и следующих веков. Они изучены явно недостаточно, много «белых пятен». Однако, чтобы реально определить их перспективы и возможности, геологи уже сейчас должны начать работы в наиболее перспективных районах. Добрыми помощниками геологов в этом большом деле являются космонавты. Космические снимки позволяют по-новому взглянуть на необъятные просторы этих территорий, расшифровать геологические структуры, выделить наиболее перспективные из них.



Угли за Байкалом



В Забайкалье на территории Читинской области и Бурятии известно довольно много месторождений углей, половина из них бурые, половина каменные. Прогнозные ресурсы — 1,8 млрд т, разведанные запасы — 5,5 млрд т, предварительно оцененные — 0,5 млрд т. Большая часть из них разрабатывается открытым способом (добыча более 9 млн т в год), наиболее крупные месторождения с мощными пластами бурых и каменных углей — Харанорское и Гусиноозерское. Перспективно Апсатское месторождение с несколькими пластами коксующихся углей (1 млрд т), пригодными для открытой и штольной разработки.



Вдоль трассы БАМ



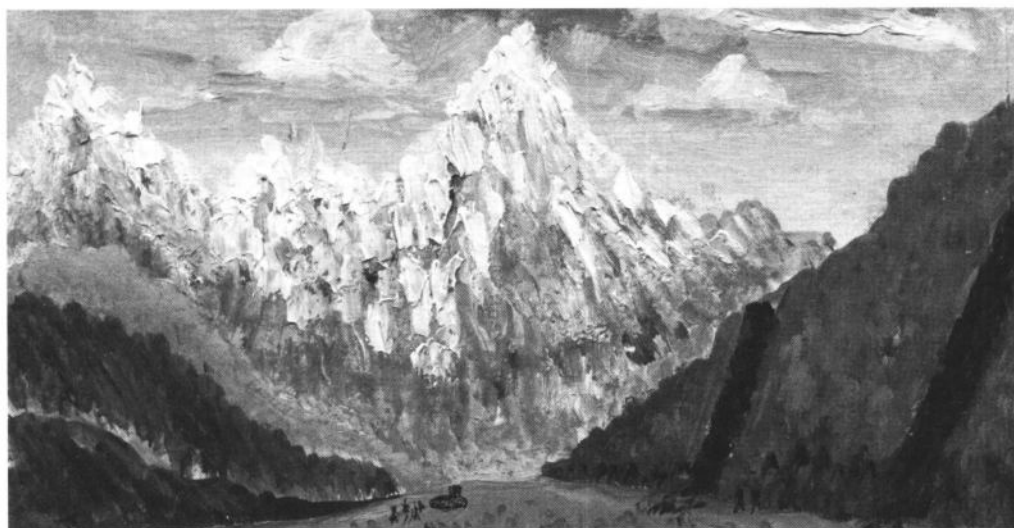
В наши дни на Дальнем Востоке продолжает формироваться крупнейший Южно-Якутский территориально-производственный комплекс. Основа комплекса: Нерюнгринский углеразрез, дающий 10 млн т коксующегося угля в год, одна из крупнейших в стране обогатительная фабрика,

новая ГРЭС. Но Нерюнгринское месторождение — это только небольшая часть *Южно-Якутского бассейна*. Прогнозные ресурсы угля в бассейне — 46,5 т, разведанные запасы — 4,5 млрд т, предварительно оцененные — 2,8 млрд т. Угли в основном коксующиеся. В Алдано-Чульманском районе подготовлены к освоению еще два месторождения: Чульмаканское и Денисовское с запасами в сотни миллионов тонн. Следует иметь в виду, что все месторождения, кроме Нерюнгринского, здесь заключают пласты небольшой мощности. Они залегают довольно глубоко и пригодны только для дорогой подземной отработки. В этом их существенный недостаток. В перспективе с завершением строительства Нерюнгринского разреза высвободится большое количество специфической карьерной техники, которая не может применяться при строительстве шахт. Поэтому главной задачей южнокутских геологов являются поиски и разведка месторождений, пригодных для открытой разработки.

Самый перспективный, но пока еще слабо изученный крайний восточный угленосный район — *Токинский* (который следует выделять в самостоятельный бассейн с 20 млрд т угля). Первые поисковые скважины обнаружили на Эльгинском месторождении в нескольких мощных (до 20 м) пластах свыше 2,5 млрд т коксующегося угля — в восемь раз больше, чем на Нерюнгри! Здесь можно будет ежегодно добывать по 20 млн т коксующего угля в течение ста лет! В короткий срок оно было разведано, начато его освоение (компания «Мечел»). Рядом находятся другие месторождения. И это только начало! Токинский район отстоит от бамовской станции Улак на 315 км и на 400 км от берегов Тихого океана. Бассейн должен быть освоен, и тогда он станет для Дальнего Востока тем, чем для западных районов страны является Донбасс, а для центральных — Кузбасс. Район богат и другими полезными ископаемыми, что увеличивает его значение.

Строительство БАМа приблизило к людям не только уголь Южной Якутии. Много других месторождений солнечного камня найдено в зоне влияния БАМа. Это уже упоминавшееся Апсатское месторождение в Читинской области, открытое рядом с медным гигантом Удоканом. Это совсем еще неизученная Депская угленосная площадь, где первые находки каменных углей сулят большие перспективы. Это Ерковецкое месторождение, которое пришло на смену знаменитой Райчихе, долгие годы снабжавшей дешевым углем окрестные территории.

Главным бамовским бассейном, после Южно-Якутского, является, конечно, *Буреинский бассейн*. Прогнозные ресурсы угля — 9,6 млрд т, разведанные запасы — 1,2 млрд т, предварительно оцененные — 0,8 млрд т. Добыча угля около 1 млн т в год. Почти на всех дальневосточных месторождениях угли бурые, низкокалорийные, с большим содержанием влаги, их нельзя перевозить на большие расстояния. А угли Ургала — основного месторождения Буреинского бассейна — высококалорийные каменные, которые выдерживают перевозку даже на Камчатку и Чукотку. Горно-гео-



Апсатское
угольное
месторождение.
Забайкалье.
Картина
М. В. Голицына

логические условия на месторождениях идеальные, каких нет ни в Донбассе, ни в Кузбассе. Угольные пласты здесь вытянуты «под линейку», нет тектонических разрывов, так мешающих разработке месторождений, огромны запасы угля. Главная задача геологов — скорейшая разведка участков в южной половине бассейна, поиски площадей с малозольными углями.

У самого Тихого океана

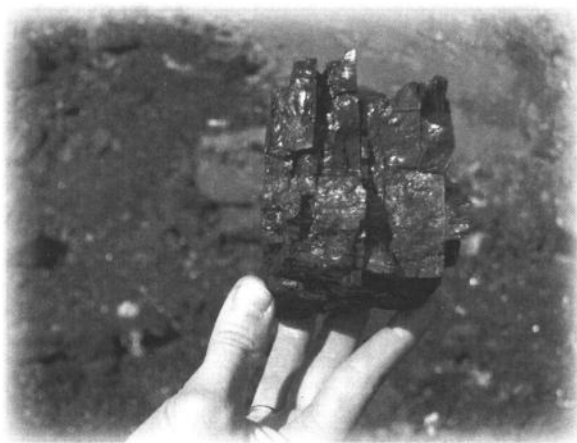
По берегам Тихого океана много месторождений самых молодых ископаемых углей — палеогеновых и неогеновых. Им «всего» 30–50 млн лет, они в десять раз моложе самых древних — девонских — углей. Поэтому, за малым исключением, угли в них бурые с большим содержанием влаги и низкой теплотой сгорания. Угольные месторождения есть в Приморье, на Сахалине, Камчатке и Чукотке, но они обычно небольшие.

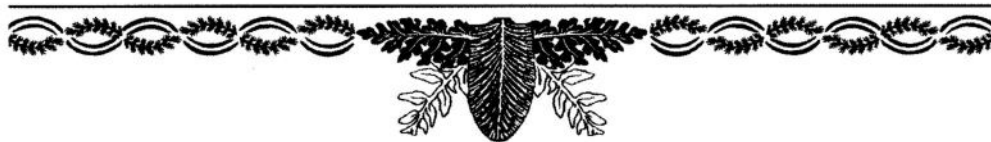
В Приморье наиболее известны два бассейна: *Партизанский* (прогнозные ресурсы угля в бассейне — 1 млрд т, разведанные запасы — 0,1 млрд т, предварительно оцененные — 0,2 млрд т) и *Раздольненский* (прогнозные ресурсы угля — 0,6 млрд т, разведанные запасы — 0,1 млрд т, предварительно оцененные — 0,2 млрд т) и несколько месторождений. В последнем бассейне известны замечательной красоты угли — золотые! Они, как и янтарь, состоят из окаменевшей смолы хвойных растений. Много угольных месторождений на Чукотке (прогнозные ресурсы угля — 56,8 млрд т, разведанные запасы — 0,2 млрд т, предварительно оцененные — 0,5 млрд т), в Магаданской области (прогнозные ресурсы угля — 40,9 млрд т, разведанные запасы — 0,6 млрд т, предваритель-

но оцененные — 1,4 млрд т), на *Сахалине* (прогнозные ресурсы угля — 14 млрд т, разведанные запасы — 1,0 млрд т, предварительно оцененные — 0,2 млрд т) и Камчатке (прогнозные ресурсы угля — 17 млрд т, разведанные запасы — 109 млн т, предварительно оцененные — 165 млн т). Бурые и каменные угли добываются в Приморье, на Сахалине и в Магаданской области. Они богаты уникальным германием. На Дальнем Востоке, как и во всей стране, взят курс на преимущественное развитие открытого способа добычи угля. На Чукотке необходимо развивать угледобычу в Анадырском бассейне и на соседних площадях. Очень нуждается в топливе Камчатка. Да вот беда: все угольные месторождения находятся на западном побережье, а обжито — восточное. Получается, что возить уголь морем с западного берега на восточный так же далеко, как и с материка, а по суше напрямую возить нельзя — высокие горы. Камчатским геологам и экономистам предстоит решить вопрос о целесообразности освоения местных угольных месторождений, в первую очередь Крутогоровского, хотя его разработку будет нелегко согласовать с экологами и рыбаками (речка Крутогоровка — идеальное перестилище для ценных пород рыб).



3. ЗАГЛЯНЕМ В БУДУЩЕЕ





Теперь, когда мы узнали об угле все или почти все, подошло время определить его роль среди других источников энергии, посмотреть, как эта роль менялась во времени. Это поможет нам выявить основные тенденции изменения топливно-энергетического баланса страны и мира, что в свою очередь позволит более четко определить значение угля в обозримом будущем (табл. 23).

Таблица 23

**Потребление энергоносителей в мире
(Угольная база России.
М., 2004; Прогноз развития энергетики
до 2020 г. и др.)**

	1900	1990	2000	2020
Всего, млрд т у. т	1	11	13	19
В том числе, %	100	100	100	100
Уголь	55	29	28	30
Нефть	2	39	39	34
Природный газ	1	22	22	24
Гидроэнергия	1	3	3	3
Ядерная энергия	—	7	7	7
Возобновляемые источники энергии	40	доли*	1	2

* По другим данным, доля этих источников достигала 11%.

В 2006 г потребление первичных источников энергии в мире было следующим (%): уголь — 26,0, нефть — 34,4, природный газ — 20,5, атомная энергия — 6,2, гидроэнергия — 2,2, возобновляемые источники — 10,1, прочие — 0,6.

Международное энергетическое агентство прогнозирует следующую структуру мирового энергопотребления до 2050 г. (табл. 24).

Структура мирового энергобаланса, %

Энергоносители	1990	2000	2020 (прогноз)	2050 (прогноз)
Всего	100	100	100	100
Нефть	43	38	36	20
Природный газ	19	23	26	23
Уголь	28	27	24	21
Ядерное топливо	5	6	6	14
Возобновляемые источники энергии (включая гидро-энергию)	5	6	8	22

Наряду с некоторым снижением к 2050 г. роли основных энергоносителей — угля, нефти и газа — предполагается значительный рост роли ядерного топлива и возобновляемых источников энергии. А к концу XXI в., по мнению ряда экспертов, пятую часть потребности в энергии будет удовлетворять уголь, более половины — возобновляемые источники и треть — газ, нефть, атомная и гидроэнергия (рис. 35).

Нефть и газ будут служить в основном как сырье для химической промышленности и производства моторного топлива.

В производстве электроэнергии доля угля в 2006 г. составляла (%): 41,0, газа 20,1, атомной энергии 14,8, нефти 5,8, гидроэнергии 16, возобновляемых источников энергии 2,3. Доля угля в производстве электроэнергии по странам (%): Польша и ЮАР — 93, Австралия — 80, Китай — 78, Казахстан — 70, Индия и Марокко — 69, США — 50, ФРГ — 47, Россия — только 24.

Еще раз напомним о ресурсной базе угля. Как мы уже знаем, мировые прогнозные ресурсы угля по минимальной оценке составляют почти 15 трлн т, из них разведанные запасы — около 981 млрд т. Эти запасы обеспечивали уровень добычи угля в 2005 г. (4,9 млрд т) на 200 лет. Для сравнения отметим, сегодняшний уровень мировой добычи нефти (около 3,2 млрд т) обеспечен разведанными запасами (92 млрд т) всего на 30 лет, т. е. на порядок ниже. А как обеспечена разведанными запасами добыча угля у нас, в России? Обеспечена надежно — более чем на 523 года (запасы — 157 млрд т, добыча — 300 млн т).

Сколько же угля потребуется человечеству в XXI в.? Где и как его будут добывать, как использовать? По оценке большинства специалистов, добыча угля в мире в 2010 г. достигнет 5,3 млрд т у.т., а в 2020 г. — 6,1 млрд т у.т. (в России — 330 и 430 млн т). Две трети придется на долю каменного угля, одна треть — бурого. До 70% угля будет добыто открытым

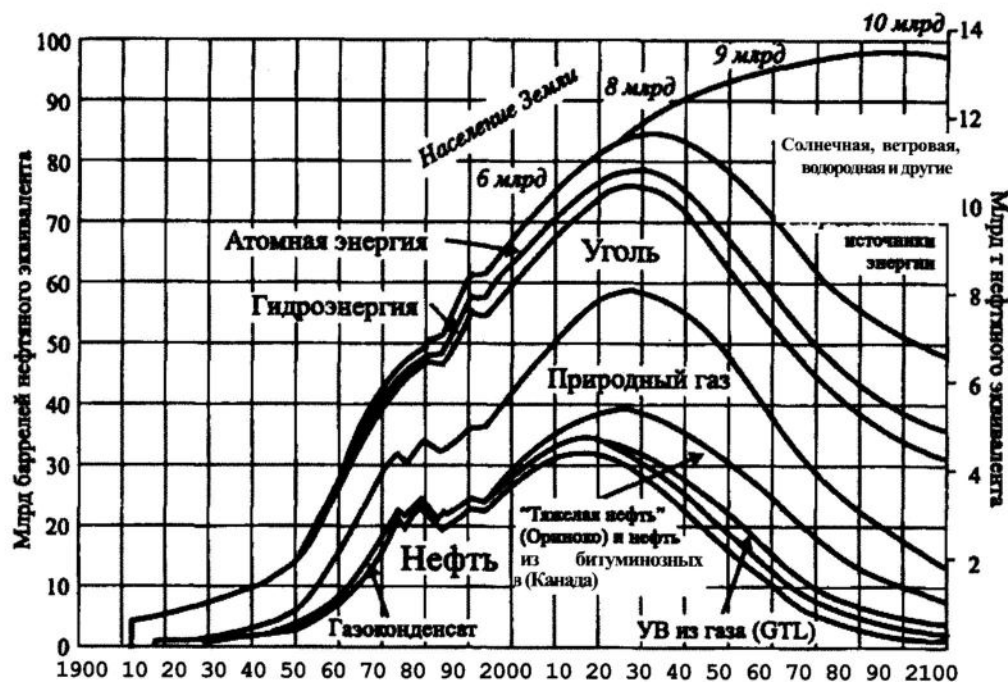


Рис. 35.
Потребление
энергоресурсов
в мире в
XX–XXI вв.
(Дж. Эрварде,
университет
Колорадо, 2001)

способом. Уголь будет использоваться не только в энергетике и металлургии. В ближайшие десятилетия во многих странах будут созданы системы промышленной переработки угля в газ и жидкое топливо. Расширится использование угля как сырья для химической промышленности.

В России до 2020 г. произойдет незначительное изменение структуры потребления энергоносителей (табл. 25).

Таблица 25

**Потребность первичных топливно-энергетических ресурсов
(ТЭР) в России
(«Энергетическая стратегия России...», 2003)**

Источник энергии	2000	2010	2020
Всего, млрд т у. т.,	904	1055	1207
%	100	100	100
Уголь	20	19	20
Нефть	20	21	22
Газ	50	49	46
Нетопливные	10	11	12

Общее потребление энергетических ресурсов за 20 лет вырастет в России на 300 млн т у. т., несколько вырастет доля нефти и нетопливных энергоносителей, снизится доля газа, доля угля останется на уровне 20%.

В добыче угля в России резко возрастает доля восточных районов, а доля бассейнов европейской части страны значительно снизится. Почти весь объем добычи 2010 г. будет обеспечен в уже освоенных бассейнах, в первую очередь в Кузнецком, Канско-Ачинском, Печорском, Южно-Якутском, Удугхемском и Иркутском. Некоторая часть добычи будет получена за счет новых месторождений, например Ерковецкого. Из общей добычи угля 79% пойдут на энергетические цели, 21% — на коксование, часть — на химическую переработку. Во всех бассейнах увеличится глубина разработки угля. В Донбассе многие шахты превысят километровой рубеж, в Кузбассе — 600–900 м, в Печорском бассейне — 600–1000 м. Глубина некоторых карьеров в Кузбассе достигнет 200 м и более.

Рост глубин разработки и крепости пород, повышение сложности строения вновь осваиваемых угольных месторождений — все это требует разработки новых методов проходки подготовительных и очистных выработок, новых высокопроизводительных механизмов. Ученые ведут поиски прогрессивных методов разрушения пород и угля с помощью электронных и лазерных лучей, высокотемпературной плазмы. В местах, где концентрируется энергия, происходит местный разогрев породы и ее разрушение. Если порода к тому же содержит воду, она мгновенно превращается в пар и взрывает породный массив. Еще более успешно прошли опыты при сочетании нагрева и удара — это принципиальная основа комбайна будущего. В Донбассе сконструирован импульсный водомет — водяная пушка, которая работает под давлением в 10 тыс. атмосфер и легко разрушает крепкие породы. Пушка испытана при проходке штрека. После нескольких «выстрелов» разрушались крупные каменные глыбы. Разработанные у нас электрофизические методы позволяют в зимний период быстро размораживать уголь в вагонах и облегчать его разгрузку.

На большинстве шахт будут работать механизированные комплексы, не требующие постоянного присутствия людей в лаве. Широкое применение найдет гидравлическая добыча и транспортировка угля, резко возрастет мощность карьерной техники — шагающих драглайнов, роторных экскаваторов, сверхмощных автосамосвалов.

Развитие угольной отрасли будет в основном базироваться на наиболее эффективном открытом способе угледобычи, постепенном переходе к безотходной выемке угля в шахтах при снижении отрицательного влияния горных работ на окружающую среду. Особое значение приобретет увеличение полноты извлечения запасов угля из недр, охрана и рациональное использование водных и земельных ресурсов, воздушного бассейна, более полное использование отходов горного производства. Прогресс в области открытой добычи угля предусматривает резкое увеличение угледобычи высокопроизводительными роторными экскаваторами, при ши-

роком внедрении эффективной бестранспортной и транспортно-отвальной систем разработки. Будут созданы новые виды горного оборудования и транспорта большой единичной мощности. Ожидается широкое внедрение гидрофицированного оборудования, комплексная механизация и автоматизация управления технологическими процессами. Предусмотрен дальнейший рост выпуска роторных экскаваторов мощностью до 12 500 м³/час. Будет освоен новый технологический процесс на разрезах — выемка тонких пластов (до 1–2 м), которые сегодня обычно идут в отвалы. Для этого предусмотрен выпуск шнекобуровых машин циклического и непрерывного действия, применение мощных бульдозеров, рыхлителей, скреперов, фронтальных погрузчиков. Дальнейшее развитие получит карьерный транспорт — локомотивы сценной массой 360 т, думпкары грузоподъемностью 180 т, саморазгружающиеся вагоны (140 т), автосамосвалы (220, 280, 350 т). Технический прогресс коснется и подземных работ. Намечено создать малооперационную поточную технологию, основанную на применении проходческих комплексов агрегатного типа с автоматическими манипуляторами и автоматизированным управлением. Предполагается значительно снизить многоступенчатость подземного транспорта. Для разработки тонких пластов осваиваются методы безлюдной выемки угля. Учитывая необходимость добычи угля под городами, в Донецком и Кузнецком бассейнах предусматривается закладка выработанного пространства породой. Это позволит не нарушать поверхность земли и предохранить от разрушения жилые дома и промышленные предприятия.

Намечается дальнейшее развитие трубопроводного транспорта угля. В Кузбассе построен угленовод от шахты «Ипская» до Новосибирска, протяженностью 250 км и производительностью 4 млн т угля в год. В перспективе — строительство мощного угленовода (25 млн т угля в год), который свяжет Кузбасс с Уралом. Важность и целесообразность развития этого способа транспортировки угля объясняется тем, что он в два раза дешевле железнодорожного и в три раза — автомобильного.

Технический прогресс призван сыграть большую роль и в области переработки и использования угля. Предусматривается опережающее развитие углеобогащения, что позволит выпускать больше малозольного концентрата. Будут освоены однопоточные малооперационные технологические схемы и комплексы машин с автоматическим управлением, намного увеличена единичная мощность тяжелосредних сепараторов, отсадочных и флотационных машин, грохотов, центрифуг. Намечено развитие производства из угля синтетического жидкого топлива, газа, брикетов, термоугля, электродной продукции, горного воска и другого сырья. Здесь следует подчеркнуть, что проблемы газификации и гидрогенизации угля столь масштабны, что к осуществлению фундаментальных исследований процессов промышленного производства жидких и газообразных

продуктов из угля нужно привлечь огромный научный и технический потенциал отраслевых и академических институтов. Первые шаги в этом направлении уже сделаны.

Геологи продолжают разведку новых шахтных и карьерных полей, применяя для этого прогрессивные виды бурения скважин. Разрабатываются новые способы проходки скважин. На самой глубокой в мире Кольской скважине, которая была пройдена до глубины более 12 км, испытывался подземный телевизор на ультразвуковой основе. У геологов отличные помощники — геофизики. Изучая различные свойства углей и пород — электрические, магнитные, сейсмические, — они определяют, где надо искать уголь, помогают геологам расшифровывать структуру месторождений, более точно оценить запасы угля.

Сравнительно недавно в распоряжение геологов поступил новый вид информации о строении нашей планеты — космические снимки. Они позволяют создавать новые модели геологического строения огромных территорий. Снимки из космоса отражают не только поверхность Земли, но и крупные структуры нижнего этажа, как бы просвечивающие сквозь чехол. В Западной Сибири, например, при дешифрировании телевизионных снимков были выявлены ранее неизвестные глубинные разломы, скрытые под мощным чехлом осадочных пород. Это позволило по-новому ориентировать поиски нефти и газа. Снимки из космоса помогли геологам расшифровать сложную структуру Южно-Якутского угольного бассейна. Космическая «рентгеноскопия» земной коры имеет большое будущее, особенно при изучении таких крупных бассейнов, как Тунгусский, Ленский, Таймырский, заключающих огромные запасы угля.

У угольной геологии есть свои проблемы. Слабо развита научная база поисков и разведки угольных месторождений. Если у геологов-нефтяников имеются десятки крупных научно-исследовательских институтов во всех концах страны, в том числе в Москве и Ленинграде, то у угольщиков есть всего один НИИ, созданный в 80-х годах XX в. в Ростове-на-Дону. Это ВНИГРИуголь — геологоразведочный угольный институт, который, несмотря на молодость, уже хорошо себя зарекомендовал. Но ему, находясь на периферии, трудно быть центральной научной базой угольной геологии. Буквально единицы ученых угольщиков разбросаны по другим геологическим учреждениям страны и должной координации их работы нет. И высшая школа должна помочь угольной геологии и значительно усилить подготовку нового поколения служителей солнечного камня.

Заглядывая мысленно в мир угля конца XXI в. и в более отдаленную перспективу, мы приходим к выводу, что этот энергоноситель является наиболее реальным источником для удовлетворения неудержимо растущих потребностей человека.

Соперники или соратники?

Ископаемый уголь нельзя рассматривать изолированно от других энергетических источников — нефти, природного газа, горючих сланцев, торфа, гидро- и атомной энергии, а также целой группы возобновляемых источников энергии — энергии Солнца, ветра, внутреннего тепла Земли, морских приливов, биоэнергии и т. д. Все эти источники, каждый в меру сил, должны в «одной упряжке» служить людям. К сожалению, не всегда это получалось. Не так уж давно эти источники были безмолвными соперниками, их противопоставляли друг другу, и «взлет» одного приводил к неоправданному «падению» другого. Например, при резком усилении во второй половине XX в. добычи нефти и природного газа во многих странах (в том числе и у нас) уголь попал в немилость. Было почти полностью прекращено шахтное строительство, что привело к снижению темпов роста, а нередко и абсолютных масштабов добычи угля.

Необходимо подчеркнуть, что использование энергоресурсов имеет прямую связь с охраной окружающей среды. Для предотвращения отрицательного влияния энергетики на природу существуют два пути. Первый — разработка и внедрение технических средств, снижающих отрицательное влияние традиционных способов энергопроизводства — сжигания различных видов топлива. Стоимость этих мер постоянно растет. Второй путь — новые безотходные технологии получения электрической и тепловой энергии. В основном это касается возобновляемых источников энергии. Однако сегодня преобразование этих видов энергии в электричество или тепло связано с большими затратами и пока еще не может в крупных масштабах конкурировать с традиционными невозобновляемыми источниками — углем, нефтью и газом.

Показательным является также сравнение удельных капитальных вложений в строительство различного типа электростанций. Так, если удельные капитальные вложения на сооружение тепловых электростанций на угле или мазуте принять за 100%, то для атомных станций они составят около 200%, термоядерных — 200–400%, солнечных 250–500% и океанических термостанций — 280–650%. В то же время необходимость снижения все возрастающего негативного влияния на природу энергопроизводства заставляет все больше внимания уделять разработке эффективной технологии использования «чистых» видов энергии, за счет которых, по оценке специалистов, можно получить значительный «довесок» энергии.

Рассмотрим кратко основные «неугольные» источники энергии.

Традиционная и нетрадиционная нефть. Сегодня нефть является главным источником энергии и многих химических продуктов. На ее долю приходится свыше 34% мирового производства первичных энергетических ресурсов. В 90 странах мира известно 42 тысячи нефтяных месторождений с геологическими ресурсами 477 млрд т (4% ресурсов горючих ископаемых) и разведанными запасами 169 млрд т (7% от запасов горючих ископаемых). Из числа последних более половины (57%) сосредоточено на Среднем Востоке, определенное количество запасов нефти находится в Восточной Европе и б. СССР (6%), Азиатско-Тихоокеанском регионе (3%), Северной (2%) и Латинской (12%) Америке, Африке (8%) и Западной Европе (1%).

Основная часть ресурсов нефти заключена в осадках мезозойского (52%), а также кайнозойского (31%) возраста, меньше нефти в осадках палеозоя (17%). Большинство ресурсов нефти связано с песчаными коллекторами (60%), а также с карбонатными (40%), роль которых в последние годы непрерывно растет. Наиболее распространенный тип нефтяных (и газовых) ловушек — структурный (антиклинальные складки, тектонические разрывы). Ловушки подобного типа легко обнаруживаются геофизическими методами. В настоящее время все большее значение приобретают неструктурные ловушки — стратиграфические, литологические. Более 90% ресурсов нефти сосредоточено на глубинах до 3500 м, хотя определенные перспективы открытия новых залежей связаны и с большими глубинами.

В 2007 г. в мире было добыто 4,1 млрд т нефти. Обеспеченность добычи разведанными запасами 41 год. Согласно прогнозам, к 2010 г. добыча нефти в мире превысит 4,5 млрд т. По регионам добыча распределяется так: Средний Восток — 31%; Восточная Европа и б. СССР — 15%, Азиатско-Тихоокеанский регион — 10%, Северная Америка — 11%, Латинская Америка — 13%, Африка — 12%, Западная Европа — 8%. В 2005 г. в мире было продано около 150 млрд куб. м нефти.

Сегодня нефть является основным товаром мировой торговли. В 2005 г. объем экспорта нефти достиг 2,0 млрд т. Экспортерами нефти являются страны Среднего Востока, Латинской Америки, Африки, а также Россия. Импортируют нефть США и страны Европы. Несколько слов о ценах на нефть. В связи с энергетическим кризисом 70-х годов цены на нефть возросли на порядок и к 1983 г. достигли 200 долл./т, потом к 1986 г. снизились до 60–70 долл./т, к 2010 г. поднялись до 400–450 долл./т. По мере истощения дешевых ресурсов углеводородов, цены на нефть будут расти.

Большие надежды связываются с открытием новых месторождений на больших глубинах на суше, а также на шельфе Мирового океана, где в настоящее время уже добывается третья часть нефти. Серьезное внимание уделяется разработке методов повышения коэффициента извлечения

нефти из недр, который сегодня в среднем редко превышает 30%, и изысканию путей снижения использования нефти в энергетических целях.

Россия располагает значительными ресурсами нефти. Разведанные ее запасы (8,2 млрд т) обеспечивают годовую добычу (412 млн т) на 20 лет. Основные ресурсы нефти сосредоточены в Западно-Сибирской и Волго-Уральской провинциях, в Прикаспии, в Республике Коми, Архангельской области, на Северном Кавказе. Определенные перспективы связываются с районами Восточной Сибири, Дальнего Востока, шельфом Охотского и Балтийского морей и Северного Ледовитого океана. Наряду с поисками нефти в традиционно продуктивных мезозойских отложениях, ведутся интенсивные исследования нефтеносности более древних — палеозойских отложений. Значительные ресурсы нефти позволяют поддерживать ее добычу на очень высоком уровне. Все возрастающее значение приобретает вовлечение в сферу переработки нетрадиционных источников нефти — тяжелой нефти, битумов и битуминозных пород.

К тяжелым нефтям обычно относят жидкие углеводороды плотностью более $0,9 \text{ т/м}^3$. Разведанные запасы такой нефти превышают в мире 1 млрд т. Наиболее крупные ее запасы сосредоточены в недрах Венесуэлы, США, Канады, Мексики, России, Италии, Анголы, Ирана, Кувейта, Ирака, Сирии, Индонезии. Сегодня в мире добывается порядка 70 млн т тяжелой нефти (около 3% мировой добычи). Ограниченные масштабы добычи тяжелой нефти обусловлены значительными трудностями, связанными с ее добычей с использованием перегретого пара. В России тяжелая нефть в небольших масштабах добывается в Тимано-Печорской провинции (Ухта). Ресурсы ее довольно значительны.

Искусственная нефть из недр. Интересно предложение А. Е. Воробьева с соавторами (Горный информ.-анал. сб. 2002. № 2), которые сделали попытку теоретически обосновать возможность получения нефти в естественных условиях земных недр. Для этого богатые органикой бытовые и промышленные жидкие отходы следует закачивать в глубокозалегающие пористые породы в область повышенных температур и давлений. Там будет происходить щелочной гидролиз с образованием смолистых веществ, их гидрирование и в конечном итоге превращение их в нефть. А почему бы и нет?

Битумы и битуминозные породы также являются дополнительным источником углеводородов. Их ресурсы оцениваются во многие сотни миллиардов тонн и сосредоточены в основном в России, Канаде, США и Венесуэле. На крупнейшем в Канаде месторождении Атабаска ресурсы битума в битуминозных песчаниках оцениваются в 100 млрд куб. м. В конце XX в. в Канаде открытым способом добывалось до 10 млн т битумов в год, поскольку себестоимость получения здесь синтетической нефти сопоставима со стоимостью привозной аравийской. В России наиболее крупными битуминозными бассейнами считаются Тимано-Печорский,

Северо-Каспийский, Ангарский и Тунгусский. Некоторые месторождения пригодны для открытой разработки. Ресурсы битумов значительны. Они могут явиться резервом для увеличения добычи нефти.

Традиционный и нетрадиционный природный газ. На долю природного газа сегодня приходится 20,1% объема мирового потребления первичных энергетических источников. На земном шаре известно более 10 тыс. газовых месторождений, которые залегают в недрах многих стран. Общие ресурсы газа оцениваются в 537 трлн м³ (4% ресурсов всех горючих ископаемых), а разведанные запасы в 179 трлн м³ (9% запасов горючих ископаемых). Запасы газа находятся в странах Среднего Востока (42%), Восточной Европе и б. СССР (33%), Африки (8%), Азиатско-Тихоокеанского региона (6%), Северной Америки (4%), Латинской Америки (4%), Западной Европы (3%). Основные ресурсы газа связаны с осадками мезозоя (45%), кайнозоя (34%), палеозоя (21%). В 2007 г. в мире было добыто 3,5 трлн м³ газа. Обеспеченность добычи разведанными запасами 51 год. Согласно прогнозам к 2010 г. добыча газа в мире превысит 3,8 трлн м³. В 2007 г. в мире было продано около 800 млрд м³ газа. Цена — до 200 долл./1000 м³. Основные страны-экспортеры — Россия, Нидерланды, Великобритания, Канада, страны Африки. Страны-импортеры — США, Япония, страны Европы.

Россия располагает значительными ресурсами природного газа. Разведанные запасы (47,8 трлн м³) обеспечивают годовую (2008 г.) добычу (654 млрд м³) на 73 года. Наиболее крупные месторождения находятся в Западной Сибири (Уренгойское, Заполярное, Медвежье, Ямбургское, Комсомольское), в Прикаспии (Оренбургское и Астраханское), Республике Коми. Открыты месторождения газа в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Добыча газа в России растет высокими темпами. В 2008 г. было добыто 654 млрд м³, а в 2020 г. добыча газа достигнет 800 млрд м³. Важной проблемой является более полное использование попутного газа, получаемого при нефтедобыче, который еще нередко сжигается.

В перспективе, кроме открытых новых месторождений на больших глубинах и шельфе Мирового океана, важное значение будет иметь освоение нетрадиционных источников природного газа — газовых гидратов, газов подземных вод, угольных и сланцевых месторождений. На газогидратных месторождениях вода заморожена вместе с растворенным в ней газом. Кубометр такого льда содержит до 300 м³ газа. Основные ресурсы такого газа, оцениваемые во многие триллионы тонн, залегают в приполярных областях и под дном Мирового океана. Освоение таких месторождений пока связано с решением ряда технологических и экономических проблем. Много газов (до 100 м³) содержат подземные воды. Эти газы обычно приурочены к бассейнам термальных вод и содержат много ценных компонентов. К освоению таких месторождений уже приступили в Японии, где запасы гидрогаза оцениваются в 800 млрд м³. С истощени-

ем ресурсов обычных месторождений природного газа газы подземных вод займут определенное положение в топливном балансе ряда стран. Общие ресурсы природного газа в угольных бассейнах мира оцениваются в 100 трлн м³. Количество газа в угольных пластах меняется от 1 до 50 м³/т, в среднем 10 м³/т. Сегодня в процессе добычи угля ежегодно выделяется до 30 млрд м³ газа (в основном метана), из которых 10% улавливается (каптируется) и обычно сжигается в шахтных котельных. В результате получается дополнительное топливо и оздоравливается воздушный бассейн. В США из угольных пластов ежегодно добывается более 50 млрд м³ метана. В Китае в 2010 г. добыто порядка 10 млрд м³ метана. В перспективе определенное место в производстве газов займет подземная газификация углей в бассейнах, где они залегают на больших глубинах или слагают тонкие пласты.

Горючие сланцы — горючее полезное ископаемое, представляют собой глинистые или известковые породы, насыщенные органическим веществом — керогеном. Месторождения горючих сланцев известны на всех континентах. Мощность сланцевых пластов меняется от десятков сантиметров до десятков и сотен метров. Мировые ресурсы горючих сланцев оцениваются в 9489 млрд т, в том числе:

Европа — 332 (Россия — 71, Италия — 100, Франция — 14, Германия — 8);

Азия — 1304 (Россия — 778, Китай — 370);

Африка — 217 (Заир — 75, Марокко — 140);

Северная Америка — 5840 (США — 5600, Канада — 240);

Южная Америка — 1400 (Бразилия — 1400);

Австралия — 360.

Ресурсы смолы в горючих сланцах оцениваются в 550 млрд т, из них 280 млрд т находятся в США в крупнейшем в мире месторождении Грин-Ривер, 114 — в Бразилии, 43 — в России, 26 — в Китае, 25 — в Австралии, по 13 — в Заире и Марокко, 12 — в Канаде. В прошлом во многих странах месторождения горючих сланцев разрабатывались; они использовались в двух направлениях — энергетическом и технологическом, с целью получения ряда ценных химических продуктов. В настоящее время промышленная добыча горючих сланцев, порядка 10–15 млн т в год, ведется только в КНР, России и Эстонии. Однако в связи с нефтяным кризисом в мире вновь возрос интерес к сланцам и в ряде стран, в первую очередь в США, идет подготовка к их добыче и переработке.

В России ресурсы горючих сланцев оцениваются в 849 млрд т, в которых заключено 43 млрд т сланцевой смолы. Наибольшее значение имеют горючие сланцы Прибалтийского (восток), Волжского, Тимано-Печорского, Вычегодского бассейнов, ряда месторождений Восточной Сибири. Особенно большое значение горючие сланцы имеют для европейской части России, где на Ленинградском месторождении ежегодно добывается более 1 млн т сланцев и в перспективе их добыча будет расти.

Торф — горючее полезное ископаемое, которое образовалось в результате неполного распада растений. Торф образуется и сегодня. Его ежегодный прирост только в России равен 60 млн т, что в 30 раз превышает его добычу! Площади современных торфяников сопоставимы с размерами крупнейших угольных бассейнов. Так, Тунгусский угольный и Западно-Сибирский торфяной бассейны имеют площадь по 1 млн км². А общая площадь известных торфяников оценивается в 5 млн км², или 3,3% суши.

Состав и свойства торфа зависят от состава растений и степени их разложения. Обычно торф состоит из 50–60% углерода, 5–6,5% водорода, 30–40% кислорода, 1,3% азота, 1,5–2,5% серы. Теплота сгорания торфа при 40%-й влажности меняется от 10 до 12 МДж/кг. Скорость вертикального прироста торфа — примерно 1 м в тысячу лет. Мощность торфяных залежей колеблется от сантиметров до 7–8 м, редко — более. Средняя мощность залежей верхового торфа — 3–5 м, мощность залежей низинного и лесного — 1,5–2,0 м. Область наиболее интенсивного торфонакопления простирается в зоне умеренного климата от меридиана Енисея на востоке до побережья Атлантического океана на Западе, продолжаясь на Северо-Американском континенте до отрогов Кордильер. Значительно менее интенсивно накопление торфа происходит в зоне тропиков и субтропиков.

Мировые ресурсы торфа при 40%-й влажности оцениваются в 480 млрд т (около 125 млрд т у. т). На долю России приходится 171, Индонезии — 78, США — 36, Канады — 35, Финляндии — 35, Китая — 27, Малайзии — 12, Швеции — 11, Германии — 7, Польши — 6, Ирландии — 6, Великобритании — 6, Беларуси — 5, Эстонии — 3, Франции — 2,5, Украины — 2,3, Норвегии — 2, Латвии — 2. Из зарубежных стран на долю Европы приходится 103 млрд т (21%), Азии — 120 (25%), Америки — 73 (15%), Африки — 5,6 (1,2%), Австралии и Океании — 2,3 (0,5%). В России ресурсы торфа находятся: 51% в Западной Сибири, 18% в Северном регионе, 13% на Дальнем Востоке, 11% в Восточной Сибири, 5% на Урале и 2% в Центральном районе. В России балансовые запасы торфа по категориям А+В+С₁+С₂ составляют 38 млрд т, в том числе (%): в Западной Сибири 52,4, Северном 17,5 и Уральском 12,7.

В 2002 г. в 23 странах мира было добыто 24,5 млн т торфа, в том числе в Финляндии — 5,5, Германии — 4,1, России — 3, Ирландии — 2,7, Беларуси — 2,1, Канаде — 1,3, Швеции — 1,1, Украине — 1,0, Эстонии — 0,9, США — 0,6. Добыча торфа ведется фрезерным, экскаваторным и гидравлическим способами. Добытый торф примерно в равном количестве использовался в энергетике и сельском хозяйстве в Финляндии, Ирландии и Беларуси — преимущественно в энергетике, в Германии, Великобритании, Франции, США и Канаде — в сельском хозяйстве.

В 80-х г. XX в. добыча торфа в 23 странах достигала 200 млн т, из них 85% приходилось на долю России. В 1989 г. в России было добыто 170 млн т торфа, из которых 140 млн т использовано в сельском хозяйстве и 30 млн т в энергетике. А в 2005 г. в России было добыто всего 2,1 млн т торфа, 30% которого использовано в сельском хозяйстве. Цена 1 т кускового торфа составила 596 руб, фрезерного — 510 руб. На торфе работало 9 электростанций. В перспективе намечено построить 7 ТЭС на торфе, для чего потребуются 2 млн т торфа. В северных районах торф (в условном топливе) в два раза дешевле привозного угля из Кузнецкого бассейна.

В сельском хозяйстве торф используется для приготовления компоста, торфяной подстилки, производства торфяных плит и блоков, торфяных горшочков, грунтов для теплично-парникового хозяйства, микропарников, органо-минеральных и бактериальных удобрений. Для нужд энергетики производится торфяная крошка (фрезерный торф), кусковое торфяное топливо и торфобрикеты. Для экспорта готовится кипованный торф повышенного качества. Из торфа извлекают горный воск, производят активный уголь, физиологически активные вещества, кормовые дрожжи, медицинские препараты, косметические средства, химическую и технологическую продукцию. Добыча торфа обеспечена запасами на многие сотни лет. В принципе разведанные запасы могут обеспечить годовую добычу торфа в 1 млрд т. Добыча торфа будет расти с увеличением доли его использования в сельском хозяйстве, хотя в районах, богатых торфом, например в Сибири, можно строить торфяные электростанции мощностью 300–600 тыс. кВт, развивать переработку торфа на основе гидролиза, термической переработки и экстракции.

Мировая торговля торфом ограничивается несколькими миллионами тонн в год. Основным экспортером торфа является Канада, поставляющая его в США и страны Персидского залива.

Гидроэнергия. Энергию падающей воды человек использует с незапамятных времен. В начале 80-х г. в мире действовали гидроэлектростанции общей мощностью около 500 млн кВт, в 2005 г. — 600 млн кВт. Это примерно третья часть гидроэнергетических ресурсов земного шара. Наиболее освоены они в Португалии — 90%, Японии, Швеции, Греции — 65–90%, Бразилии, Канаде, США — 50–65%, Китае — 30%, России — 22% и совсем немного в Африке — 4%. На долю гидравлической энергии приходится 3% всей потребляемой в мире энергии. Значительно больше ее роль в производстве электроэнергии — 15%. В развитых странах ведется строительство крупных ГЭС мощностью 5–7,5 млн кВт (Гранд-Кули, США; Черил Фоле, Канада). В Китае крупнейшая в мире ГЭС находится на р. Янцзы. В ущелье Саньси, где река сужается до 200 м, построена плотина высотой 185 м и установлены 26 агрегатов мощностью по 700 МВт каждый, всего 18 000 МВт.

В некоторых странах также практикуется строительство небольших ГЭС мощностью 15–50 тыс. кВт. Например, в Китае число таких станций достигает многих десятков тысяч. В этой стране создан оригинальный сверхмалый гидроагрегат (0,65 кВт), рассчитанный на обеспечение энергией одной семьи. Напор воды 2,5–3,5 м, суточный расход воды 0,8 м³, размер агрегата — с термос. В Австрии работает 1400 малых ГЭС, которые дают до 7% общего производства электроэнергии в стране.

В России гидростроительству уделяется большое внимание. Единица мощности ГЭС достигает 6 млн кВт (Красноярская). Также большой мощностью обладают другие электростанции Енисейского каскада — Саяно-Шушенская, Усть-Илимская. Правда, сооружение ГЭС в равнинных областях влечет за собой затопление больших площадей пахотных или лесных угодий. На долю гидроэлектростанций приходится 3% общего производства энергии в стране. У нас в стране первые микроГЭС были построены еще в конце прошлого века. В Подмосковье на р. Пре до 1959 г. с успехом работала гидроэлектростанция, дающая энергию хлопкопрядильной фабрике и поселку при ней. Потом сотни малых ГЭС были вытеснены гидроэнергетическими гигантами, и это доброе дело надолго заглохло. Специалисты подсчитали, что в России из сотен тысяч рек и речек 99% имеет длину менее 100 км, т. е. относятся к числу малых рек. Их энергию можно и должно поставить на службу человеку. Естественно, не надо противопоставлять малые и большие ГЭС. Малые ГЭС могут с успехом заменить маломощные дизельные электростанции, потребляющие дорогостоящий мазут, их можно использовать в сельском хозяйстве для энергоснабжения ферм и поселков.

Атомная энергия. Как известно, начало использования ядерного распада в мирных целях было положено в России, где в 1954 г. дала промышленный ток первая в мире Обнинская атомная электростанция (АЭС).

Сегодня во многих странах значительная часть электроэнергии производится на АЭС (%): Франция — 77, Бельгия — 59, Германия — 30, Великобритания — 26, США — 21, Россия — 12, в целом по миру — 16. В общемировом потреблении энергии доля энергии атома в 2009 г. составляла 6%. В перспективе ожидается ее рост до 14% в 2050 г. Большинство АЭС пока работает на дефицитном уране-235, запасы которого ограничены. Поэтому четко проявляется тенденция перехода от реакторов, работающих на тепловых нейтронах, к реакторам на быстрых нейтронах, в которых топливом служит другой изотоп урана — уран-238, ресурсы которого весьма значительны. Но процесс перехода на новые атомные реакторы займет немало времени.

После известных событий в Чернобыле в России было приостановлено строительство АЭС суммарной мощностью 38 ГВт. В 2005 г. у нас действовали только 10 АЭС с 30 блоками суммарной мощностью 23,2 ГВт.

В 2006 г. на АЭС было произведено 115,2 млрд кВт·ч электроэнергии (12% от общего энергопотребления). К 2020 г. намечено построить АЭС общей мощностью 19 ГВт.

Следует подчеркнуть, что по ряду причин (сложность эксплуатации и захоронения отходов, большое потребление воды, большие затраты на строительство АЭС и охрану окружающей среды, достигающие 50% общей стоимости станций, трудности чисто психологического характера) население многих западноевропейских стран протестует против строительства АЭС), намечаемые ранее темпы развития атомной энергетики в последние годы снижены в 2–3 раза. В Канаде, США, ФРГ, Великобритании, Испании, Швейцарии, Швеции, Норвегии прекращено строительство новых АЭС. Любопытно, что по прогнозам, составленным в 70-х гг., общую мощность АЭС к 2000 г. предполагалось довести до 2500 млн кВт, по прогнозам середины 80-х годов — до 750–1000 млн кВт (по прогнозу МАГАТЭ — 500 млн кВт). В 2005 г. общая мощность АЭС в мире составляла 220 млн кВт. По данным Международного энергетического агентства доля атомной энергии в мировом энергетическом балансе возрастет с 6% в 2000 г. до 14% в 2050 г.

В настоящее время большие надежды возлагаются на экологически чистые термоядерные реакции, основанные на использовании «тяжелой» воды, запасы которой в Мировом океане практически не ограничены. Эти реакции основаны на переходе изотопа водорода — дейтерия в тритий с образованием гелия и выделением огромного количества тепла. «Термояд» — практически неистощаемый источник энергии, по существу, второе Солнце. Лучшее термоядерное топливо — изотоп гелий-3. Но на Земле его практически нет, а очень много на Луне, где его «можно черпать ведрами». Директор института геохимии РАН академик Эрик Галимов считает, что двух «шаттлов» (космических кораблей), загруженных сжиженным гелием-3, хватит для обеспечения энергопотребления всей планеты на год. В международном проекте термоядерного реактора ИТЭР участвует и Россия, где сооружается термоядерная установка «Токамак» (тороидальная камера). Освоение этого перспективного вида энергии позволит сооружать термоядерные электростанции мощностью в десятки миллионов киловатт. Однако на пути промышленного освоения «термояда» лежит немало трудностей технического и экономического характера.

Геотермальная энергия (ГеоТЭС). Человек использовал тепло Земли с незапамятных времен. Еще в Древнем Риме на горячих источниках строились бани, теплом Земли обогревались жилища. Новозеландские рыбаки в горячих ключах варили рыбу и картофель. Но промышленное использование этого вида энергии началось только в XX в. В 1904 г. в Италии в месте выхода из земли сухого пара была сооружена небольшая ГеоТЭС мощностью 15 кВт.

Геотермическая активность района обычно характеризуется градиентом, показывающим, на сколько градусов поднимается температура на каждые 100 м глубины скважины. Обычно геотермический градиент равен $3^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, а в термически активных районах он повышается до 5 (Дагестан), 10 (Грозненский район) и $30\text{--}50^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ (Камчатка). В среднем из недр земли к поверхности поступает тепло мощностью 32 млн МВт, но эта энергия сильно рассеяна. В недрах Земли широко распространены термальные воды с температурой от 30 до 300°C .

Повышенный интерес к этому возобновляемому источнику энергии проявляется во многих странах мира, особенно после энергетического кризиса 70-х годов. Помимо строительства ГеоТЭС традиционного типа, когда используется тепло паровых и пароводяных месторождений, разрабатываются технологии для извлечения даже тепла горячих горных пород в недрах Земли. В 2006 г. в 22 странах мира действовало 250 ГеоТЭС общей мощностью 8400 МВт, в том числе в США — 2800 МВт. В ряде стран за счет ГеоТЭС удовлетворяется значительная часть потребности в электроэнергии (%): Филиппины — 21,2, Эль-Сальвадор — 20, Никарагуа — 17,2, Исландия — 14, Коста-Рика — 10,2.

В Италии на месторождении Лардерелло пробурены сотни скважин глубиной 1500 м с температурой пароводяной смеси 240°C . Здесь работают две ГеоТЭС общей мощностью до 200 МВт.

В США (Калифорния) на месторождении Большие Гейзеры с температурой воды 180°C построены крупные ГеоТЭС суммарной мощностью 900 МВт. В Империял Вэлли пробурено более 100 скважин с температурой на забое $120\text{--}360^{\circ}\text{C}$. Здесь действует несколько установок мощностью по 10 МВт каждая. В другом районе Калифорнии — Сьерра-Приета — продуктивные горизонты с температурой $250\text{--}340^{\circ}\text{C}$ залегают на глубине 650–900 м. В Японии используются высокоэффективные схемы преобразования тепла в электроэнергию и сведено к минимуму воздействие на окружающую среду. Проектируются ГеоТЭС мощностью 55 МВт. В Исландии более половины населения использует в том или ином виде геотермальную энергию. Теплоснабжение столицы этой страны — Рейкьявика — свыше 50 лет осуществляется преимущественно за счет энергии внутреннего тепла Земли.

Но человек использует энергию не только термальных вод, но и тепла горных пород. Реализация тепла сухих нагретых пород производится бурением системы скважин, по части которых вода закачивается, по части — извлекается в виде пара. Между скважинами создается зона искусственной проницаемости. Однако создание искусственной зоны проницаемости пока еще очень дорого. Поэтому основные усилия исследователей направлены на изучение природных пористых коллекторов.

Представляют интерес исследования, проводимые в Калифорнии с целью выяснения возможности эффективного использования тепла маг-

мы. Как известно, в зависимости от состава магмы температура ее колеблется от 600 до 1200 °С. По одной скважине в недра на глубину порядка 5 км в магматическую камеру будет подаваться вода, а по другой извлекаться пар, приводящий в действие турбины электростанции.

В России освоению геотермальной энергии уделяется определенное внимание. Экономический потенциал этого перспективного вида энергии равен 115 млн т у. т. На Камчатке тепловые ресурсы с температурой воды до 260 °С могли бы обеспечить работу ГеоТЭС общей мощностью 500 тыс. кВт. Здесь уже с 1960 г. действует опытная Паужетская ГеоТЭС мощностью 11 тыс. кВт. В районе вулкана Мутновский на Камчатке создается первая промышленная ГеоТЭС мощностью 200 тыс. кВт. Здесь с глубины 1500 м будет выводиться пар температурой 220 °С. Себестоимость выработанной на ней электроэнергии будет в 2,6 раза ниже, чем на дизельной электростанции, и всего на треть выше, чем на ТЭС. Ведутся разведочные работы по созданию ГеоТЭС на Северном Кавказе. Две опытные установки сооружаются в Дагестане на Тарумовском месторождении, где на глубине 5200 м вода имеет температуру 185 °С, и в Ставропольском крае, где температура термальных вод достигает 165 °С. Жители ряда городов Северного Кавказа используют тепло Земли для горячего водоснабжения и отопления, экономя большое количество энергии. Опыт показывает, что строительство геотермальных систем водоснабжения окупается за 4–5 лет, а эксплуатационные расходы на них на 15–20% ниже, чем при использовании котельных на органическом топливе. Немаловажно, что термальные воды часто обладают еще и целебными свойствами.

Обширные геотермальные бассейны найдены в Западной Сибири. Повышается интерес и к низкопотенциальным тепловым источникам с температурой воды менее 120 °С. Такое тепло с успехом используется в двухконтурных системах. В первом контуре циркулирует вода, которая во втором контуре нагревает теплоноситель (фреон, двуокись углерода) с низкой температурой кипения. Образовавшийся пар вращает турбину. Широкое освоение этого вида энергии несколько сдерживается ограниченностью числа районов с повышенным тепловым режимом недр, рядом экологических проблем, поскольку термальные воды несут с собой не только полезные, но и вредные жидкие и газообразные компоненты.

Солнечная энергия. Это наиболее экологически чистый вид энергии. В год на поверхность Земли «обрушивается» поток гелиоэнергии мощностью 20 млрд кВт, что в десятки раз превосходит мощность всех известных энергетических источников. Мощность солнечных электростанций (СЭС) в мире достигла 5000 МВт, в том числе в Японии — 833, Германии — 353, США — 153. Стоимость производства 1 кВт·ч электроэнергии 25 цент.

В настоящее время использование энергии Солнца осуществляется двумя путями. Это паровые солнечные электростанции (СЭС), в которых

системой управляемых компьютером зеркал лучи Солнца фокусируются на вершину башни, где установлен паровой котел. На американской станции «Солар уан» мощностью 10 тыс. кВт отражатель состоит из 22 тыс. зеркал размером $3,2 \times 1,1$ м. Температура пара здесь достигает 516°C при давлении 9,1 МПа. Еще несколько СЭС мощностью 1–10 тыс. кВт действуют в КНР, Индии, Италии и Японии.

В России валовой потенциал солнечной энергии равен $2,3 \times 10^6$ млн т у. т., а экономический потенциал — 12,5 млн т у. т. Уже эксплуатируется более 40 объектов солнечного теплоснабжения с общей площадью солнечных коллекторов более 10 тыс. кв. м. В Краснодарском крае работает 1500 солнечных коллекторов, изготовленных на Ковровском механическом заводе, ЗАО «Альтен» и др.

Что же такое солнечный коллектор, как он работает? Это водонагреватель в виде штампованных стальных, алюминиевых, пластмассовых или резиновых панелей. Максимальная производительность коллектора в летний солнечный день — 100 л воды с температурой $55\text{--}70^\circ\text{C}$. В Австрии использование солнечных батарей покрывает 60–70% потребности в горячей воде. Это привело к значительному снижению вредных выбросов в атмосферу. На Кипре 90% домов оборудовано солнечными коллекторами.

Другим не менее перспективным видом использования солнечной энергии является прямое получение электроэнергии на полупроводниковых фотоэлектрических установках, которые с успехом применяются на космических аппаратах, в системах навигации и метеосвязи и многих других направлениях. В 2005 г. общая площадь солнечных коллекторов в мире составляла 150 000 000 м². В странах Европейского союза намечено увеличить площадь солнечных панелей до 100 млн м². В Германии действует программа «100 тысяч солнечных крыш», в США — программа «3 000 000 солнечных домов». Солнечные батареи в виде тонкой гибкой пленки используются для покрытия автомобилей, одежды, мобильных телефонов. Пленка в две визитки весом 1 г дает ток 2,6 Вт. Аэростат диаметром 150 м, покрытый такой пленкой, в светлое время суток позволит создать 3000 кВт электрической мощности.

Предлагается создать глобальную энергетическую систему, основанную на солнечных аэростатных установках. Некоторые специалисты даже доказывают возможность применения солнечных батарей для питания электродвигателей будущих гелиолетов. Стоят легковые и грузовые солнцемобили, велосипеды и мотоциклы. В частности, в КНР построен солнцемобиль. Один из таких автомобилей, работающий от двух батарей, покрыл расстояние в 1200 км со средней скоростью 24 км/ч. В Швейцарии сконструирован солнцемобиль «Упдо», который принимал участие в соревновании подобных машин «Тур де Соль-85». Он оборудован солнечными батареями, установленными на крыше и каноте,

и имеет среднюю скорость 50 км/ч. Японец Кеничи Хорио построил «солнечную» лодку с 42 батареями, на которой за 75 дней преодолел расстояние в 1300 км от Гавайских островов до Японии.

Основа полупроводниковой техники — монокристаллы кремния — самого распространенного (после кислорода) элемента на Земле. Весьма перспективно применение пленочных кремниевых батарей. В России разработана новая технология использования кремния в солнечных батареях, в которых 1 кг кремния по количеству произведенной электроэнергии эквивалентен 75 т нефти! Кроме кремния в гелиотехнике с успехом используются арсенид галлия, соединения индия, селена и других элементов. Их применение позволяет намного повысить коэффициент полезного действия солнечных батарей (например батареи из арсенида галлия имеют кпд 21%). Проектируются солнечно-космические электростанции (СКЭС). Они будут представлять собой огромные платформы с набором панелей фотоэлектрических преобразователей. Каждые 6 кв. км таких панелей обеспечат получение мощности около 1 млн кВт. Вырабатываемая энергия будет передаваться на Землю с помощью лазерного луча или в виде электромагнитного излучения. На первый взгляд все это из области фантастики. Но сколько фантастических идей человек уже осуществил! В настоящее время стоимость СЭС еще очень высока и себестоимость киловатт-часа энергии обходится в несколько раз дороже, чем на ТЭС и ГЭС. Сооружение СЭС является делом весьма материалоемким и требует отчуждения больших земельных угодий. Это обстоятельство выдвигает проекты создания космических электростанций с выводом на околоземную орбиту огромных солнечных батарей с передачей энергии на Землю в виде электромагнитного излучения. В перспективе солнечная энергия будет развиваться как для получения электроэнергии, так и для отопления жилищ, опреснения воды, получения водорода. Совершенствование технических устройств и технологии процесса аккумуляции солнечного тепла позволит значительно удешевить стоимость этого перспективного вида энергии.

Ветровая энергия. Это один из наиболее древних источников энергии, который еще в глубокой древности в Египте и на Ближнем Востоке применялся для привода мельниц и подъема воды. Как экологически чистый энергетический источник, ветроэнергия в последние годы вновь привлекла внимание инженеров. Общая мощность энергии ветра на земном шаре $2,43 \times 10^{15}$ МВт. Общая мощность ветровых электростанций (ВЭС) в мире в 2006 г. составляла 60 000 МВт, в том числе в Германии — 18 000, Испании — 10 000, Дании — 3000, Великобритании, Нидерландах, Италии, Португалии — по 1000. На ВЭС производится 150 млрд кВт·ч электроэнергии в год. В 2008 г. общая мощность ВЭС достигала в мире 95 000 МВт. Стоимость электроэнергии, полученной на ВЭС, равна 5 цент/кВт·ч. ВЭС обычно располагаются по берегам морей и на шельфе,

где постоянно дуют ветры и воздух чище (меньше износ лопастей ветротурбин). Высота наиболее мощных ветроустановок и размах лопастей достигают десятков метров.

Валовой потенциал энергии ветра в России равен 26×10^3 т у. т., экономический потенциал — 10 млн т у. т. Программа строительства ВЭС предусматривает создание в перспективе ветроустановок суммарной мощностью 2000 МВт. Кстати, в России первый агрегат мощностью 100 кВт был создан в 1931 г. и проработал до 1941 г. НПО «Ветроэн» приступило к реализации строительства 20 ВЭС для фермерских хозяйств. Около Воркуты действует 6 ВЭС единичной мощностью 250 кВт. В Калмыкии работает ВЭС мощностью 1000 кВт. В Зеленограде проходит испытания ВЭС мощностью 12 кВт. По оценке специалистов, в ближайшие годы нам потребуется 18 тыс. таких установок для снабжения электроэнергией отдаленных поселков, геологических партий, лесхозов и др. В Новосибирске разработана новая установка, в которой вместо традиционных лопастей используются вращающиеся цилиндры. Проектируются орбитальные ВЭС. Негативным моментом, сдерживающим развитие ветроэнергии, является непостоянство действия ветра и ограниченность районов с постоянными и достаточно сильными ветрами.

Первым, кто использовал энергию ветра для производства электричества, считается шотландец Дж. Блит, который в 1885 г. переоборудовал для этого свою мельницу. Идею поддержал великий физик лорд Кельвин. Однако окрестные жители сочли это предложение неприемлемым, поскольку электричество — изобретение дьявола. В итоге мельница-ВЭС стала служить аварийным источником света в местном сумасшедшем доме! В одном из районов Великобритании ветряк, построенный на высоком холме, стал мешать... телевидению. Как только лопасти ветряка начинают вращаться, на экранах телевизоров тотчас исчезает изображение. В Нью-Йорке на месте печально известного Всемирного торгового центра будет построена Башня Свободы, где на высоте 365 м установят ветротурбины, вырабатывающие 2,6 млн кВт·ч в год.

Энергия океана. Человечество давно мечтало использовать энергию морских волн. Еще в конце XVIII в. в Париже отец и сын Жерар получили патент на проект волновой установки. К одному концу гигантского коромысла они предлагали прикрепить поплавки, а к другому — необходимые механизмы. Сто лет назад неподалеку от Нью-Йорка действовала установка, состоящая из серии подвешенных над морем пластин, которые под ударами волн отклонялись и через систему рычагов приводили в действие водяные насосы. Среднегодовая суммарная мощность ветрового волнения океана оценивается до 80 млрд кВт, что намного превышает мощность всех электростанций мира. Однако, как считают специалисты, практически реализовать сегодня можно только около 1% этой энергии. Основные виды использования огромной энергии океана — сооружение

электростанций: приливных (ПЭС), волновых (ВолЭС) и морских течений (ЭСМТ).

Приливные электростанции. Использование энергии морских приливов, которая оценивается в 1 млрд кВт и сопоставима с энергией всех рек земного шара, имеет определенные перспективы. Во Франции с 1966 г. действует ПЭС «Рандл» мощностью 240 кВт, состоящая из 24 агрегатов. В США, Канаде, Индии и Великобритании проектируется несколько ПЭС мощностью до 4 млн кВт. В КНР мощность действующей ПЭС равна 3200 кВт. В ряде других стран мира проектируется строительство ПЭС нередко большой мощности. По оценкам специалистов, в мире реально может быть построено всего 17 приливных станций общей мощностью 50 млн кВт. Дело в том, что количество мест на земном шаре, где высота приливов может обеспечить рентабельное использование ПЭС, ограничено.

В России на Кольском полуострове с 1968 г. действует Кислогубская ПЭС мощностью 800 кВт. Кроме большей мощности, эту ПЭС отличает от французской приливной электростанции в три раза меньшая стоимость 1 кВт·ч энергии, обусловленная рядом прогрессивных инженерных решений. ПЭС представляет собой наплавную железобетонную конструкцию размером 36 x 18 x 15 м. Корпус станции был смонтирован в доке и отбуксирован к месту установки. Гидравлическая турбина станции соединена через мультипликатор с синхронным генератором переменного тока. Наибольшие приливы в нашей стране наблюдаются в Мезенском заливе Белого моря (10 м) и в районе мыса Астрономического в Охотском море (11 м). Уже много лет у нас рассматривается вопрос о целесообразности строительства в Мезенском заливе нескольких ПЭС огромной суммарной мощностью до 15 млн кВт, а также Тогурской ПЭС (8 млн кВт) на Охотском море.

Энергия волн. Волна высотой 3 м несет примерно 90 кВт мощности энергии на 1 м побережья. Однако использование этой энергии сопряжено с рядом технических трудностей. В значительном объеме обуздание энергии морских волн проводится в Великобритании. Определенные перспективы имеет преобразователь энергии, получивший название «утки Солтера». Это — механическая система с лопастями, качающимися вместе с волнами и приводящими в движение насос для перекачки рабочей жидкости в турбину. Система из 20—40 таких аппаратов объединяется в цепь. Полагают, что двенадцать агрегатов подобного типа длиной в 50 миль каждая могут удовлетворить современные потребности Великобритании в энергии. В Японии введена в строй плавучая волновая электростанция. В камерах компрессионного типа энергия волн преобразуется в энергию сжатого воздуха, который поступает на лопатки турбины, вращающей генератор. Мощность ВолЭС 2 кВт. В России работы по использованию энергии волн ведутся в рамках общегосударственной программы. В Энергетическом ин-

ституте созданы две перспективные схемы энергетических установок — гравитационно-волновая (ГВЭУ) и инерционно-волновая (ИВЭУ). ГВЭУ представляет собой буй с гидравлическим поршневым компрессором, передающим энергию волн через гидромотор к электрогенератору.

В ИВЭУ гидросистема заменена пневмосистемой. Мощность каждой из этих установок 3 кВт. Первая установка уже построена, вторая строится.

Энергия океанических течений. В США разрабатывается проект турбины с диаметром рабочего колеса 170 м и длиной ротора 80 м, которая будет установлена на якорь в районе сильных течений (например, Гольфстрим). Через систему мультипликаторов энергия будет передаваться электрогенератору. Ожидается, что получаемая электроэнергия будет дешевле энергии ТЭС и ГЭС. В Великобритании вблизи Уэльса подводное течение из Ирландского моря в Бристольский залив при ширине 16 км и скорости 5–7 км/час способно в год произвести 10 000 МВт·ч электроэнергии.

Гидротермальные электростанции (ГидТЭС). Этот вид электростанций основан на энергетическом использовании температурного градиента различных слоев воды в морях и океана. Принцип действия ГидТЭС заключается в том, что низкокипящее рабочее тело (фреон, аммиак) испаряется в теплообменнике за счет подвода теплой (25–28 °C) воды из поверхностных слоев океана. Пары фреона под давлением поступают в турбину и вращают ее и генератор. Из турбины пары фреона поступают в конденсатор, где охлаждаются водой из холодных нижних слоев океана и вновь поступают в испаритель. В США разрабатывается проект ГидТЭС мощностью 1000 кВт, состоящей из блоков по 200 кВт. Развитие этого вида электростанций имеет определенные перспективы.

Энергия силикатов. Определенные перспективы имеет так называемая силиконовая энергетика — сжигание высококалорийного экологически чистого кремния. В результате выделяется большое количество тепла, а конечный продукт — обыкновенный кварц. Трудность заключается в получении металлического кремния из кремнезема (кварца), что можно осуществить только с помощью термоядерных реакций. В перспективе предполагается организовать производство кремния на Луне и доставлять его на Землю для получения энергии. Для этих же целей могут быть использованы высокомолекулярные силикаты за счет протекания высокотемпературных физико-химических реакций в силикатных расплавах.

Биоэнергия. Преобразование солнечной энергии в химическую энергию растений — биосинтез — имеет большие перспективы. Содержание биомассы (растения, отходы сельского хозяйства, городские отходы) в биосфере огромно — 800 млрд т. Ежегодно возобновляется 200 млрд т. Только в континентальных лесах ее ежегодно накапливается 70 млрд т. Кроме сжигания обычных дров и отходов сельского хозяйства, по мнению американских специалистов, в скором времени получаемый из древесины

метанол сможет конкурировать с бензином. В будущем в качестве топлива предполагается использовать продукты переработки болотных растений, культивируемых в океанских лагунах. Они содержат большое количество углеводов. Существует еще целый ряд растений, содержащих повышенное (до 30%) количество углеводов. В Азии это нефтяное дерево (ханга) и ватник сирийский, в Южной Америке — копайбу. Их сок близок по составу к продуктам перегонки нефти. В Японии предполагается в качестве заменителя бензина использовать эвкалиптовое масло. В районе г. Осака будет заложена большая эвкалиптовая плантация.

Американские ученые полагают, что в перспективе значительная часть дизельных двигателей в США будут работать на горючем, полученном из семян масляничных растений. Для этих целей наиболее подходит клещевина, из которой, в частности, производят касторовое масло (450, а в перспективе до 1600 л масла с 1 га). Из арахиса количество получаемого с 1 га масла возрастет с 810 до 1800 л. В Бразилии, США, Индии и ряде других стран при переработке растительных остатков (сахарного тростника, кукурузы, кожуры апельсинов, косточек персиков и др.) и животных жиров в значительных количествах получают этиловый спирт (этанол), который используется как добавка к бензину (газохол).

По данным Этанол Мобил, в США в 2005 г. из кукурузы произведено 15 млн т этанола, на производство которого пошло 13% урожая кукурузы при цене 0,5 долл. за литр. К 2012 г. предполагается удвоить производство этанола. В Бразилии стоимость производства этанола из сахарного тростника — 0,3 долл. за литр. С одного гектара сахарного тростника получают 6000 л этанола, а с гектара кукурузы — 3500 л.

Разрабатываются новые типы двигателей, работающих на чистом спирте. По оценке специалистов, из 1 млн т соломы можно получить 100 тыс. т этилового спирта, 140 млн м³ метана и десятки тысяч тонн удобрений. Из 1 млн т ботвы — 230 млн м³ метана. Приведем еще один интересный способ использования биогаза — в автомобиле. В Чехии испытывается первая партия «биолегковых» автомобилей. На одной заправке автомобиль может покрыть расстояние 150–250 км. В перспективе намечено перевести на биогаз 5 тысяч автомобилей. В Швейцарии количество биоавтомобилей предполагается увеличить с 500 в 2003 г. до 30 тыс. в 2010 г. В России валовый потенциал энергии биомассы составляет 10х10³ млн т у. т., а экономический потенциал 35 — млн т у. т. Запасы пригодной для переработки биомассы достигают 500 млн т, из которых можно произвести 90 млрд м³ метана, 35 млн т этилового спирта и 20 млн т органических удобрений.

Вдвойне выгодна и утилизация городских отходов — и с экономической, и с энергетической, и экологической точки зрения. К примеру, в Швеции разработана технология переработки бытовых отходов с выпуском топливных брикетов, обладающих высокой теплотой сгорания

и содержащих мало вредной серы. В США действует завод по переработке бытовых отходов мощностью 40 млн м³ газа в год. В Китае, Индии и других странах Азии уже давно действуют сотни тысяч «семейных» аппаратов малой мощности, которые перерабатывают бытовые отходы и обеспечивают индивидуальные потребности в энергии.

Любопытно отметить, что в развитых странах в среднем за год на 1 человека приходится 5 т органических отходов. В США, России и странах Европы количество таких отходов составляет 3,2 млрд т, или 180 млн т у. т. За счет переработки этих отходов можно производить горючие газы: в Токио — 190 млн м³, Нью-Йорке — 180, Лондоне — 120 и Москве — 100 млн м³. В нашей стране также имеются установки для производства биогаза. Например, в Подмосковье Люберецкая и Курьяновская станции аэрации в год дают 110 млн м³ биогаза. Перспективна также переработка отходов животноводства. Из 100 млн т таких отходов можно получить 30 млрд м³ метана. В одном из подмосковных совхозов строится биоэнергетическая установка производительностью 4 млн м³ в год.

И наконец, несколько слов о топливных пеллетах — древесных гранулах, представляющих собой плотно спрессованные цилиндрики диаметром 4–10 мм, длиной 15–50 мм. По теплоте сгорания (20 МДж/кг) 1 кг пеллет соответствует 0,5 кг дизтоплива. Важно, что тонна пеллет стоит 100 долл., а тонна дизтоплива — 400 долл. Одна семья расходует в год 3,5 т пеллет. В мире 188 предприятий в 2005 г. выпустили 4833 тыс. т пеллет, в том числе Швеция — 1182, Австрия — 535, Дания — 526, Финляндия — 454, Германия — 376, Россия — 280, Эстония — 265, Польша — 255.

Тепловые насосы. На принципе испарения низкокипящих жидкостей работают и так называемые «тепловые насосы». Вот как специалисты популярно объясняют их действие. Тепловой насос — это холодильник наоборот. Всякая холодильная установка перекачивает тепло из замкнутого пространства (холодильная камера) в окружающую среду, почему, кстати, в комнате, где он стоит, становится теплее. Но при определенных технических условиях эта же установка может перекачивать тепло из окружающей среды в замкнутое пространство. Например, в Крыму здание ялтинского пансионата «Дружба» отапливается Черным морем. Через испаритель стандартной холодильной установки прокачивается морская вода, которая заставляет вскипать жидкий фреон. Образовавшийся газ сжимается в компрессоре и при этом нагревается до 110 °С. Этим газом нагревают воду, которая подается в здание пансионата. Для получения тепловой мощности 2400 кВт затрачивается всего 600 кВт электрической мощности на работу теплового насоса. Экономия — 500 т у. т. в год. Себестоимость энергии — в два раза ниже, чем в обычных котельных.

Водород — топливо будущего. В последнее время в мире много внимания уделяется проблеме использования водорода — этого высо-

кокалорийного экологически чистого вида топлива, ресурсы которого практически неисчерпаемы. Теплота сгорания водорода — 140 МДж/кг (нефти — 40, каменного угля — 20–30 МДж/кг). Водород сегодня получают нагревом воды до 2500 °С (термолизом), паровой конверсией метана и электрическим разложением воды (электролизом). Перспективен плазмохимический метод, разработанный в российском научном центре «Курчатов». На «Водородный проект» «Норильскникель» выделил 40 млн долл. Крупные национальные проекты в области развития водородной энергетики реализуются в странах Европейского союза, Японии, Китае, причем господдержка исчисляется сотнями миллионов долларов. В 2004 г. на эти цели Евросоюз выделил 400 млн долл. В США Дж. Буш выдвинул «Водородную инициативу», на которую на 5 лет выделил 5 млрд долл. В Японии разработан проект плавучего завода для производства водорода из морской воды с использованием солнечной энергии. В результате в генераторах-электролизерах путем разложения водяного пара получается водород и кислород, которые после сжижения направляются на берег.

Водород используется в так называемых топливных элементах (ТЭ). Это электрохимические устройства, вырабатывающие электроэнергию без процесса горения — химическим путем, почти как в батареях. Только в ТЭ используются другие химические вещества — водород и кислород, а продуктом реакции является обыкновенная вода. В ТЭ идет процесс, обратный электролизу (разделению воды на водород и кислород), — соединение химическим путем водорода и кислорода с выделением энергии. В процессе участвуют электролит и катализатор, ускоряющий ход реакции. В электролит (например, фосфорную кислоту) погружают электроды, на катод поступает кислород, на анод — водород. В результате вырабатывается электроэнергия. Для увеличения мощности ТЭ производят наборы каскадных ТЭ, соединенных параллельно. В Европе стали выпускать автомобили на ТЭ. Использование водорода в качестве автомобильного горючего не требует коренной реконструкции двигателей внутреннего сгорания. Специалисты считают, что в 2020 г. из 290 млн автомобилей в мире 280 млн будут работать на бензине и 10 млн на водороде, а к 2050 г. из 460 млн авто только 30 млн будут работать на бензине, а 430 млн на водороде! Ведущие автогиганты создают модели водородных машин. Седан BMW 750 hl имеет бак на 140 л сжиженного водорода, максимальная скорость 200 км/ч и запас хода 350 км. Daimler Chrysler NECAR-4: бак 140 л, мощность 75 л. с., максимальная скорость 160 км/ч, запас хода 450 км.

И последнее. Российский ученый Борис Кузык, занимающийся водородной проблемой, оптимистично полагает, что к концу XXI в. лишь 15–17% общего энергетического баланса составят традиционные энергоносители, а остальное — водород. А транспорт на сто процентов будет работать на водородном топливе!

Вторичные энергетические ресурсы. Что это такое? Это тепло, заключенное в продуктах различных производств — раскаленном коксе, металле и шлаке, горячей воде, отработанном паре, горючих газах — коксовом, доменном, конверторном, нефтезаводском. Их объем достаточно внушителен — несколько сотен миллионов тонн условного топлива в год. Только теплой воды сбрасывается сегодня в водоемы 40 км^3 ! Как же они сегодня используются? Утилизация горючих газов в качестве топлива производится в значительных объемах. А вот с горячими газами с температурой $400\text{--}1000^\circ\text{C}$, которые выбрасываются в атмосферу из труб промышленных котельных и электростанций, уходит примерно третья часть полученного тепла. Если использовать хотя бы его половину (что технически возможно), то будут сэкономлены десятки миллионов тонн условного топлива.

Наиболее весомые источники вторичных энергоресурсов имеются в металлургической промышленности. К примеру, использование котлов-утилизаторов при выплавке стали может сберечь несколько миллионов тонн условного топлива. Некоторые предприятия за счет вторичных источников удовлетворяют до 40% потребности в энергии — используют их для отопления рабочих и жилых помещений, теплиц и т. д. В незамерзающих водохранилищах ряда тепловых электростанций (Беловская в Кузбассе) разводят рыбу (карпа).

Большое количество энергии можно получить, сжигая автомобильные покрышки, которых ежегодно выходит из строя десятки миллионов. Теплота сгорания резины 30 МДж/кг . Их целесообразно сжигать вместе с углем. В США на ТЭС Monsato (штат Иллинойс) сжигают 20 % покрышек и 80% угля и получают экономию 500 тыс. долл. в год. В Великобритании действует завод для пиролиза 50 тыс. покрышек в год с получением бензина, метанола и твердого топлива. В России в Новокузнецке сжигают куски резины с углем (42:58). В Ярославле создана установка по переработке 2 т шин в сутки с получением смолы, газа, углерода и металла. В Японии утилизируется 87% шин, в Германии 50%, США и других странах Западной Европы 20–30%.



Это интересно знать



— На земном шаре известно 2900 угольных месторождений и бассейнов. «Чемпион» по ресурсам угля (2200 млрд т) — бассейн Алта-Амазона в Бразилии, за ним в России идут бассейны: Тунгусский — 1458, Ленский — 874, Кузнецкий — 523, Канско-Ачинский — 446, Печорский — 184 млрд т.

Ресурсы угля в мире постоянно увеличиваются за счет открытия новых и переоценки известных бассейнов. Так, в 1913 г. они оценивались

в 7,4 трлн т, в 1937 г. — 7,9, в 1984 г. — 14,3 трлн т. Ресурсы угля в России выросли с 230 млрд т в 1913 г. до 4139 млрд т в 2002 г., или почти в 20 раз! По этому показателю Россия занимает первое место в мире (в 1913 г. было пятое). Чтобы перевезти суточную добычу угля в мире (более 14 млн т), потребуется 1000 поездов из 230 вагонов по 60 т каждый. Длина такого поезда превысит 400 км!

— Самый мощный угольный пласт (450 м) находится на канадском месторождении Хат-Крик, на втором месте бассейн Латроб-Вэлли в Австралии (330 м), на третьем — Челябинский бассейн в России (250 м).

— Ученые считают, что растительный материал при переходе в ископаемый уголь уплотняется до 20 раз. Другими словами, для образования угольного пласта на Хат-Крике мощностью 450 м понадобился девятикилометровый слой растительных остатков.

— Самая мощная в России шахта «Распадская» в Кузнецком бассейне ежегодно выдает на-гора 8 млн т высококачественного коксующегося угля; после реконструкции ее мощность достигнет 10 млн т в год.

— Самая глубокая в мире шахта находится в ФРГ. Ее глубина превысила 1400 м. Самые глубокие шахты в России и Украине — в Донецком бассейне, где уже около 30 шахт перешагнули километровый рубеж.

— Самый мощный в мире угольный разрез «Богатырь» в Экибастузе (Казахстан) давал в год более 50 млн т угля. Глубина «Коркинского» разреза в Челябинском бассейне (Россия) превысила 520 м.

— Самые мощные шагающие экскаваторы (драглайны) оснащены ковшами емкостью 100–160 м³ (300–500 т породы). Самые мощные роторные экскаваторы добывают в час 5 тыс. т угля. Проектируются машины производительностью до 15 тыс. т.

— Самые мощные автосамосвалы, работающие на угольных карьерах, имеют грузоподъемность до 350 т, а в перспективе — до 500 т.

— Самая мощная обогатительная фабрика «Нерюнгринская» в Южной Якутии за год перерабатывает 9 млн т угля.

— Из 1 т угля получается примерно 500 кг кокса, которые обеспечивают выплавку 1 т чугуна.

— В Бразилии 40% потребности металлургии покрывается за счет древесного угля (вместо кокса). Из 3 м³ древесины выжигается 1 м³ угля.

— Уголь транспортируется не только на поездах, автомашинах и паромоходах. В ряде стран с успехом применяется угленоводный транспорт. Так, в США в штате Аризона действует трубопровод длиной 440 км, по которому в год передается около 5 млн т угля, в Польше — 202 км (3 млн т). Угленоводы проектируются в Китае и ряде других стран.

— В России в 2006 г. было добыто 309 млн т угля, 596 млн т нефти, 650 млрд м³ газа. В 2020 г. будет добыто соответственно 430 млн т, 625–640 млн т, 835–850 млрд м³.

— Удельный расход угля на электростанциях во многом зависит от единичной мощности энергоблоков. При мощности до 50 тыс. кВт расход топлива 520 г на 1 кВт·ч, а при мощности 300 тыс. кВт — 320 г на 1 кВт·ч.

— Первое письменное упоминание о каменном угле мы находим в «Метеорологии» Аристотеля в 340–325 гг. до н. э. Теофаст в «Трактате о камнях» писал: «...называют эти ископаемые вещества антрацитом (или углем) ...они воспламеняются и горят подобно древесному углю...» (320–290 гг. до н. э.).

— 100–50 лет до н. э. в Китае ископаемые угли применяли для выпаривания соляных растворов, производства фарфоровых изделий, выплавки меди.

— Первые упоминания о разработке каменного угля в Англии относятся к началу XIII в.

— В Европе систематическая добыча каменного угля началась в XIV в. Были построены первые доменные печи для выплавки чугуна.

— В 1589 г. англичане Проктер и Питерсон получили патент на переработку каменного угля, которую называли cooking, или coking (коксование).

— В 1720 г. Г. Капустин обнаружил угли Донецкого бассейна, а его ученики Палицын и Титов — Подмосковского.

— В 1722 г. крепостной крестьянин М. Волков открыл Кузнецкий угольный бассейн.

— К концу XVIII в. в Англии была полностью свернута древесно-угольная промышленность, уступив место выплавке чугуна на коксе.

— В 1825 г. М. Фарадей выделил бензол из жидких продуктов сухой перегонки угля.

— В 1842 г. Н. Н. Зинин путем восстановления нитробензола получил анилин — основу лакокрасочной промышленности.

— В 1889 г. при Щербиновском руднике в Донбассе был построен первый в России коксохимический завод с улавливанием химических продуктов коксования.

— В 1922 г. создано акционерное общество «Коксобензол».

— В 1929 г. создан трест «Коксострой».

— В 1932 г. Л. М. Сапожников и Л. П. Базилевич разработали пластометрический метод для определения спекаемости углей.

— В 1960 г. Россия вышла на первое место в мире по производству кокса.

— На Алтайском коксохимическом заводе предполагается производить формованный кокс.

— В первых коксовых печах процесс коксования длился 8–10 суток, в середине XIX в. он сократился до 2 суток, а сегодня — 15 ч.

— Прозрачный сверхтвердый алмаз, как и мягкий графит и каменный уголь, представляет собой элементарный углерод. Если алмаз нагреть

в присутствии кислорода, он сгорит, образуя углекислый газ. При нагреве без доступа воздуха он превращается в графит. А графит можно получить из угля, нагрев его до 3000, °С. В свою очередь, из графита при очень высоких температуре и давлении сегодня получают алмазы.

— Очень ценное свойство угля — способность поглощать вредные вещества — выявил в 70-х г. XVIII в. русский ученый Товий Ловиц.

— Из каменноугольной смолы был получен акрихин — более действенное средство борьбы с малярией, чем хинин.

— Янтарь — окаменевшая смола хвойных деревьев. Он легче воды, горит, в нем нередко встречаются захороненные насекомые и растения. Ранее считалось, что янтарь — это окаменевшая морская пена, нефть, застывшая на дне моря, или икра огромных древних рыб.

— Существуют бактерии-сероеды, которые в водной суспензии угля поглощают до 50% содержащейся в нем серы. В США проводятся соответствующие опыты.

— Ширится использование внутреннего тепла земных недр для производства электроэнергии, отопления жилищ и парников.

— Во многих странах ведется проектирование и строительство солнечных электростанций (СЭС). В Японии действует свыше тысячи геостанций единичной мощностью до 1000 кВт. Японец Кеничи Хорио сконструировал «солнечную лодку» с 42 батареями и за 75 дней преодолел расстояние в 1300 км от Гавайских островов до Японии.

— Тысячи ветровых электростанций работают во многих странах мира. Размах лопастей наиболее крупного ветродвигателя достигает 100 м.

— Много энергии таят в себе океаны — энергии волн, приливов и др.

— В Китае действуют миллионы установок для производства биогаза, в Индии — многие тысячи. Во многих странах легковые автомобили работают на биогазе. В перспективе на биогаз намечается перевести миллионы автомобилей.

— Американские ученые справедливо полагали, что к началу XXI в. определенная часть дизельных двигателей в США будет работать на горючем, полученном из семян масличных растений, например из кукурузы (3500 л с 1 га), сахарного тростника (5500 л с 1 га), семян клещевины (450 л масла с 1 га) или арахиса (800 л с 1 га). В Малайзии в качестве дизельного топлива стали использовать пальмовое масло. В Бразилии из 3 млн т этилового спирта, производимого в стране, 1 млн т используется для добавки в бензин (20%). В США в 2005 г. из кукурузы произведено 15 млн т этилового спирта при стоимости 0,5 долл. за литр. В перспективе использование спирта в качестве моторного топлива значительно возрастет.

— Большие перспективы сулит использование водорода в качестве топлива для автотранспорта и других нужд. Оптимисты предполагают, что к концу XXI в. водород станет основным энергоносителем.

Названо именем углеразведчика

Река Бошнякова на о-ве Сахалин — названа в честь Николая Константиновича Бошняка (1830–1899) — первооткрывателя сахалинских угольных месторождений.

Улица Бурцева в г. Шахтинске Карагандинской области. Названа в честь Дмитрия Назаровича Бурцева (1900–1971) — известного геолога, разведывавшего Карагандинский и Печорский бассейны.

Улица Гапеева в г. Ленинск-Кузнецком Кемеровской области. **Гапеевская экспедиция** в Центральном Казахстане. Названы в честь Александра Александровича Гапеева (1881–1958) — известного геолога, изучавшего Донецкий, Кузнецкий и Карагандинский бассейны, лауреата Государственной премии СССР.

Минерал жемчужниковит. Назван в честь Юрия Аполлоновича Жемчужникова (1885–1957) — известного геолога и углепетрографа.

Город Лутугино в Ворошиловградской области. Назван в честь Леонида Ивановича Лутугина (1864–1915) — известного геолога, изучавшего Донецкий и Кузнецкий бассейны.

Залив Миддендорфа на п-ове Таймыр, мыс на острове Новая Земля. Названы в честь Александра Федоровича Миддендорфа (1815–1894), давшего описание естественных богатств многих районов России, в том числе Таймырского бассейна.

Бухта Мутафи на о. Новая Земля — названа в честь Николая Николаевича Мутафи (1910–1942) — исследователя геологии Арктики, в том числе Таймыра.

Минерал урванцевит. Назван в честь Николая Николаевича Урванцева (1893–1985) — известного исследователя угольных и рудных месторождений Заполярья. **Скала Урванцева** в Антарктиде, **бухта Урванцева** в Карском море.

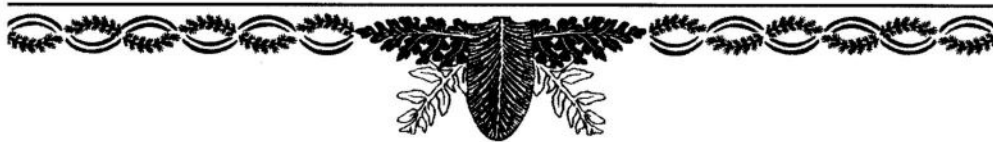
Гряда Чернова в Тимано-Печорской провинции. Названа в честь Александра Александровича Чернова (1877–1963) — первооткрывателя Печорского угольного бассейна, Героя Социалистического Труда.

Улица Чикрызова в г. Ангрене Узбекской ССР. Названа в честь Г. С. Чикрызова — первооткрывателя месторождения Ангрен.

Улица Яворского в г. Прокопьевске Кемеровской области. Названа в честь Василия Ивановича Яворского (1876–1975) — известного геолога, изучавшего Кузнецкий и многие другие бассейны СССР, лауреата Государственной премии СССР.



Послесловие



Вот и подошло к концу путешествие в интереснейший мир ископаемого угля, путешествие по бескрайней угольной ниве. Она охватывает все континенты. А в России — она простерлась от западных границ до берегов Тихого океана, от снеговых вершин Кавказа и Алтая до заснеженных равнин Заполярья. Тысячи угольных бассейнов и месторождений, миллионы квадратных километров угленосных площадей, триллионы тонн солнечного камня таит в себе эта нива. Угольные богатства эти столь велики — 15 трлн т, столь необозримо огромна энергия, сконцентрированная в них, что служить людям они будут сотни и сотни лет. Поэтому добыча угля в мире будет неуклонно расти (млрд т): 1980 г. — 3,7, 2000 г. — 4,5, 2010 — 7,0 и 2020 г. — 8,0.

Огромны ресурсы угля и в нашей стране (4,1 трлн т), а количество разведанных запасов угля достигло 157 млрд т, из которых 40 млрд т пригодны для коксования, а 118 млрд т — для разработки прогрессивным открытым способом. Добычу угля намечено увеличить с 300 млн т в 2005 г. до 350 млн т в 2010 г и до 430 млн т в 2020 г. Особо подчеркнем, что ресурсная база позволяет намного увеличить объемы угледобычи.

Но на фоне в целом хорошей обеспеченности угольной промышленности разведанными запасами угля существует ряд «узких» мест. Это и неравномерность их размещения на территории страны (основные запасы угля за Уралом, а главные потребители в европейской части), и определенный недостаток в дефицитных коксующихся углях, высокая зольность угля ряда месторождений и др. Поэтому в перспективе будут продолжены поиски, разведка и освоение новых месторождений.

Главными направлениями геологоразведочных работ по-прежнему останутся поиски и разведка месторождений коксующихся углей дефицитных марок в Кузнецком, Печорском и Южно-Якутском бассейнах; Улугхемского бассейна; разведка месторождений, пригодных для открытой разработки в Кузнецком, Канско-Ачинском, Иркутском бассейнах, на месторождениях Дальнего Востока. Особое внимание будет уделено оценке ресурсов углей, пригодных для получения синтетического жидкого топлива. В связи с ростом мощностей карьерной техники имеется воз-

возможность значительно увеличить ресурсы углей для открытой разработки за счет увеличения предельных коэффициентов вскрыши.

Широкое развитие углеобогащения позволит намного увеличить реальные ресурсы углей для коксования за счет высокозольных, но хорошо спекающихся углей Печорского и других бассейнов. Много угля позволит дополнительно получить повышение коэффициента его извлечения за счет применения оптимальных систем разработки и более полной отработки мощных и тонких угольных пластов. Одной из важнейших задач становится совершенствование структуры разведанных и освоенных запасов в строгом соответствии с потребностью в углях определенных технологических марок.

В этом путешествии мы узнали, как образовался и из чего состоит уголь, сколько на Земле угля, как его ищут и добывают, как используют. Узнали, как охраняется природа при разработке угольных месторождений. Увидели заботы Донбасса и проблемы Урала, познакомились с сибирскими угольными богатствами, побывали на заполярных угольных островах. Добрались до берегов Тихого океана, на Сахалин, Камчатку и Чукотку — везде есть уголь. Кратко познакомились с зарубежными бассейнами, которые интенсивно осваиваются.

А под конец путешествия мы окинули мысленным взглядом XXI в., познакомились с грандиозными планами освоения угольных богатств в нашей стране и мире. Определили место угля среди других источников энергии. Постепенно роль ископаемого угля после спада в 1980–1990 гг., вновь стала возрастать и в начале XXI в. уголь будет удовлетворять до четверти потребности человечества в энергии. Роль нефти будет постепенно снижаться, а газа — стабилизироваться. Получит дальнейшее развитие безопасная атомная энергетика и гидроэнергетика. Все большее значение будут приобретать возобновляемые источники энергии — энергия Солнца, ветра, внутреннего тепла Земли, океана, биоэнергия, энергия водорода, хотя еще долгие годы тремя «китами», на которых зиждется мировая энергетика и химия, останутся уголь, нефть и природный газ. Во многих странах резко усилились исследования и освоение новых технологий сжигания угля (в «кипящем слое», углеводяные смеси и др.), обеспечивающие как повышение КПД энергетических установок, так и сведение к минимуму количества вредных выбросов в атмосферу.

Огромные запасы ископаемого угля на земном шаре обеспечат развитие мировой энергетики на многие сотни лет. Поэтому угольное направление, принятое сегодня в планах развития энергетики большинства стран, представляется наиболее перспективным. Это позволит сделать определенную передышку в развитии атомной энергетики с целью разработки и освоения более эффективных и безопасных методов использования ядерной и, в перспективе, термоядерной энергии.

И в нашей стране угольная отрасль имеет надежную сырьевую базу. Хотя темпы ее освоения к концу XX в. резко снизились, начиная с 2000 г. они стали вновь возрастать. Напомним, что в труднейшие послевоенные годы в каждую пятилетку прирост угледобычи составлял 100–130 млн т! Этот факт доказывает, что при нужде (а она налицо) угольная промышленность, обеспеченная необходимыми ресурсами и техникой, может в перспективе удвоить добычу угля и обеспечить значительную часть прироста потребности в энергоресурсах, а также экспортные поставки.

Необъятные просторы угольной нивы ждут своих открывателей и разведчиков. Намеченное «Энергетической стратегией» интенсивное развитие угольной промышленности потребует от геологов мобилизации всех своих знаний, создания научной основы поисков новых месторождений, проведения ускоренной их оценки и разведки с применением новейшей техники и технологии.

Геологи идут впереди огромной армии созидателей, разведывая основу всякого созидания — минерально-сырьевую базу. Это они, геологи, в любое время года пробираются степными и таежными тропами, сплавляются по рекам, прокладывают маршруты на вездеходах. Цель у них одна — найти новые месторождения и передать их для освоения шахтерам — людям самоотверженной профессии.

Мир угля необозрим! Уголь поистине является мостом в будущее!





Что читать

Борисов В. С., Голицын М. В., Еремин И. В. и др. Основные проблемы геологии твердых горючих ископаемых // Месторождения твердых горючих ископаемых. XXVII Международный геологический конгресс. М.: Наука, 1984.

Борисов С. С. Занимательное в горном деле. М.: Недра, 1973.

Верн Жюль. «Черная Индия». М.: Худож. лит., 1957.

Вялов В. И. и др. Антрациты России и мира. М.: Недра, 1998.

Голицын М. В., Голицын А. М. Коксующиеся угли России и мира. М.: Недра, 1996.

Голицын М. В., Голицын А. М., Пронина Н. В. Альтернативные энергоносители. М.: Наука, 2004.

Горная энциклопедия/ Под ред. Е. А. Козловского. Сов. энцикл., 1984–1991.

Горючие сланцы мира/ Под ред. В. Ф. Череповского. М.: Наука, 1988.

Громов Л. В., Данильянц С. А. Названное именем геолога. М.: Недра, 1982.

Грунь В. Д., Зайденварг В. Е., Килимник В. Г. и др. История угледобычи в России. М.: изд. ЗАО «Росинформуголь», 2003.

Еремин И. В., Броневец Т. М. Марочный состав углей и их рациональное использование. М.: Недра, 1994

Железнова Н. Г., Кузнецов Ю. Я., Матвеев А. К., Череповский В. Ф. Запасы углей стран мира. М.: Недра, 1983.

Истомин С. Ю. Морской горный промысел. М.: Наука, 1981.

История геологического изучения угольных бассейнов СССР. М.: Наука, 1976.

Козлов В. Б. Энергетика и природа. М.: Мысль, 1982.

Копылов В. Е. Бурение? ...Интересно! М.: Недра, 1981.

Матвеев А. К. и др. Ресурсы углей мира // Энергетические ресурсы мира. XXVII Международный геологический конгресс. М.: Наука, 1984.

Матвеев А. К. Угольные месторождения зарубежных стран. М.: Недра, 1980.

- Миронов К. В.* Справочник геолога-угольщика. М.: Недра, 1982.
- Наумов Л. С., Соболев Л. Д.* На орбите кокса. М.: Metallurgia, 1984.
- Оленин А. С., Марков В. Д.* Кладовая солнца. М.: Мысль, 1983.
- Розен Б. Я.* Повесть о горячем камне. М.: Недра, 1981.
- Российская угольная энциклопедия. М.; СПб.: Изд. ВСЕГЕИ, 2004–2007.
- Солнечный камень. М.: Углетехиздат, 1951.
- Судо М. М.* Нефть и горючие газы в современном мире. М.: Недра, 1984.
- Тыжнов А. В.* Ископаемые угли. М.: Госгеолитиздат, 1954.
- Уголь (ил. журн.). М.: Недра. 2000–2009.
- Энергетическая стратегия России. М.: 2003.
- Энергия (науч.-попул. ил. журн. Президиума АН СССР и РАН). М.: Наука, 1984–2009.





Приложение I

ОПИСАНИЕ БАССЕЙНОВ (рис. 1) Угольные бассейны России (рис. 2)

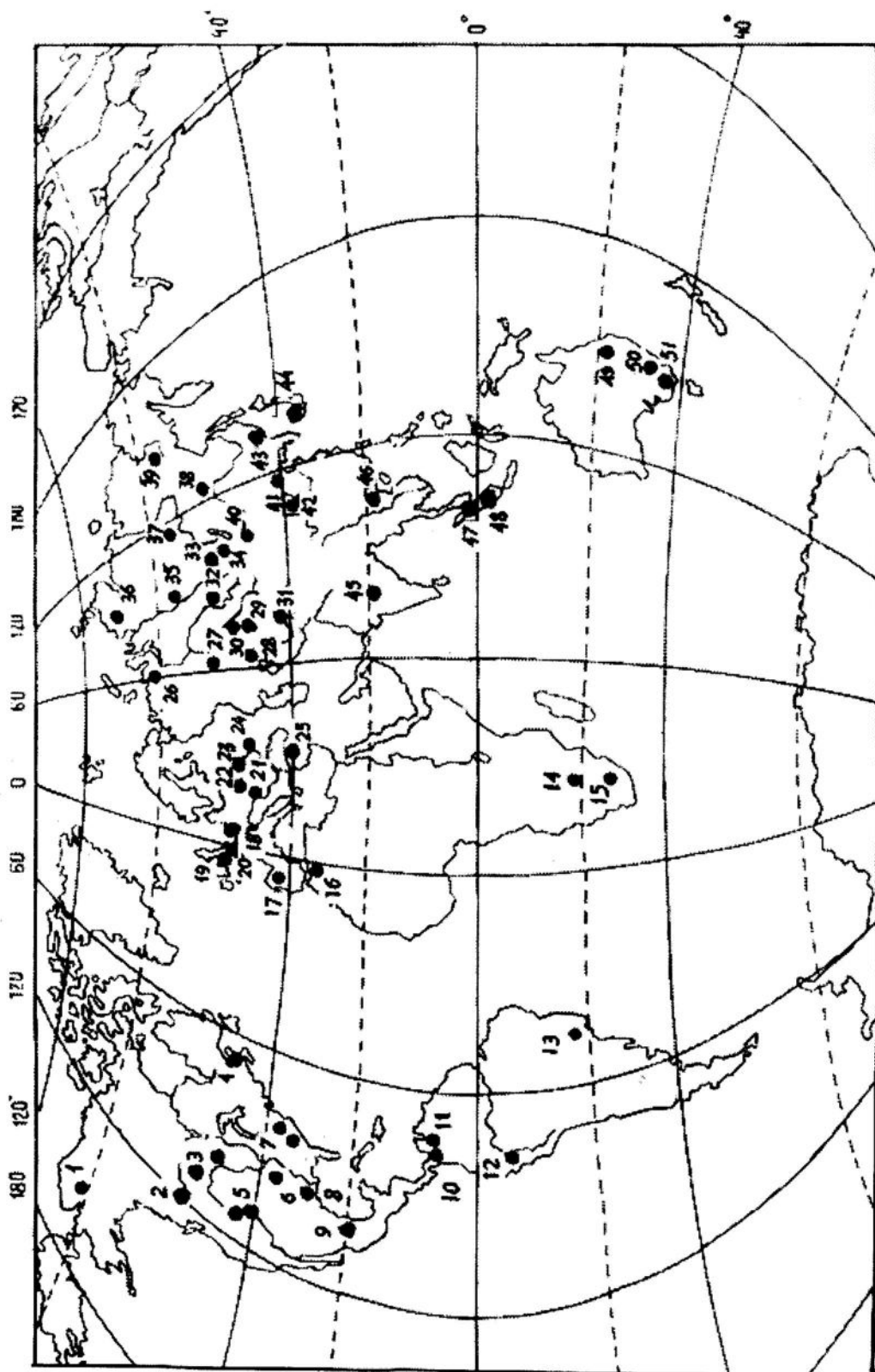
Рис. 1. Основные угольные бассейны и месторождения мира:

- 1 — Лисберн-Колвилл;
- 2 — Хат-Крик;
- 3 — Альберта и Форт-Юнион;
- 4 — Сидни;
- 5 — Сан-Хуан и Юинта;
- 6 — Иллинойский и Западный;
- 7 — Аппалачский и Пенсильванский;
- 8 — Техасский;
- 9 — Сабинас;
- 10 — Богота и Серрехон;
- 11 — Гуасаре;
- 12 — Алта-Амазона;
- 13 — Санта-Катарина;
- 14 — Марапуто;
- 15 — Витбанк;
- 16 — Джерада;
- 17 — Астурийский;

Амуро-Зейский — находится в Амурской области и занимает площадь 85 тыс км². Приурочен к ряду синклинальных структур, выполненных осадками мела, палеогена и неогена с пятью рабочими пластами угля мощностью 2–19 м. Угли бурые средне- и высокозольные (A^d 10–40%), малосернистые (S_t^d 0,3%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 8–14 МДж/кг. Прогнозные ресурсы угля — 42,3 млрд т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 3,8 млрд т, предварительно оцененные (C_2) — 1,5 млрд т. Добыча угля ведется разрезами на Райчихинском и Архаро-Богучанском месторождениях — 4 млн т в год. Строится разрез на Ерковецком. Перспективно для освоения Свободное месторождение. Угли используются в энергетике.

Анадырский — находится на Чукотке. Известен с 1911 г. Включает несколько месторождений, из которых освоено Анадырское. Угленосны осадки мела, палеогена и неогена, заключающие до 20 угольных пластов мощностью 0,6–13 м. Угли мало- и средnezольные (A^d 5–20%), мало-среднесернистые (S_t^d 0,4–3%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 18–23 МДж/кг, относятся к маркам Б, Д и Г. Выход смолы (T_{sk}^{daf}) составляет 16–19%. На контактах с интрузивами развиты тощие угли и антрациты. Прогнозные ресурсы угля — 41 993 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 90 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 181 млн т. Добыча до 1 млн т в год.

Ансатское (рис. 3) — находится на севере Читинской области и приурочено к синклинальной структуре площадью 100 км², выполненной продуктивными осадками юры и мела, содержащими 6 основных рабочих пластов. Угли средnezольные (A^d 15–20%), малосернистые (S_t^d 0,4%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 25 МДж/кг, относятся к маркам Ж (меловые)

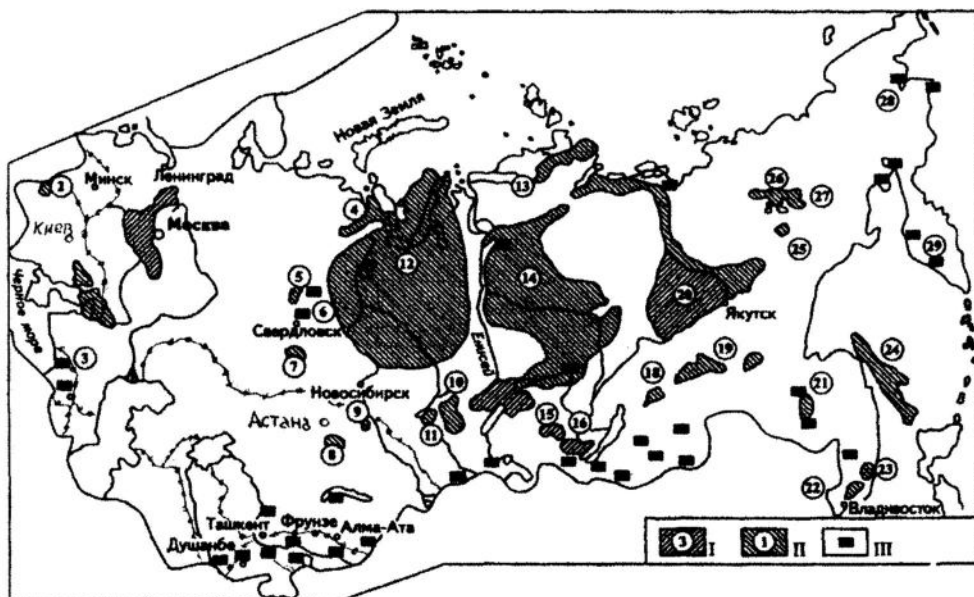


- 18 – Нижнерейнско-Вестфальский;
 19 – Нортумберленд-Дарем
 20 – Южно-Уэльский;
 21 – Мечек и Северо-Восточный;
 22 – Верхнесилезский и Остравско-Карвинский;
 23 – Люблинский и Львовско-Вольский;
 24 – Донецкий;
 25 – Зонгулдакский и Анатолийский;
 26 – Печорский;
 27 – Западно-Сибирский;
 28 – Тургайский и Шубаркольское;
 29 – Карагандинский;
 30 – Экибастузский и Майкюбенский;
 31 – Ангренское;
 32 – Кузнецкий и Минусинский;
 33 – Канско-Ачинский и Иркутский;
 34 – Улугхемский;
 35 – Тунгусский;
 36 – Таймырский;
 37 – Ленский;
 38 – Южно-Якутский;
 39 – Зырянский;
 40 – Тавантолгой;
 41 – Датун;
 42 – Ордосский;
 43 – Фушунь;
 44 – Иеикари;
 45 – Дамодарский;
 46 – Куангнинский;
 47 – Уимблин;
 48 – Букитасем;
 49 – Боуэн;
 50 – Сиднейский;
 51 – Латроб-Вэлли

Рис. 2. Схема угольных бассейнов России и сопредельных стран.

I — месторождения бурого угля, II — каменного угля, III — отдельные месторождения угля.

- I — Донецкий (Россия, Украина); 2 — Львовско-Волынский (Украина); 3 — Ткибули-Шаторское (Грузия); 4 — Печорский; 5 — Кизеловский; 6 — Восточно-Уральский; 7 — Челябинский; 8 — Карагандинский (Казахстан); 9 — Экибастузский (Казахстан); 10 — Кузнецкий; 11 — Горловский; 12 — Западно-Сибирский; 13 — Таймырский; 14 — Тунгусский; 15 — Канско-Ачинский; 16 — Иркутский; 17 — Улугхемский; 18 — Апатское; 19 — Южно-Якутский; 20 — Ленский; 21 — Буреинский; 22 — Угловский; 23 — Партизанский; 24 — Сахалинский; 25 — Аркагалинский; 26 — Зырянский; 27 — Омеукчанский; 28 — Анадырский и Беринговский; 29 — Камчатский



и от Ж до Т (юрские). Представляют собой ценное сырье для производства кокса. Прогнозные ресурсы угля — 2226 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 4 млн т, предварительно оцененные (C_2) 0,1 млн т. Разрабатывается разрезом мощность 100 тыс т угля в год. Перспективно для широкомасштабного освоения.

Аркагалинский — расположен в Магаданской области. Известен с 1830-х гг. Освоен с 1937 г. Продуктивные отложения верхнего мела включают до 3 рабочих пластов мощностью до 19 м обычно сложного строения. Угли средnezольные (A^d 10–16%), малосернистые (S_t^d 0,2–0,5%), с теплотой сгорания (Q^{ir}) 18–24 МДж/кг, относятся к маркам Г и Д. Прогнозные ресурсы угля млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 205 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 243 млн т. Разрабатывался разрезом (Верхнеаркагалинское) и шахтой (Нижнеаркагалинское). Максимальная добыча угля в 1982 г. — 3 млн т. Ныне добыча прекращена.

Беринговский — расположен на Чукотке. Включает месторождения Бухты Угольной, Алькатваамское, Амаамское и др. Угленосны осадки мела и особенно палеогена, содержащие несколько угольных пластов мощностью до 1 м, редко до 2 м и более. Угли мало- и высокозольные (A^d 4–29%), мало- и высокосернистые (S_t^d 0,4–4,2%), относятся к маркам Д, Г, местами Ж. Прогнозные ресурсы угля — 3600 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 211 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 243 млн т. Разрабатывается месторождение Бухты Угольной (до 1 млн т в год). На остальных ведутся поисковые работы.

Бикино-Уссурийский — расположен в Приморском крае и включает ряд месторождений — Бикинское, Ореховское и др. Наиболее изучено Бикинское, на котором отложения палеогена и неогена содержат до

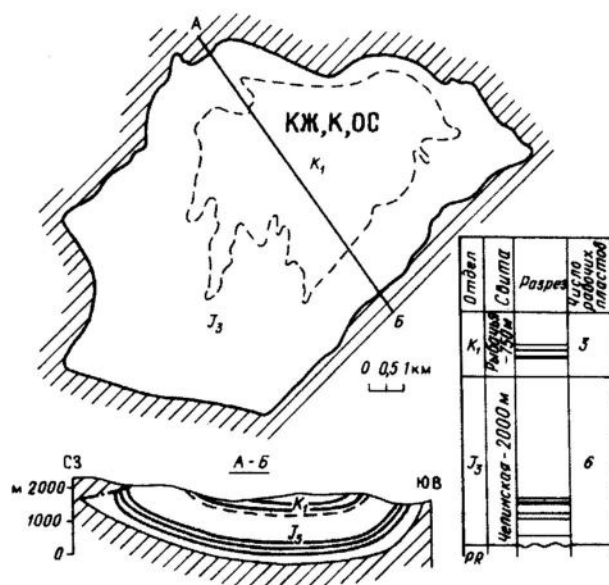


Рис. 3. Схема марочного состава углей Апчатского месторождения

25 местами сближенных угольных пластов мощностью от 1 до 36 м. Угли гумусовые, высокозольные (A^d 21–30%), малосернистые (S_i^d 0,3–0,8%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 10–12 МДж/кг, относятся к бурым (2Б и 3Б). Прогнозные ресурсы — 391 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 1199 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 178 млн т. Добыча угля (более 1 млн т в год) ведется на Бикинском месторождении (разрез «Лучегорский»). Перспективы дальнейшего развития угледобычи благоприятные.

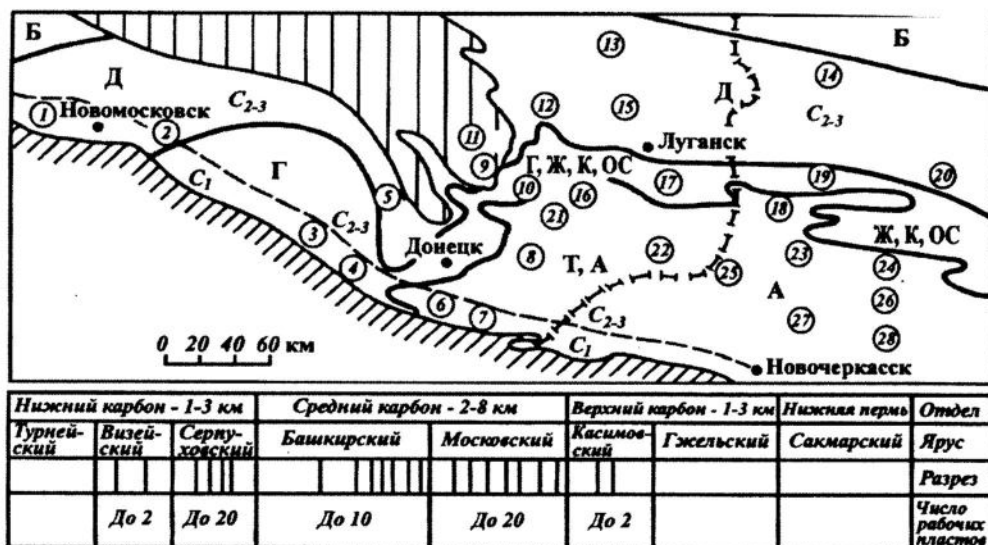
Буреинский — расположен в Хабаровском крае. Площадь 6 тыс. км². Открыт в 1844 г., разрабатывается с 1939-го. Сложный синклинирий, выполненный отложениями юры и мела (2000 м), содержащими до 40 угольных пластов мощностью 1–7 м. Угли каменные газовые, высокозольные (A^d 32%), малосернистые (S_i^d 0,4%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 20 МДж/кг. Прогнозные ресурсы угля — 9837 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 1229 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 796 млн т. Добыча угля разрезом и шахтой — около 1 млн т в год. Угли используются в энергетике. Возможно дальнейшее увеличение угледобычи на освоенном Ургальском месторождении. Непосредственно к югу от основной площади бассейна расположен слабо изученный Тырминский угленосный район с 4 пластами (юра–мел) мощностью 0,8–3,7 м. Угли газовые, высокозольные. Ресурсы — 250 млн т.

Гербикиано-Огоджинское — находится в Хабаровском крае и приурочено широтному сложному прогибу, выполненному продуктивными осадками мелового возраста с 12 угольными пластами мощностью 1–6 м, при слиянии пластов до 33 м. Угли высокозольные (A^d 35%), малосернистые (S_i^d 0,3%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 21 МДж/кг, марок Д, СС,

Рис. 4. Схема марочного состава углей Донецкого бассейна.

Угленосные районы (цифры в кружках):

- 1 – Петриковский; 2 – Новомосковский; 3 – Петропавловский; 4 – Южно-Донбасский; 5 – Красноармейский; 6 – Донецко-Макеевский; 7 – Амвросиевский; 8 – Чистяково-Снежинский; 9 – Центральный; 10 – Селезневский; 11 – Алмазно-Марьевский; 12 – Лисичанский; 13 – Старобельский; 14 – Миллеровский; 15 – Луганский; 16 – Ореховский; 17 – Краснодонский; 18 – Каменско-Гундоровский; 19 – Белокалитвинский; 20 – Тацинский; 21 – Боково-Хрустальский; 22 – Должанско-Ровенский; 23 – Гуково-Зверевский; 24 – Белокалитвинский; 25 – Сулино-Садкинский; 26 – Цимлянский; 27 – Шахтинско-Несветаевский; 28 – Задонский



а также Т и А (в зонах влияния интрузий). Прогнозные ресурсы угля — 2860 млн т, разведанные запасы ($A + B + C_1$) — 13 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 100 млн т. Разрабатывается небольшим разрезом для местных нужд (около 100 тыс. т в год). Для широкого освоения необходимо строительство железной дороги.

Горловский — основной антрацитовый бассейн страны расположен на юге Новосибирской обл., к западу от Кузнецкого бассейна. Площадь 500 км². Открыт в XIX в., разрабатывается с 1930-го. Отложения перми слагают сильно нарушенную синклинали и содержат до 23 угольных пластов мощностью 1,5–20 м. Антрациты гумусовые, мало- и среднезольные (A^d 5–20%), малосернистые (S_t^d до 1%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 20–30 МДж/кг. Прогнозные ресурсы угля — 5527 млн т, разведанные запасы ($A + B + C_1$) — 412 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 527 млн т. Добыча (0,3 млн т в год) ведется на разрезе и шахте на Листвянском месторождении. Угли используются в энергетике и для технологических целей.

Донецкий (рис. 4) — на территории России в Ростовской области находится крайняя восточная часть бассейна, структурно тяготеющая к северной зоне мелкой складчатости, осложненной многочисленными нарушениями. Основных рабочих пластов 10, мощностью 0,6–2 м, строение их обычно простое. Угли среднезольные (A^d 10–20%), содержащие серы (S_t^d) от 1 до 6%. Теплота сгорания (Q_i^r) 25–28 МДж/кг. Угли всех марок от Д до А, но основные запасы представлены антрацитами. Условия эксплуатации сложные (интенсивная тектоника, большая глубина разработки, высокая газоносность). Прогнозные ресурсы — 14 711 млн т, разведанные запасы ($A + B + C_1$) — 6577 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 2989 млн т. Добыча угля (2006) — 7 млн т.

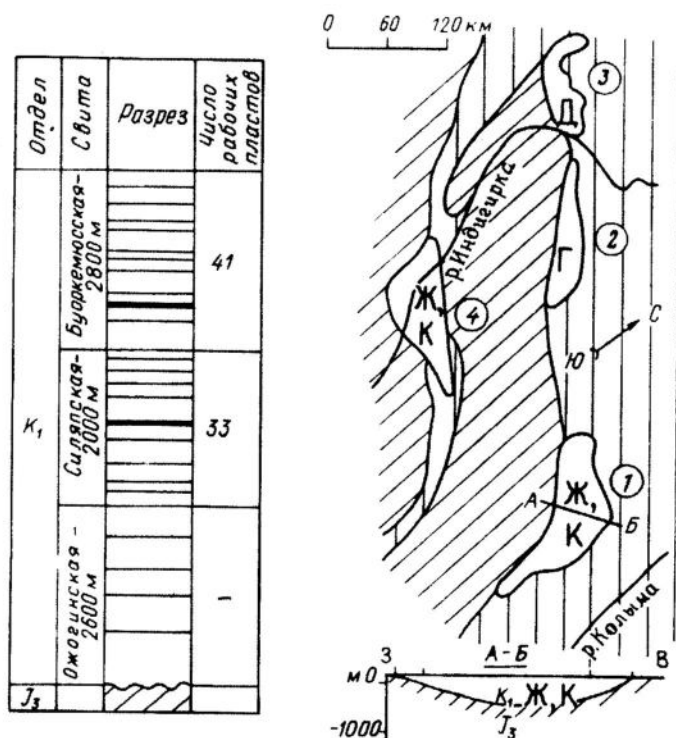


Рис. 5. Схема марочного состава углей Зырянского бассейна.

Угленосные районы:

- 1 — Зыряно-Силынский;
- 2 — Мятисский;
- 3 — Индигиро-Селенняхский;
- 4 — Момский

Западно-Камчатский — все угольные месторождения находятся на восточном побережье полуострова и по возрасту относятся к верхнему мелу, палеогену и неогену (Тигильское, Хайрюзовское, Поланское, Лесновское, Подкагерное, Крутогоровское, Корфовское и др.). Промышленное значение имеют до 15 угольных пластов мощностью от 0,6 до 10–15 м. Угли каменные и бурые (в неогене), от мало- до высокозольных (A^d 5–40%), малосернистые (S_t^d 0,2–0,5%). Прогнозные ресурсы — 17 031 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 109 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 165 млн т. Добыча угля на Корфовском месторождении — до 0,1 млн т в год. Проектируется несколько углеразрезов.

Западно-Сибирский — территориально совпадает с одноименным нефтегазоносным бассейном. Осадочные образования юры, мела и палеогена (до 4000 м) содержат десятки угольных пластов мощностью от 0,7 до 12 м. Угли гумусовые, местами, липтобиолитовые, от мало- до высокозольных (A^d 5–40%), малосернистые (S_t^d до 1%), на верхних горизонтах угли бурые, на глубоких — каменные, преимущественно длиннопламенные и газовые. Ресурсы угля оцениваются от 12 до 25 трлн т, но находятся они обычно на глубинах более 1000 м. Пока неясно, какова площадь распространения палеозойских угленосных отложений, выстилающих дно бассейна. Можно лишь предположить, что она достаточно велика, как и возможные ресурсы углей заключенных в них углей (по аналогии с Ленским бассейном, см.). Это крупнейший угольный бассейн мира.

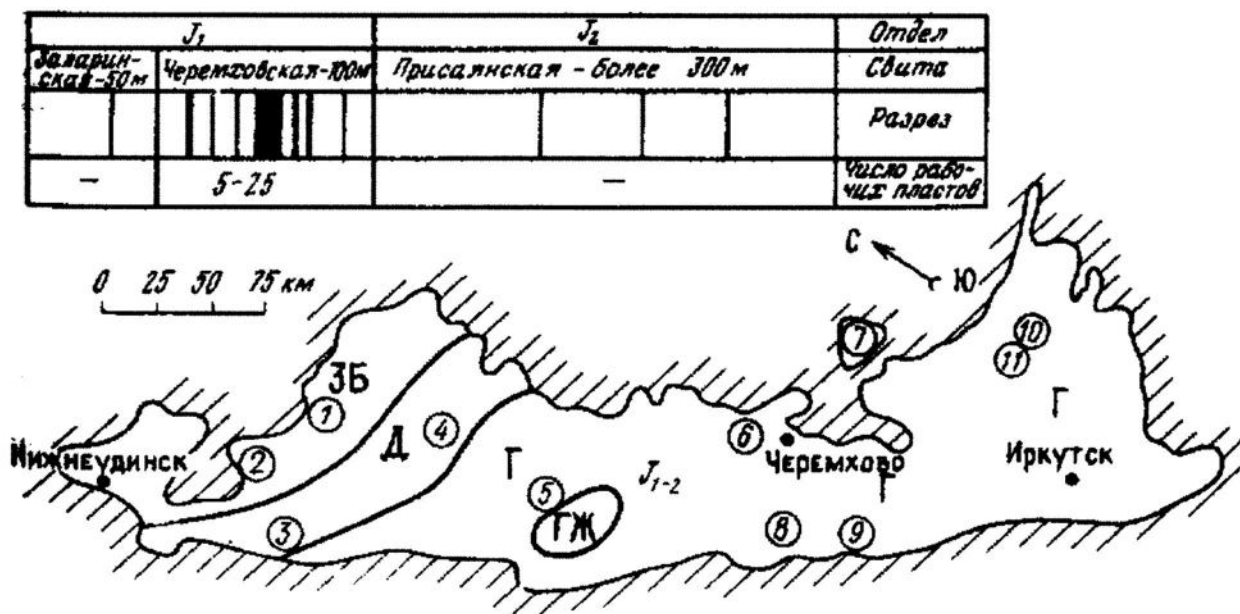


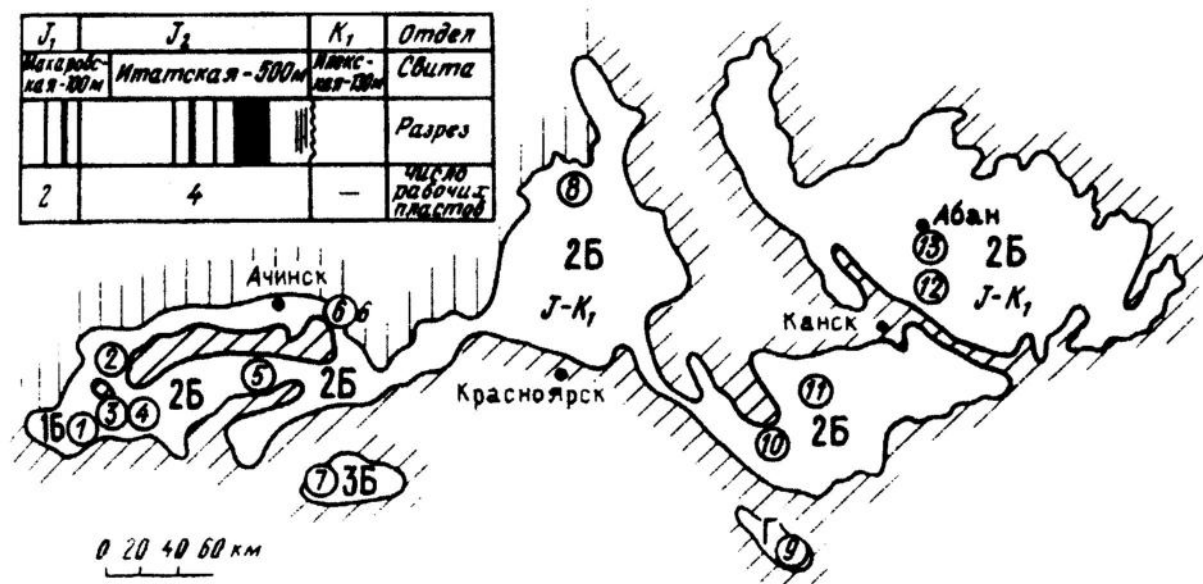
Рис. 6. Схема марочного состава углей Иркутского бассейна.

Месторождения:

- 1 — Азейское;
- 2 — Мугунское;
- 3 — Ишидейское;
- 4 — Каранцайское;
- 5 — Новометелкинское;
- 6 — Черемховское;
- 7 — Матаганское;
- 8 — Мотовское и Вознесенское;
- 9 — Арансхойское;
- 10 — Ишинское;
- 11 — Базойское

Зырянский (рис. 5) — расположен в северо-восточной части Якутии, в междуречье р. Индигирка и Колыма. Площадь 7500 км². Открыт в 1891 г., разрабатывается с 1935 г. (месторождение Эрозионное) открытым способом (первые сотни тысяч тонн). В тектоническом плане приурочен к Момо-Зырянскому прогибу Верхояно-Колымской складчатой системы в восточной части Верхояно-Чукотской складчатой области. Включает разобщенные угленосные площади: Зыряно-Силяпскую (месторождения: Эрозионное, Буор-Кемюское, Харангское), Мятисскую (Краснореченское), Индигирско-Селенняхскую и Момскую (Тихонское). Продуктивны нижнемеловые отложения, слагающие крупные пологие брахисинклинали, осложненные на крыльях дополнительной складчатостью и разрывами. Угленосные отложения мощностью свыше 5000 м содержат до 80 угольных пластов и прослоев мощностью свыше 0,6 м. Наиболее продуктивна верхняя часть разреза (буоркемюсская свита) в Зыряно-Силяпском р-не, содержащая 35 пластов угля, из них 5 мощностью 2–10 м. В нижележащих отложениях выявлено: в силяпской свите до 15 пластов мощностью 0,6–2,0 м и в ожогинской — едиличные пласты мощностью 0,4–1,6 м. Угли каменные, марочный состав изменяется от длиннопламенных и газовых (на Индигирско-Селенняхской площади) до жирных и коксовых (на Зыряно-Силяпской), вблизи интрузий — антрациты. Основные показатели качества угля: зольность (A^d) — 10–22%; выход летучих веществ (V^{daf}) — 20–40%, содержание серы (S_t^d) 0,1–1,9%; высшая удельная теплота сгорания (Q_s^{daf}) — 30–37 МДж/кг, толщина пластического слоя (Y) — 6–24 мм. Угли каменные, марок Г, Ж, К. Прогнозные ресурсы — 8552 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 171 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 31 млн т.

J_1	J_2	K_1	Отдел
Маяковский - 100 м	Итаатская - 500 м	Алексеевская - 100 м	Сибирь
			Разрез
2	4	—	число рабочих пластов



Иркутский (рис. 6) — расположен на юге Сибири на территории Иркутской обл. Площадь 37 тыс. км². Открыт в конце XVIII в., разрабатывается с 1896 г. Приурочен к крупной впадине (500 x 80 км), выполненной осадками юры (до 750 м), содержащими до 25 угольных пластов мощностью 1–10 м, реже — до 20 м. Угли гумусовые, реже — сапропелевые, средние- и высокозольные (A^d 15–30%), мало- и высокосернистые (S_p^d) — 1–6%, с рабочей влажностью 5–20% и теплотой сгорания (Q_f^r) 18–25 МДж/кг. Степень метаморфизма возрастает с северо-запада на юго-восток от бурых (ЗБ) до газовых-жирных (ГЖ). Угли Новометелкинского месторождения хорошо спекаются (Y до 30 мм), но пока не пригодны для коксования из-за высокой сернистости. Прогнозные ресурсы угля — 13 541 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 7694 млн т, в том числе коксующиеся — 749 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 4602 млн т. Добыча угля (до 10 млн т в год) ведется разрезами на Черемховском, Азейском и Тулунском месторождениях. Условия разработки благоприятные.

Камский — расположен на территории Татарстана, Башкортостана, Удмуртии, Пермской и Кировской областей и занимает площадь 90 тыс. км². Приурочен к юго-восточному склону Волго-Уральской антеклизы. Угленосные отложения нижнего карбона мощностью до 500 м слагают ряд эрозионных и карстовых впадин и содержат на глубинах 800–1200 м до 20 угольных пластов, из которых 3 достигают рабочей мощности от 1 до 36 м. Угли гумусовые высокозольные (A^d 26–29%), высокосернистые (S_p^d 3–4%), с теплотой сгорания (Q_f^r) 15–20 МДж/кг, в основном длиннопламенные, частично, бурые. Прогнозные ресурсы угля — 12 467 млн т. Изучен крайне слабо. Возможна подземная газификация угля.

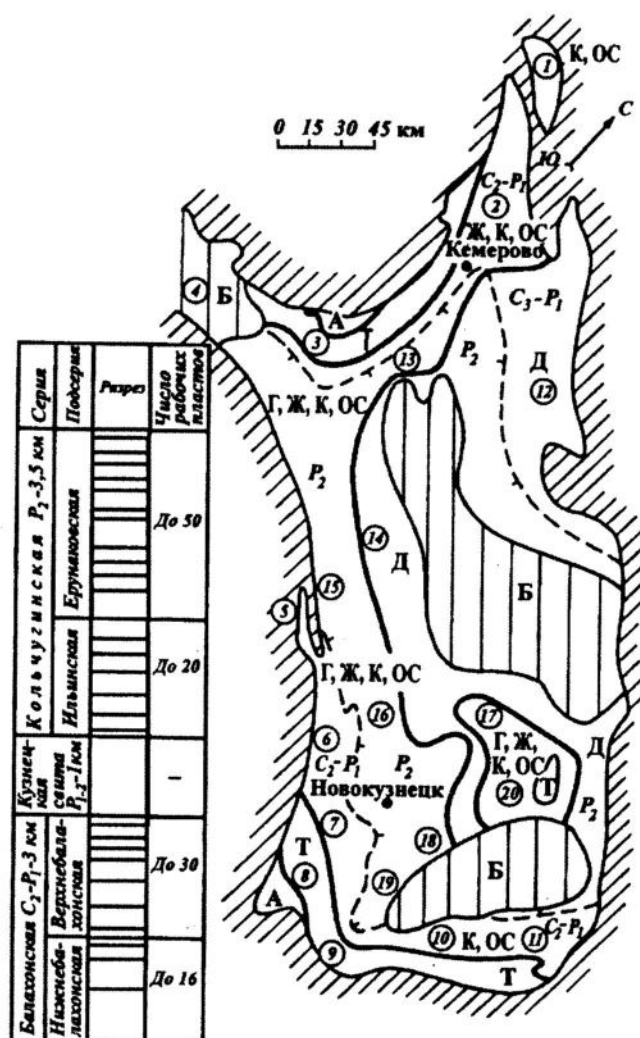
Рис. 7. Схема марочного состава углей Канско-Ачинского бассейна.

Месторождения:

- 1 — Барандатское;
- 2 — Урюпское;
- 3 — Березовское;
- 4 — Назаровское;
- 5 — Боровское;
- 6 — Боровское;
- 7 — Балахтинское;
- 8 — Казанское;
- 9 — Саяно-Партизанское;
- 10 — Переяславское;
- 11 — Ирша-Бородинское;
- 12 — Канское;
- 13 — Абанское

Рис. 8. Схема марочного состава углей Кузнецкого бассейна.

Угленосные районы (цифры в кружках):
 1 – Анжерский;
 2 – Кемеровский;
 3 – Титовский;
 4 – Завьяловский;
 5 – Бачатский;
 6 – Прокопьевско-Киселевский;
 7 – Араличевский;
 8 – Бунгуро-Чумышский;
 9 – Кондомский;
 10 – Мрасский;
 11 – Томусинский;
 12 – Крапивинский;
 13 – Плотниковский;
 14 – Ленинский;
 15 – Беловский;
 16 – Ускатский;
 17 – Ерунаковский;
 18 – Байдаевский;
 19 – Осиновский;
 20 – Терсинский



Канско-Ачинский (рис. 7) — один из основных угольных бассейнов страны, 7 находится на юге Сибири в пределах Красноярского края, Кемеровской и Иркутской обл. Площадь 50 тыс. км². Известен с 1771 г., разрабатывается с 1905-го. Вытянут в широтном направлении вдоль Транссибирской ж.-д. магистрали. Приурочен к нескольким обширным впадинам, выполненным осадками юры (до 1000 м), заключающими до 15 угольных пластов мощностью 1–60 м, реже — более. Угли гумусовые, мало- и средnezольные (A^d 5–15%), малосернистые (S^d 0,5%), с рабочей влажностью (W^d 10–45%) и теплотой сгорания (Q^d) 12–15 МДж/кг. По степени метаморфизма угли бурые, за исключением газовых углей Саяно-Партизанского месторождения на юге бассейна. Прогнозные ресурсы угля — 327 339 млн т, разведанные запасы ($A + B + C_1$) — 79 904 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 38 743 млн т. Значительная часть запасов пригодна для открытой разработки. Добыча угля (38 млн т, 2006)

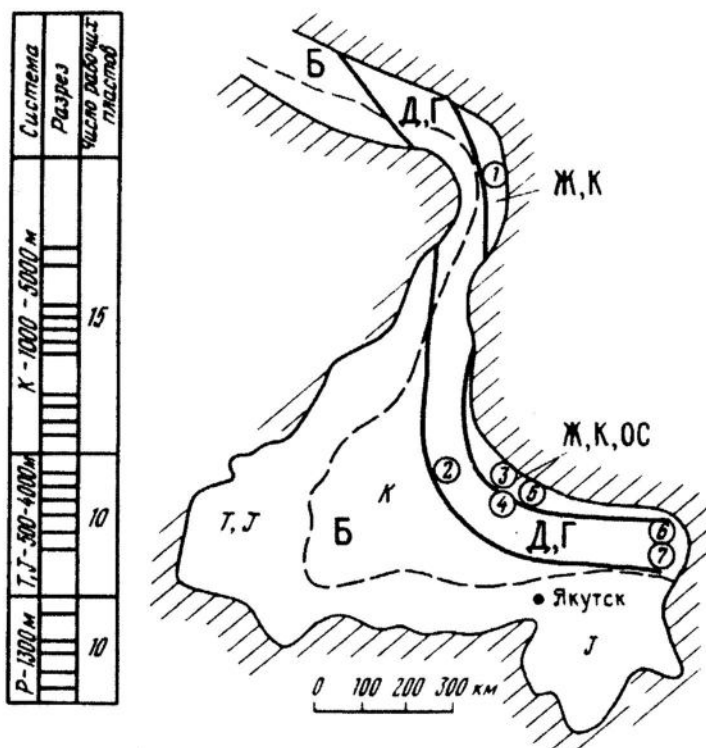


Рис. 9. Схема марочного состава углей Ленского бассейна.

Месторождения:
 1 — Чай-Чумусское;
 2 — Леписское;
 3 — Верхне-Люнкюбейское;
 4 — Сангарское;
 5 — Чечумское;
 6 — Нижнее-Тумакское;
 7 — Джебарики-Хая

ведется на Назаровском, Березовском и Ирша-Бородинском месторождениях. Условия разработки благоприятные, что обусловлено большой мощностью угольных пластов и незначительной глубиной их залегания.

Кизеловский — находится в Пермской области, площадь 5 тыс. км². Приурочен к узкой и сложной синклинали, выполненной осадками нижнего карбона с четырьмя рабочими пластами угля мощностью 0,6–5 м. Показатели качества угля: зольность (A^d) — 33%, теплота сгорания (Q_i^r) — 22 МДж/кг, толщина пластического слоя (Y) — 6–24 мм. Угли каменные, марок Г, ГЖО, Ж, пригодны для коксования. Прогнозные ресурсы угля — 354 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 180 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 33 млн т. Максимальная добыча — 11,7 млн т (1961), в настоящее время прекращена из-за сложных горно-геологических условий (интенсивная тектоника, высокая газоносность, большая глубина).

Кузнецкий (рис. 8) — крупнейший угольный бассейн страны находится на юге Западной Сибири на территории Кемеровской обл. Площадь 27 тыс. км². Открыт в 1722 г., разрабатывается с 1851-го. Приурочен к межгорной впадине, выполненной отложениями карбона, перми и юры (до 8000 м), содержащими 130 пластов угля мощностью 0,6–30 м, в том числе 10 пластов юрских. Угли гумусовые, мало- и средnezольные (A^d 7–20%), малозольные (S_i^d 0,5%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 20–26 МДж/кг. Палеозойские угли каменные, марок Д, Г, Ж, КЖ, К, ОС, Т, А, юрские —

Рис. 10. Схема
Минусинского
бассейна:

1 — граница
бассейна;

2 — пермские
угленосные
отложения.

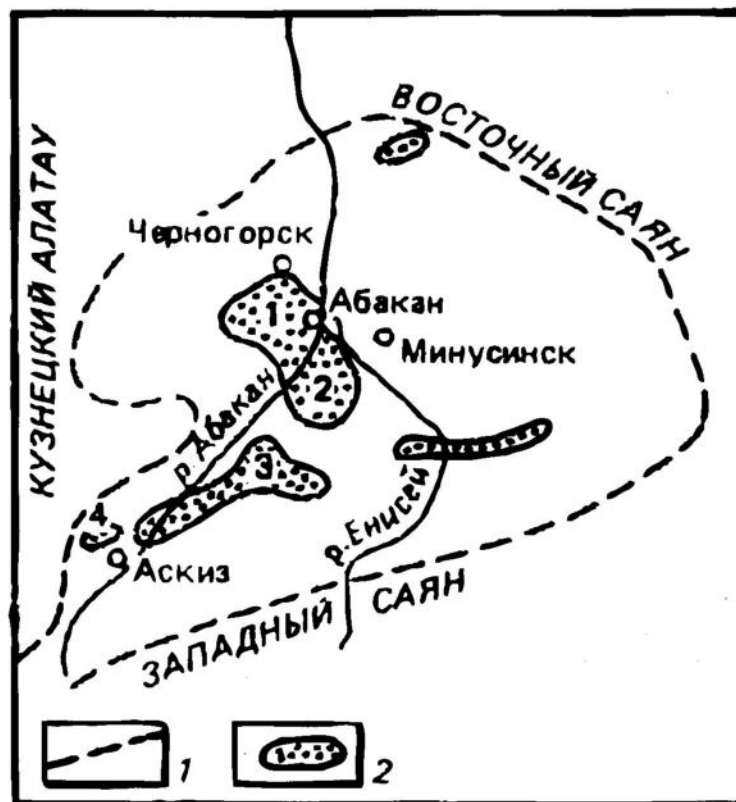
Месторождения:

1 — Черногорское;

2 — Изыхское;

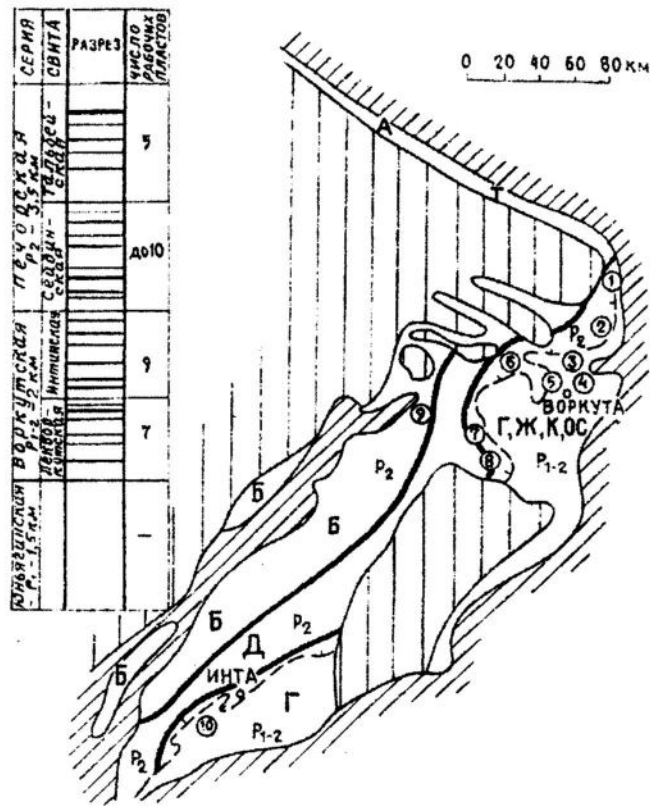
3 — Бейское;

4 — Аскизское



бурые (ЗБ). Степень метаморфизма углей возрастает с востока на запад. Из 27 геолого-промышленных районов основное значение имеют Томусинский, Ерунаковский, Прокопьевско-Киселевский, Ленинский, Беловский, Кемеровский. Прогнозные ресурсы угля — 417 168 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 55 838 млн т, в том числе коксующиеся — 28 956 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 167 444 млн т. Добыча угля 174 млн т (2006) ведется на шахтах и разрезах. Условия разработки от простых до сложных. Угли используются в энергетике, для коксования и газификации. Частично уголь экспортируется. Предпосылки для дальнейшего развития угледобычи благоприятные.

Ленский (рис. 9) — второй по ресурсам угля (после Тунгусского) бассейн страны. Находится на северо-востоке Сибирской платформы на территории Республики Якутия (Саха). Площадь 600 тыс. км². Известен с XIX в., разрабатывается с 1930 г. Юрские и меловые отложения слагают обширную синеклизу и содержат 50 угольных пластов мощностью 1–5 м. На больших глубинах (более 3000 м) вскрыты угленосные отложения перми. Мезозойские угли гумусовые, мало- и среднесольные (A^d 5–25%), малосернистые (S_t^d 0,5%), с рабочей влажностью (W_r) 5–45% и теплотой сгорания (Q_r) 15–25 МДж/кг. На основной (западной) части бассейна — угли бурые, на крайней восточной — каменные, марок Г, Ж, К, ОС. Прогнозные ресурсы угля — 867 064 млн т, разведанные запасы



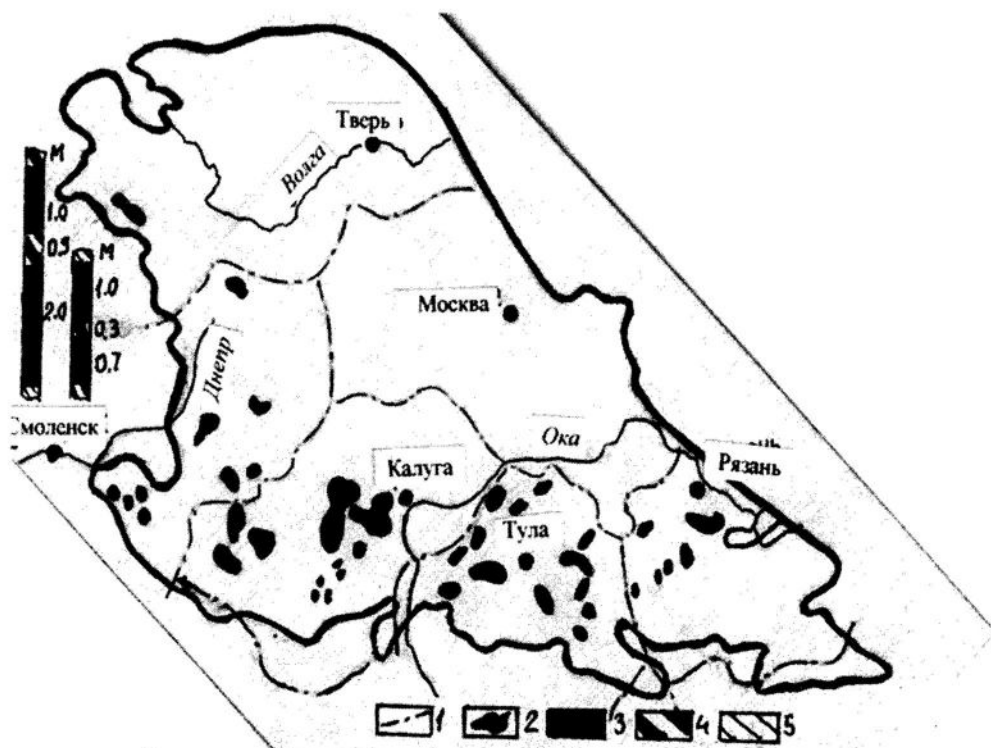
**Рис. 11. Схема
марочного состава
углей Печорского
бассейна.**
**Месторождения
(цифры в круж-
ках):**
**1 — Хальмерью-
ское и Паембойс-
кое;**
**2 — Верхнесырья-
гинское;**
**3 — Нижнесырья-
гинское;**
4 — Юньягинское;
5 — Воркутское;
**6 — Воргашорс-
кое;**
7 — Усинское;
8 — Сейдинское;
**9 — Верхнерогов-
ское;**
10 — Интинское

$(A+B+C_1) = 4952$ млн т, предварительно оцененные (C_2) — 1832 млн т. Добыча угля (до 1 млн т в год) ведется на месторождениях: Кангаласском (разрез), Сангарском и Джебарики-Хая (шахты). Угли используются в энергетике. Освоение бассейна сдерживается значительной удаленностью его от крупных потребителей угля.

Миусинский (рис. 10) — располагается на юге Восточной Сибири и занимает площадь 8,1 тыс. км². Представляет собой серию позднепалеозойских впадин, выполненных продуктивными отложениями карбона и перми мощностью 1100–1800 м. Они содержат 10–20 угольных пластов мощностью 1–20 м. Пласты нередко расщепляются. Зольность угля — (A^d) 6–29%, содержание серы (S_i^d) — 0,5%, теплота сгорания (Q_i^r) — 20–26 МДж/кг. Угли Аскизского месторождения спекаются. На остальных месторождениях — длиннопламенные. Прогнозные ресурсы угля — 14 987 млн т, разведанные запасы — 4941 млн т, предварительно оцененные — 394 млн т. Для открытой разработки пригодны 3,6 млрд т. Добыча угля (до 10 млн т в год) ведется в основном открытым способом. Перспективно для освоения крупное Бейское месторождение.

Омсулчанский — находится в Магаданской обл. Основное месторождение — Галимовское — занимает площадь 0,8 тыс км². Угленосные отложения мелового возраста содержат 3 пласта мощностью 1–12 м. Угли среднезольные (A^d 22%), малосернистые (S^d) от 1 до 6%. Теплота сгора-

Рис. 12. Схема Подмосковского угольного бассейна:
 1 — границы областей;
 2 — угольные месторождения.
 На колонках пластов:
 3 — уголь;
 4 — углистый аргиллит;
 5 — аргиллит.



ния (Q_i^r) 25–28 МДж/кг. Угли относятся к тощим и антрацитам. Прогнозные ресурсы угля 5243 млн. т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) 413 млн. т, предварительно оцененные (C_2) 492 млн. т. Добыча 0.3 млн т в год.

Охотский — находится в Магаданской обл и включает несколько месторождений неогенового возраста, основное — Ланковское, содержащее до 6 пластов мощностью 1–10 м. Угли среднезольные (A^d 10–30%), малосернистые (S_i^d 0,3%). Теплота сгорания (Q_i^r) — 11 МДж/кг. Угли относятся к бурым, группы 1Б. Прогнозные ресурсы угля — 8200 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 2297 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 400 млн т.

Партизанский (Сучанский) — находится в Приморском крае и занимает площадь 6 тыс км². Приурочен к сложной синклинальной структуре, сложенной осадками мела, палеогена и неогена с 10 пластами угля мощностью 0,6–6 м. Угли гумусовые, высокозольные (A^d 25%), малосернистые (S_i^d 0,5%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 21 МДж/кг. Толщина пластического слоя (Y) — 0–14 мм. Угли в основном тощие. Небольшая часть пригодна для коксования. Прогнозные ресурсы угля — 1070 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 133 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 178 млн т. Добыча угля 0,1 млн т в год, постоянно снижается из-за сложных условий эксплуатации.

Печорский (рис. 11) — крупнейший бассейн в европейской части страны. Площадь 90 тыс. км². Расположен в Республике Коми и Архан-

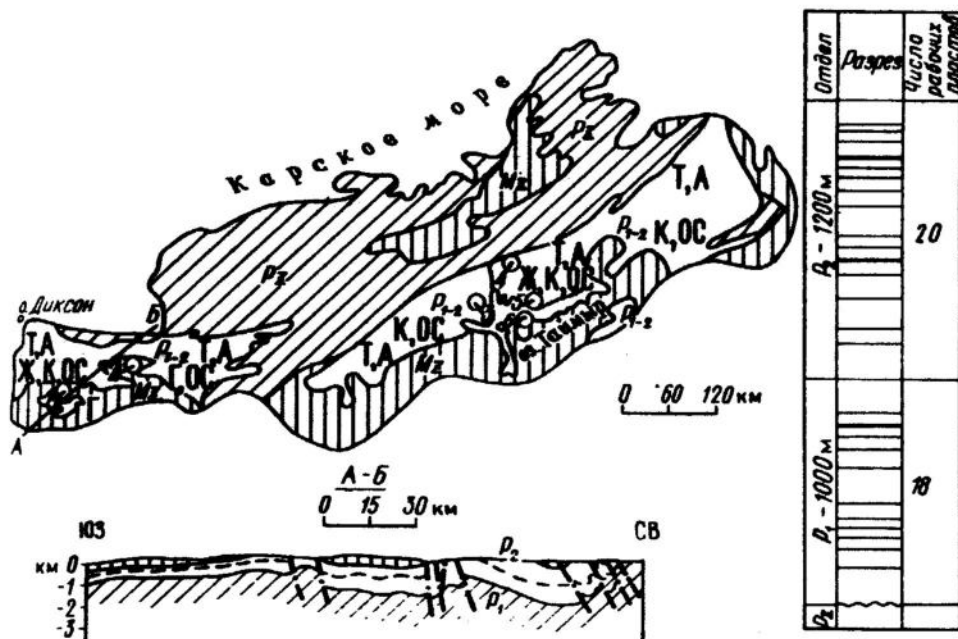
гельской обл. Известен с 1888 г., разрабатывается с 1934-го. Приурочен к Уральскому краевому прогибу, выполненному угленосными отложениями перми (6000 м), заключающими до 30 угольных пластов мощностью 0,7–30 м, обычно 1–3 м. Угли гумусовые, средне- и высокозольные (A^d 10–30%), мало- и высокосернистые (S^d 1–4%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 15–25 МДж/кг. Степень метаморфизма возрастает с запада на восток с изменением марок углей от Б (Верхнероговское месторождение) до Д (Интинское и Сейдинское), Г и Ж (Ворганшорское, Воркутское и Усинское), К (Юньягинское и Хальмерьуское), ОС и Т (Верхнерырьягинское). Прогнозные ресурсы угля — 175 697 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 8120 млн т, в том числе коксующиеся — 3280 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 412 млн т. Добыча угля — 14 млн т (2006), в том числе коксующегося (10), ведется на Воркутском, Ворганшорском и Интинском месторождениях. Условия эксплуатации сложные, что связано с высокой газоносностью углей и большими глубинами разработки (до 1000 м). Дальнейшее развитие добычи коксующихся углей может быть обеспечено на Ворганшорском, Воркутском и Усинском месторождениях, энергетических на Сейдинском месторождении.

Подмосковный буроголовый (рис. 12) — находится в центре европейской части страны. Площадь 120 тыс. км². Известен с 1722 г., разрабатывается с 1855-го. Расположен на пологих западном и южном крыльях Московской синеклизы. Продуктивные отложения нижнего карбона (визе) мощностью 50–150 м включают 4 пласта угля, из которых основное значение имеет только пласт 2 мощностью 1–5 м и сложного строения. Угли бурые, гумусовые с прослоями сапропелевых, высокозольные (A^d 30–35%), высокосернистые (S^d 3–5%), с рабочей влажностью (W^r) 30–40% и теплотой сгорания (Q_i^r) 10–12 МДж/кг. Прогнозные ресурсы угля — 2263 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 3443 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 453 млн т. Добыча угля ведется несколькими шахтами и разрезами (в 2006 — 1 млн т). Условия эксплуатации сложные, что в основном связано с высокой обводненностью шахтных полей и сложным строением угольных пластов. Угли используются в энергетике.

Раздольненский — находится в Приморском крае. Площадь 5000 км². Основное месторождение — Липовецкое. Угленосные отложения мелового возраста мощностью 1700 м содержат 5 пластов мощностью 1–4 м. Угли гумусовые, преимущественно липтобиолитовые, представленные смоляными разностями — рабдописситами. Угли среднезольные (A^d 23%), малосернистые (S^d 0,2%). Теплота сгорания (Q_i^r) — 25–28 МДж/кг. Угли марки Д. Пригодны для получения многих химических продуктов. Прогнозные ресурсы угля — 654 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 73 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 230 млн т. Добыча до 1 млн т угля в год.

Рис. 13. Схема марочного состава углей Таймырского бассейна.

Месторождения:
1 — Сырадасайское;
2 — Пясинское;
3 — Угленосное;
4 — Черноярское;
5 — Озерное;
6 — Заячье



Сахалинский — основные месторождения располагаются на западе острова (Мгачинское, Александровское, Бошняковское, Углегорское, Лесогорское, Горнозаводское, Макаровское, Вахрушевское, Новиковское). Угли относятся к мелу, палеогену и неогену. Количество угольных пластов меняется от 5 до 30, а их мощность от 0,6 до 5 м. Угли гумусовые, каменные и бурые (на юге и востоке) мало- и средnezольные (A^d 5–22%), малосернистые (S_t^d 0,2–0,5%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 15–20 МДж/кг. Прогнозные ресурсы угля — 14 107 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 1861 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 629 млн т. Добыча угля ведется несколькими шахтами и разрезами (в 2001 — 1 млн т). Для открытой разработки перспективно Солнцевское месторождение (252 млн т).

Сосьвинско-Салехардский — находится на северо-западе Тюменской области, фактически является западной «кромкой» Западно-Сибирского угольного бассейна; протягивается узкой полосой вдоль Урала на 700 км. Основные месторождения на юге бассейна — Люльинское, Тольинское и Оторынское. Отложения триаса и юры содержат 6 угольных пластов мощностью 0,6–30 м. Угли бурые (ЗБ), средnezольные (A^d 12–17%), малосернистые (S_t^d 1%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 12–16 МДж/кг. Прогнозные ресурсы угля — 18 773 млн т, разведанные запасы (C_1) — 457 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 815 млн т. Для открытой разработки пригодны 160 млн т. Перспективы освоения бассейна связаны с развитием транспортной сети.

Среднеамурский — находится в Хабаровском крае и занимает площадь 60 тыс км². Известен с 1842 г. Включает Лианское, Хурмурлинское

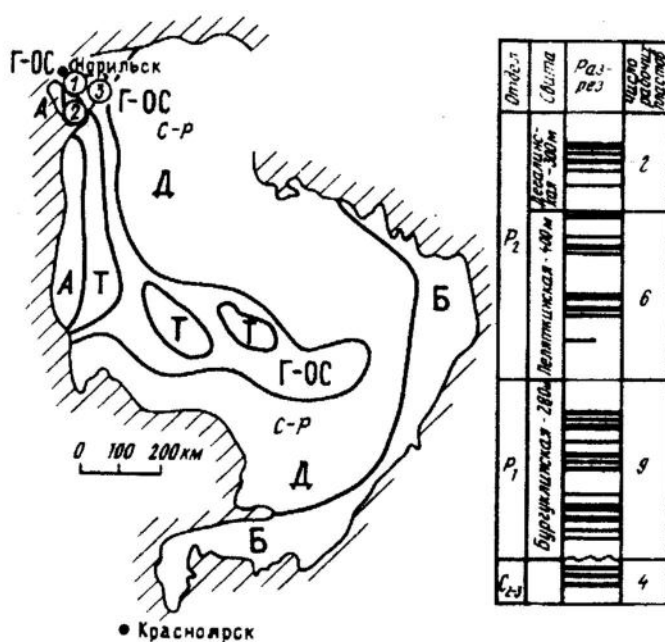


Рис. 14. Схема марочного состава углей Тунгусского бассейна.

Месторождения:
1 — Кайерканское;
2 — горы Шмидта;
3 — Имадинское

и Мухенское месторождения. Угленосные отложения палеогена и неогена содержат до 10 рабочих пластов мощностью 1–15 м. Угли бурые (1Б и 2Б), средне- и высокосольные (A^d 6–40%), малосернистые (S_i^d 0,2–0,7%), с низкой теплотой сгорания. Рабочая влага (W_i^r) — 35–55%, выход смолы (T_{sk}^{daf}) — 12%. Прогнозные ресурсы угля более 7000 млн т, разведанные запасы (C_1) около 400 млн т, частично пригодны для открытой разработки пригодны. В целом изучен слабо.

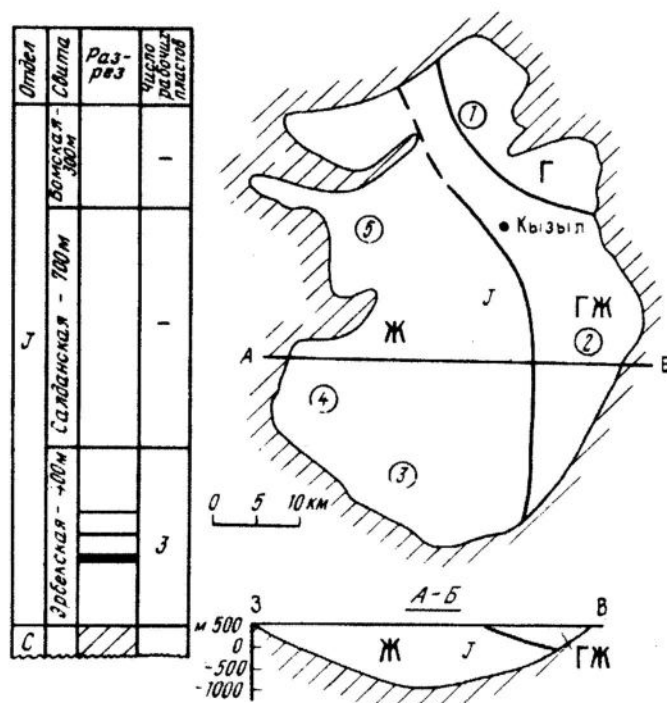
Таймырский бассейн (рис. 13) — расположен в Сибири на одноименном полуострове и занимает площадь 80 тыс. км². Угленосные отложения пермского возраста мощностью 1–2 тыс. м слагают несколько крупных синклинальных структур, осложненных дополнительной складчатостью и разрывными нарушениями. До 40 угольных пластов имеют мощность от 0,6 до 8 м. Зольность угля (A^d) разная — от 9 до 38%, содержание серы (S_i^d) — 0,4%, теплота сгорания (Q_i^r) — 22–29 МДж/кг. Марки углей — от газовых до антрацитов. Прогнозные ресурсы угля — 82 574 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 3 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 86 млн т. Прогнозные ресурсы коксующихся углей — 31 961 млн т. Бассейн значительно удален от потребителя, изучен крайне слабо и пока не освоен. Делаются попытки начать его доизучение.

Тунгусский бассейн (рис. 14) — один из крупнейших бассейнов мира, расположен на Сибирской платформе и занимает площадь более 1 млн км². Угленосные отложения карбона и перми мощностью до 1500 м слагают несколько крупных впадин, осложненных на западе бассейна дополнительной складчатостью и разрывами. Более 20 угольных пластов имеют мощность от 0,6 до 20 м, местами до 70 м. Угли среднесольные

Рис. 15. Схема марочного состава углей Улутхемского бассейна.

Месторождения:

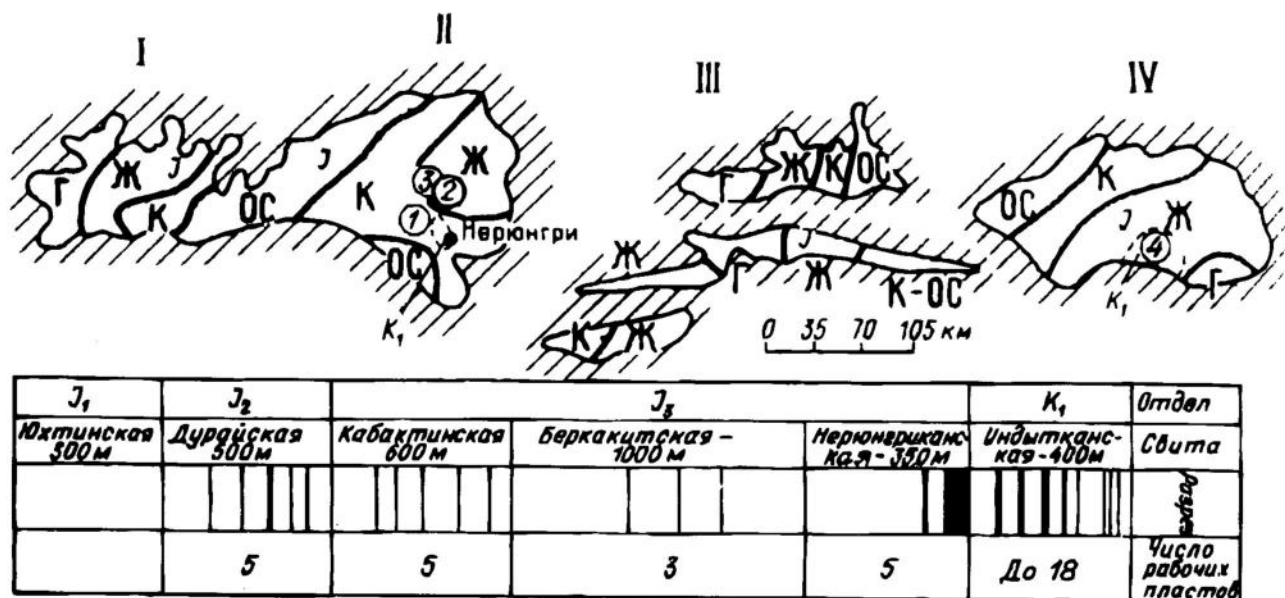
- 1 — Чихачевское;
2 — Каахемское;
3 — Межигейское;
4 — Элегестское;
5 — Эрбекское



(A^d 15–20%), мало- и среднесернистые (S_i^d 0,5–3%), теплота сгорания (Q_i 20–25 МДж/кг). В бассейне интенсивно проявился трансформативный магматизм. Угли бурые (на крайнем юго-востоке) до каменных всех марок, антрацитов и графита (на западе). Коксующиеся угли известны на северо-востоке в Норильском районе. Прогнозные ресурсы угля — 1 453 545 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 2015 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 2466 млн т. Бассейн изучен и освоен слабо. Добыча угля — 0,3 млн т в год.

Угловский — находится в Приморском крае и представляет собой серию приразломных впадин. Выполненных осадками палеогена и неогена с 10–20 угольными пластами мощностью 1–15 м. Угли гумусовые, высокозольные (A^d 25–30%), малосернистые (S_i^d 0,5%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 12–15 МДж/кг, относятся к бурым (2Б и 3Б). Разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 128 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 9 млн т. Максимальная добыча угля на Артемовском, Тавричанском и Шкотовском месторождениях достигала 4 млн т в год и снизилась до 1 млн т.

Улутхемский (рис. 15) — расположен на юге Сибири на территории Республики Тува. Площадь 2300 км². Открыт в 1883 г., разрабатывается с 1914-го. Приурочен к межгорной впадине, выполненный осадками юры (1500 м), содержащими 5 угольных пластов мощностью 0,6–15 м. Угли гумусовые с большим содержанием смол, малозольные (A^d 10–15%), малосернистые (S_i^d 0,5%), хорошо спекающиеся. Степень метаморфизма углей возрастает с востока на запад с измене-



нием марок углей от Г, ГЖ (Каахемское месторождение) до Ж, КЖ и К (Межигейское, Эрбекское и Элегестское месторождения). Угли представляют собой ценное сырье для производства металлургического кокса. Прогнозные ресурсы угля — 14 547 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 1058 млн т, в том числе коксующиеся 935 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 4 млн т. Разрабатывается Каахемское месторождение — до 1 млн т в год. Для освоения бассейна необходимо связать его с Транссибирской ж.-д. магистралью веткой протяженностью 450 км. Некоторые западные и восточные компании проявили заинтересованность в освоении бассейна.

Ханкайский — расположен в Приморском крае и включает ряд обособленных месторождений — Павловское, Раковское, Реттиховское, Чернышевское. Осадки неогена содержат от 3 до 8 пластов угля мощностью 1,5–8, при слиянии до 50 м. Угли бурые (группа 1Б, 2Б), средnezольные (A^d 14–23%), малосернистые (S_i^d 0,4%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 12 МДж/кг. Максимальная влагоемкость (W_{max}^{af}) — 40–44%. Прогнозные ресурсы угля — 23 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 576 млн т, предварительно оцененные 416 млн т. Добыча открытым способом ведется на Павловском месторождении тремя разрезами мощностью 3 млн т в год. На Раковском месторождении разведан участок для разреза (2 млн т в год).

Челябинский — находится на юге Урала. Площадь 1,5 тыс. км². Отложения триаса и юры содержат от 5 до 40 угольных пластов мощностью 1–60 м. Угли бурые, высокозольные (A^d 33%), малосернистые (S_i^d 0,3%), с теплотой сгорания (Q_i^r) — 13 МДж/кг. Прогнозные ресурсы угля — 0,3 млрд т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 0,5 млрд т. Добыча открытым способом до 3 млн т в год.

Рис. 16. Схема марочного состава углей Южно-Якутского бассейна. Угленосные районы: I — Усунский; II — Алдано-Чульманский; III — Гонамский; IV — Токинский. Месторождения: 1 — Нерюнгринское; 2 — Денисовское; 3 — Чульмаканское; 4 — Эльгинское

Рис. 17. Схема марочного состава углей Нерюнгринского месторождения Южно-Якутского бассейна

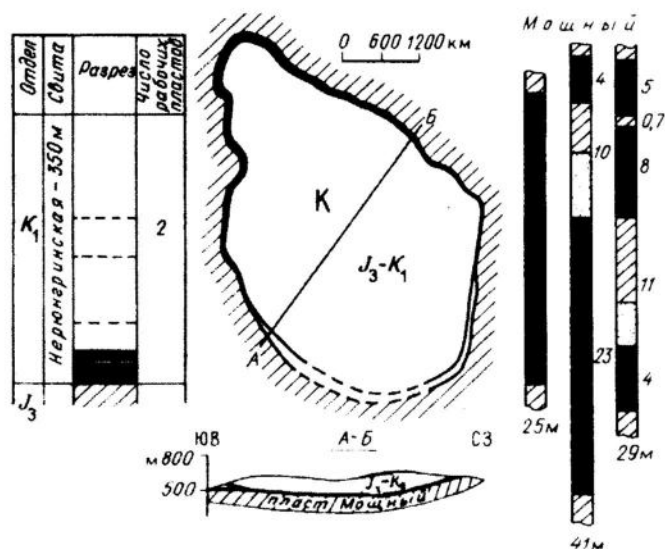
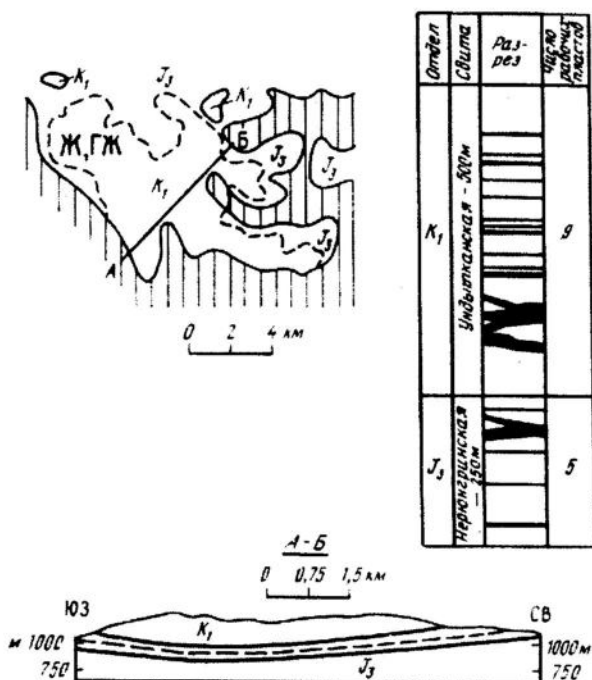


Рис. 18. Схема марочного состава углей Эльгинского месторождения Южно-Якутского бассейна



Южно-Уральский — находится на востоке европейской части страны. Площадь — 24 тыс. км². Охватывает серию кайнозойских впадин (месторождения Бабаевское, Ворошиловское, Репьевское, Хабаровское, Кривлевское, Куюргазинское и др.). До 9 пластов угля, образуют крупные залежи мощностью 1–95 м. Угли бурые (группа 1 Б), среднечисловые (A^d 22%), малосернистые (S_t^d 1,6%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 8 МДж/кг. Прогнозные ресурсы угля — 208 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 989 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 1 млн т. Ранее интенсивно разрабатывался открытым способом (10 млн т в 1957). Ныне 0,6 млн т в год.



Рис. 19. Основные каменно-угольные бассейны Европы:
 1 – Астурийский (Испания);
 2 – Нор-Па-де-Кале; 3 – Лотарингский (Франция);
 4 – Саарский;
 5 – Нижнерейнско-Вестфальский (Германия);
 6 – Льежский (Бельгия);
 7 – Кент; 8 – Южный Уэльс;
 9 – Северный Уэльс;
 10 – Ланкашир;
 11 – Нортумберленд-Дарем;
 12 – Йоркшир-Ноттингемшир (Великобритания);
 13 – Остравско-Карвинский (Чехия);
 14 – Нижнесилезский; 15 – Верхнесилезский;
 16 – Люблинский (Польша);
 17 – Мечек (Венгрия);
 18 – Истарский;
 19 – Ибарский;
 20 – Млавно-Печский (Сербия);
 21 – Петрошанский (Румыния);
 22 – Балканский;
 23 – Добруджанский (Болгария);
 24 – Донецкий (Россия, Украина). Возраст угленосных отложений обозначен буквами

Южно-Якутский (рис. 16) — крупнейший на Дальнем Востоке бассейн, находится на юге Республики Саха (Якутия). Площадь 25 тыс. км². Открыт в 1889 г., разрабатывается с 1933-го. Угленосные отложения юры и мела (1500 м) выполняет ряд впадин вдоль южной окраины Сибирской платформы. Количество рабочих угольных пластов 10–20, при мощности 1–3, реже — 10–60 м. Угли каменные гумусовые, средnezольные (A^d 10–20%), малосернистые (S^d 0,5%), с теплотой сгорания (Q^d) 24 МДж/кг, спекающиеся (марки Г, ГЖ, Ж, К, ОС, СС, местами — Т). Основные месторождения: Нерюнгринское (рис. 17), Эльгинское (рис. 18), Чульмаканское, Денисовское. Первые два пригодны для разработки открытым способом. Прогнозные ресурсы угля — 46 471 млн т, разведанные запасы ($A+B+C_1$) — 4483 млн т, предварительно оцененные (C_2) — 2764 млн т. Разрабатывается открытым способом Нерюнгринское и Денисовское месторождения (8 млн т в год). Условия разработки благоприятные. Наиболее перспективно Эльгинское месторождение жирных углей (3000 млн т), расположенное на востоке бассейна.

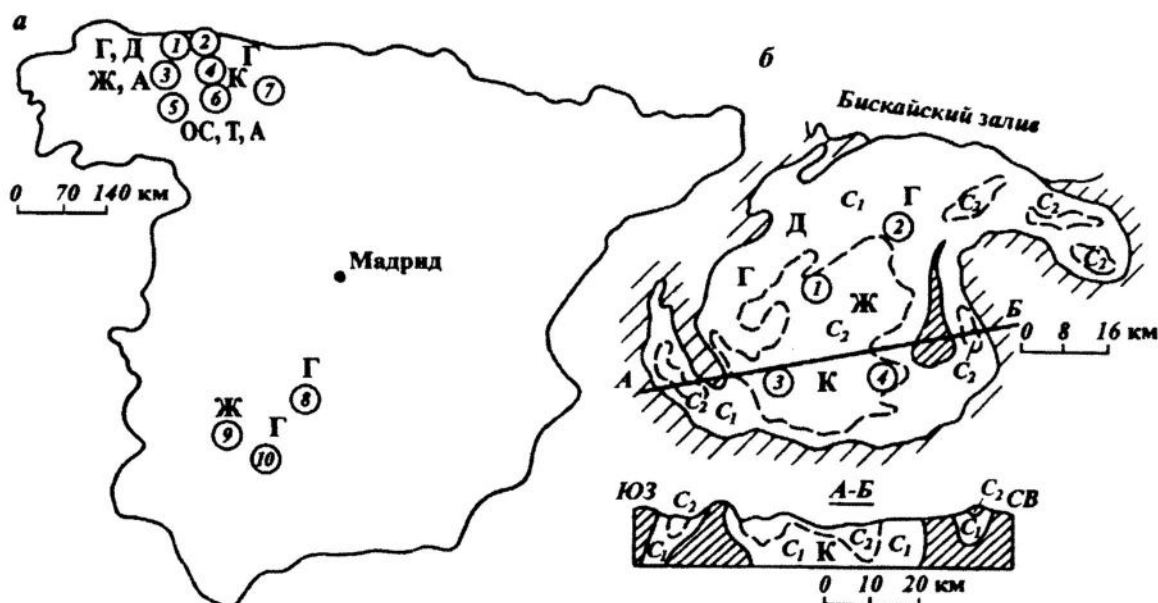


Рис. 20. Каменно-угольные месторождения и бассейны Испании (а) и схема марочного состава углей Астурийского бассейна (б). Месторождения Астурийского бассейна: 1 — Тинео и Карменсита; 2 — Ла-Камоча; 3 — Вильяблино, Кото-Кортес; 4 — Мьерес, Кото-Пас; месторождения Южно-Кантабрийского бассейна: 5 — Группо-Фабера, Торе-Бьерсо; 6 — Ла-Роблю; 7 — Систерна, Кото-Велилья; месторождения Южного района: 8 — Пуэртольяно; 9 — Посо-Сан-Хосе; 10 — Эспель

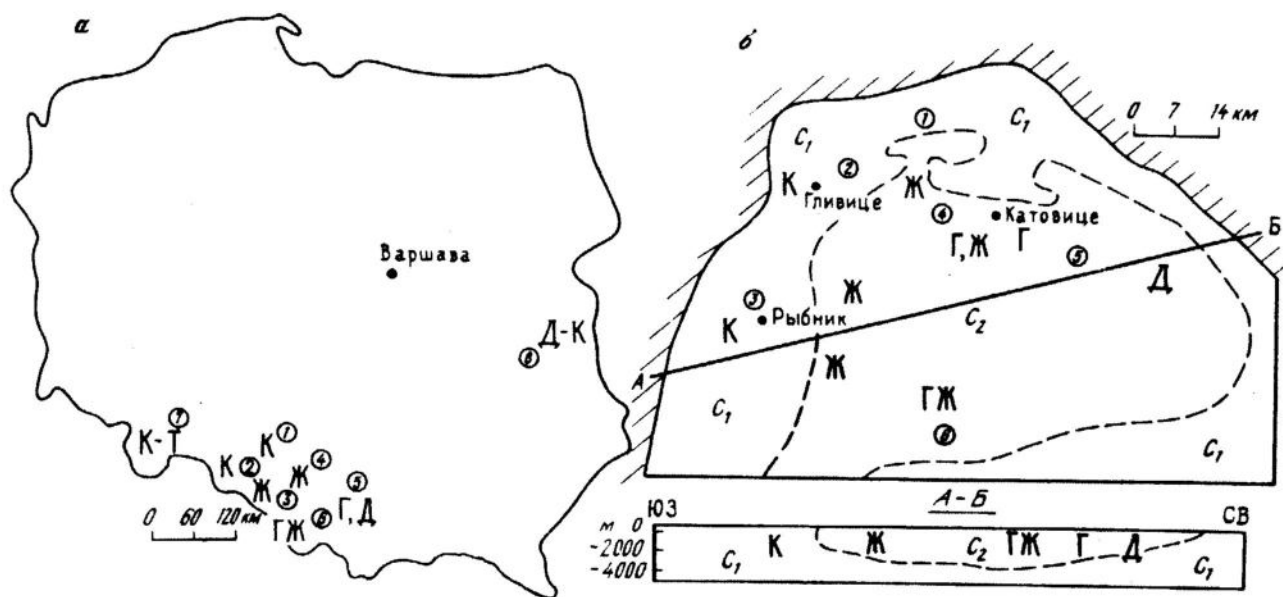
Угольные бассейны зарубежных стран

Европа (рис. 19)

Астурийский, Испания (рис. 20) — крупнейший бассейн на севере страны. Площадь 3 тыс. км². Осадки каменноугольного возраста содержат до 40 пластов мощностью 1–2,5 м. Угли каменные, коксующиеся и антрациты, малозольные (A^d 10%), малосернистые (S_i^d 1%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 25 МДж/кг. Ресурсы угля — 1,2 млрд т, разведанные запасы 0,44 млрд т. Добыча — 3,5 млн т в год.

Верхнесилезский, Польша (рис. 21), — главный бассейн страны. Площадь 5,5 тыс. км². Осадки каменноугольного возраста содержат до 100 пластов мощностью 1–20 м. Угли каменные, коксующиеся, малозольные (A^d 9–15%), малосернистые (S_i^d 1%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 20–25 МДж/кг. Ресурсы угля — 100 млрд т, разведанные запасы — 6 млрд т. Добыча — 180 млн т в год.

Донецкий, Украина (см. рис. 4) — один из крупнейших бассейнов Европы (пл. около 40 тыс. км²). Занимает крупный прогиб в южном обрамлении Восточно-Европейской платформы. Угленосные отложения карбона мощностью до 10 км содержат до 20 рабочих пластов угля мощностью 0,6–2 м и простого строения. Угли средnezольные (A^d 11–23%), сернистые (S_i^d 1–6%), с высокой теплотой сгорания (Q_i^r 22–27 МДж/кг). Угли всех марок от ДБ (на с.-з.) до А (на ю.-в.). Значительная часть углей относится к группе коксующихся. Условия эксплуатации в основном сложные (интенсивная тектоника, высокая газоносность, большая глубина разработки). Прогнозные ресурсы угля — 30 млрд т, разведанные запасы — 47 млрд т.



в том числе коксующиеся — 9 млрд т, предварительно оцененные — 6,0 млрд т. Добыча угля (2000) — 70 млн т, в том числе коксующегося — 50 млн т.

Львовско-Волынский, Украина (рис. 22), — находится на западе страны и является ю.-в. продолжением Люблинского бассейна Польши. Пл. 3,2 тыс. км². Осадки каменноугольного возраста содержат до 15 пластов мощностью 1–20 м. Угли каменные, преимущественно коксующиеся, зольностью (A^d 9–30%), сернистые (S_i^d 2,5%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 19–22 МДж/кг. Ресурсы угля — 2,1 млрд т, разведанные запасы — 1 млрд т. Добыча до 5 млн т в год.

Люблинский, Польша, находится на востоке страны. Площадь 4,6 тыс. км². Осадки каменноугольного возраста содержат до 20 пластов мощностью 1–3 м. Угли каменные, коксующиеся, средnezольные (A^d 15%), сернистые (S_i^d 2%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 26 МДж/кг. Ресурсы угля — 37 млрд т, разведанные запасы — 6,8 млрд т. Добыча — 0,3 млн т в год. Бассейн будет интенсивно развиваться.

Нижнерейнско-Вестфальский (Рурский), ФРГ (рис. 23) — крупнейший каменноугольный бассейн страны. Площадь — 6000 км². Разрабатывается с конца XIII в. Отложения карбона (6200 м) выполняют глубокий прогиб, осложненный дополнительной складчатостью, содержат до 200 угольных пластов, в том числе 40–60 мощностью 0,6–4 м. Угли мало- и средnezольные (A^d 3–18%), малосернистые (S_i^d 1%), каменные, от длиннопламенных до антрацитов, в значительной степени пригодные для коксования. Ресурсы угля — 214 млрд т, разведанные запасы — 20 млрд т, из них 60% коксующегося. Разрабатывается шахтами. Максимальная добыча — 151 млн т (1956), к 2000 г. снизилась до 30 млн т. Угли используются в энергетике и для коксования.

Рис. 21. Каменноугольные месторождения и бассейны Польши (а) и схема марочного состава углей Верхнесилезского бассейна (б). Бассейны (а): 1–6 — Верхнесилезский; 7 — Нижнесилезский; 8 — Люблинский. Месторождения (б): 1 — Бытом; 2 — Забже, Рыбник; 3 — Воздзислав-Сленски; 4 — Катовице, Домброва, Тыхы; 5 — Явожно; 6 — Чеховице-Дзеджице

Рис. 22. Схема марочного состава углей Львовско-Волынского бассейна. Угленосные районы: 1 – Нововолынский; 2 – Червоноградский; 3 – Юго-Западный

Рис. 23. Каменно-угольные бассейны ФРГ и схема марочного состава углей Нижнерейнско-Вестфальского бассейна. Бассейны (а):

1 – Нижнерейнско-Вестфальский;
2 – Аахенский;
3 – Саарский;
4 – Рудногорский.

Месторождения (б):

1 – Нидерберг;
2 – Фридрих-Генрих;
3 – Рейнланд;
4 – Вальзум;
5 – Лоберг; 6 – Остерфельд;
7 – Проспер-Ханн-эль; 8 – Нордштерн;
9 – Эвальд;
10 – Хуго;
11 – Вестерхольд;
12 – Цольферайн;
13 – Консолидацион;
14 – Шлегель-Айзен;
15 – Фюрет-Леопольд; 16 – Генераль-Блумунталь;
17 – Харц;
18 – Вальтрон;
19 – Министр-Ахенбах; 20 – Министр-Штайн;
21 – Глайзенау; 22 – Хауз-Аден;
23 – Монополь;
24 – Кенигсборн;
25 – Генрих-Роберт;
26 – Радбод

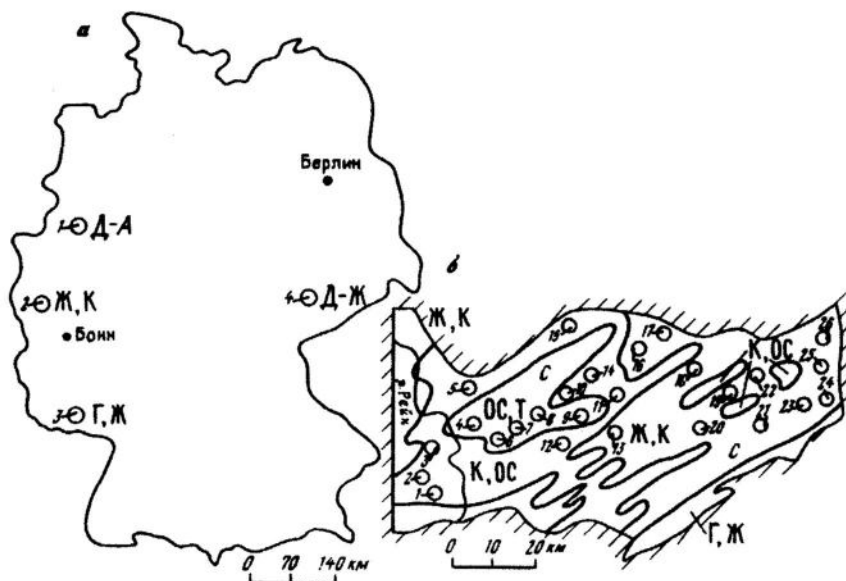
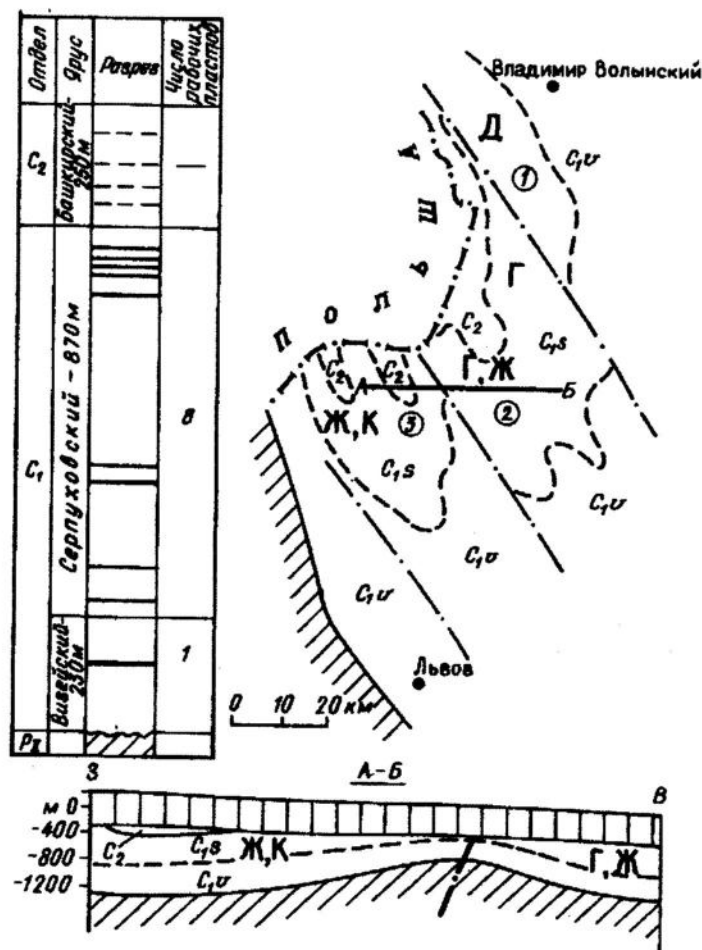




Рис. 24.
Каменноугольные
бассейны
Великобритании
(а) и схема
марочного состава
углей бассейна
Южный Уэльс
(б):
1 – Кент;
2 – Южный
Уэльс;
3 – Северный
Уэльс;
4, 5 – Стра-
ффордшир;
6, 7 – Йоркшир-
Ноттингемшир;
8 – Ланкашир;
9 – Кемберленд;
10 – Нортум-
берленд-Дарем;
11– 13 – бассейны
Шотландии

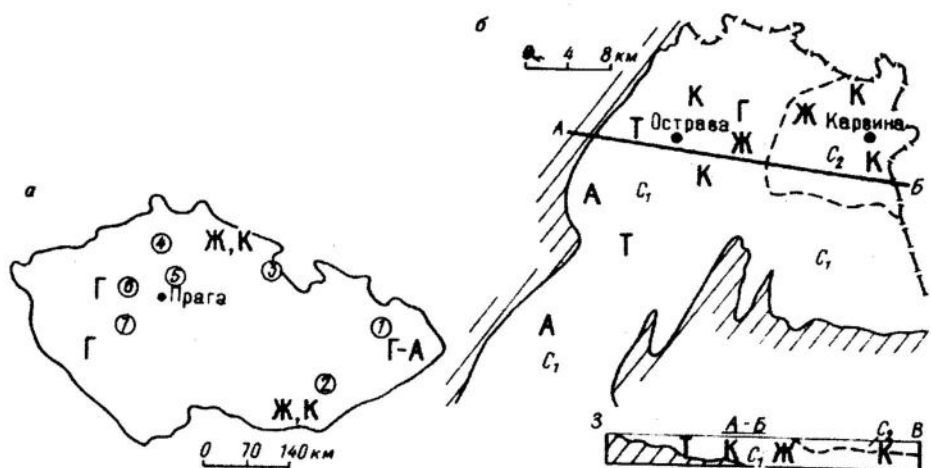
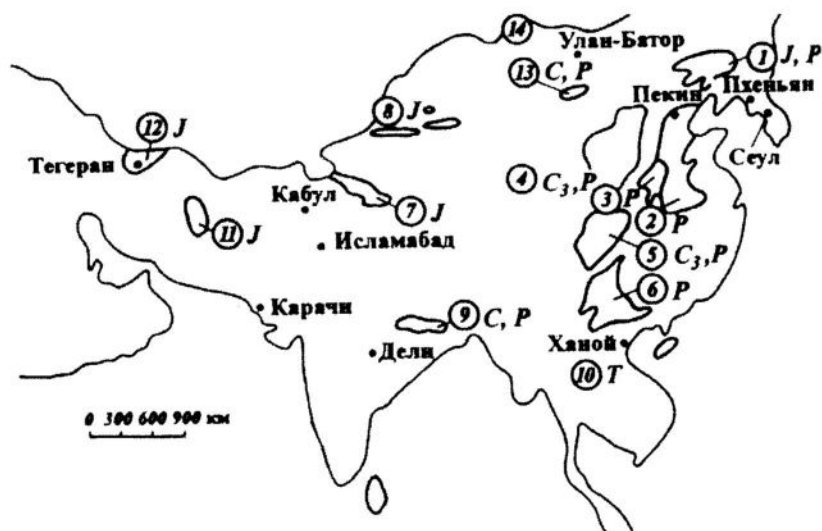


Рис. 25.
Каменноугольные
бассейны Чехии
(а) и схема
марочного состава
углей Остравско-
Карвинского
бассейна (б):
1 – Остравско-
Карвинский;
2 – Росицкий;
3 – Жац-
держеский;
4 – Мшенский;
5 – Сланский;
6 – Кладненский;
7 – Пльзеньский

Рис. 26.
Основные
угольные
бассейны и
месторождения
Юго-Восточной
Азии:

- 1 — Бейпiao;
2 — Великой
китайской
равнины;
3 — Шаньси;
4 — Ордосский;
5 — Сычуань;
6 — Тансин;
7 — Таримский;
8 — Урумчи,
Турфан-Хами,
Аксу-Куча
(Китай);
9 — Джария,
Ранигандж;
10 — Чиндвара,
Вардха (Индия);
11 — Керманский,
Тебесский;
12 — Эльбурсский
(Иран);
13 — Тавантолгой
(Монголия).
Возраст
угленосных
отложений
обозначен
буквами



Нижнерейнский, ФРГ, — крупнейший буроголовый бассейн страны. Площадь 1000 км². Осадки неогена заключают мощный (100 м) угольный горизонт. Сложенный малозольными (A^d 2–8%), малосернистыми (S_i^d 1%) углями с теплотой сгорания (Q_i^r) 7–10 МДж/кг. Ресурсы угля — 55 млрд т, разведанные запасы — несколько млрд т. Добыча 1 30 млн т в год.

Нор-Па-де-Кале, Франция, находится на севере страны и занимает площадь 82 тыс. км². Угленосные осадки карбона, заключающие до 50 пластов мощностью 1–2 м. Угли каменные, коксующиеся, средnezольные (A^d 5–20%), малосернистые (S_i^d 1–2%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 20 МДж/кг. Ресурсы угля — 4,5 млрд т. Добыча угля прекращена в конце XX в. Продолжается на территории Бельгии (Валансьенский бассейн).

Нортумберленд-Дарем, Великобритания (рис. 24), — один из крупнейших бассейнов страны. Площадь 2000 км². Разрабатывается с XIII в. Отложения карбона (3400 м) слагают асимметричную синклиналь и содержат до 30 угольных пластов мощностью 0,6–1,2 м. Угли каменные, а также коксующиеся (реже длиннопламенные), средnezольные (A^d 15%), малосернистые (S_i^d 0,5–2%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 23 МДж/кг. Ресурсы угля — 5 млрд т. Добыча — первые десятки млн т в год.

Остравско-Карвинский, Чехия (рис. 25), — основной бассейн страны. Является южным замыканием Верхнесилезского бассейна Польши. Площадь 1000 км². Осадки каменноугольного возраста содержат до 150 пластов мощностью 1–3 м. Угли каменные, коксующиеся, средnezольные (A^d 5–20%), малосернистые (S_i^d 1–2%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 23 МДж/кг. Ресурсы угля — 9 млрд т, разведанные запасы — первые млрд т. Добыча — 20 млн т в год.



Саарско-Лотарингский, Франция, ФРГ, расположен на границе двух стран и занимает площадь около 1,5 тыс. км². Угленосные отложения карбона содержат до 70 угольных пластов мощностью 1–5 м. Угли каменные длиннопламенные, а также коксующиеся, среднесольные (A^d 5–20%), малосернистые (S_p^d 0,2–2%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 23 МДж/кг. Ресурсы угля — 20 млрд т, разведанные запасы — 3 млрд т. Добыча — 0,6 млн т (2005), в настоящее время прекращена.

Северо-Чешский, Чехия, — крупный буроголовый бассейн на с.-з. страны. Площадь 1–26 х 66 км. Неогеновые отложения включают один пласт угля мощностью от 1–3 до 55 м. Угли от мало- до высокосольных (A^d 5–34%), малосернистые. Ресурсы угля — 9 млрд т. Добыча угля карьерами и шахтами — 74 млн т (1986), в настоящее время значительно снизилась.

Южно-Уэльский, Великобритания, — один из старейших угольных бассейнов страны. Площадь 2340 км². Отложения карбона слагают крупную синклиналию и содержат 10–20 угольных пластов мощностью 1–2 м, редко — до 9 м. Угли малосольные (A^d до 10%), мало- и среднесернистые (S_p^d 0,6–3%), каменные и антрациты. Ресурсы угля — 9,5 млрд т. Максимальная добыча угля — 120 млн т (1977). Потом резко снизилась.

Азия (рис. 26)

Анатолийский, Турция (рис. 27), — крупный бассейн в центральной части страны. Площадь 100 тыс. км². Осадки кайнозоя содержат три угольных пласта мощностью 0,6–2,5 м. Угли бурые, высокосольные (A^d 15–35%), малосернистые (S_p^d 1,5%), с теплотой сгорания (Q_i^r)

Рис. 27. Карта угольных бассейнов и месторождений Турции.

I — Зонгулдакский;

II — Анатолийский;

III — месторождения Турецкой Армении и Курдистана. Выходы пород:

1 — карбона;

2 — палеогена;

3 — неогена.

Рис. 28.
Каменноугольные
месторождения
Индонезии:

- 1 — Омбилин;
- 2 — Пайнан;
- 3 — Букитасем;
- 4 — Джимадири, Бадмах;
- 5 — Парапаттан;
- 6 — Махакам (Самаринда);
- 7 — Насир;
- 8 — Пулу-Лаут



Рис. 29. Схема
марочного
состава угольных
бассейнов Китая:

- 1 — Бейпiao;
- 2 — Великой китайской равнины;
- 3 — Шаньси;
- 4 — Ордосский;
- 5 — Сычуань;
- 6 — Тансин;
- 7 — Янцзы;
- 8 — Ганьцзянь;
- 9 — Таримский;
- 10 — Аксу-Куча;
- 11 — Урумчи;
- 12 — Турфан-Хами



10–15 МДж/кг. Ресурсы угля — 3,8 млрд т, разведанные запасы — 0,5 млрд т. Добыча — 0,5 млн т в год.

Ангренское, Узбекистан, — расположено в Ташкентской области в 110 км от г. Ташкента. Площадь 70 км². Открыто в 1933 г., разрабатывается с 1940 г. Юрская угленосная толща мощностью 160 м залегает на кристаллических породах верхнего палеозоя и каолиновой коре выветривания. Продуктивные отложения перекрыты каолиновой свитой (30 м) средней и верхней юры, красноцветами верхнего мела и пестроцветами палеогена и неогена. Отложения мезозоя и кайнозоя слагают пологую синклиналь, местами осложненную разрывными нарушениями. В северо-западной части площади породы смяты в серию брахискладок (участок

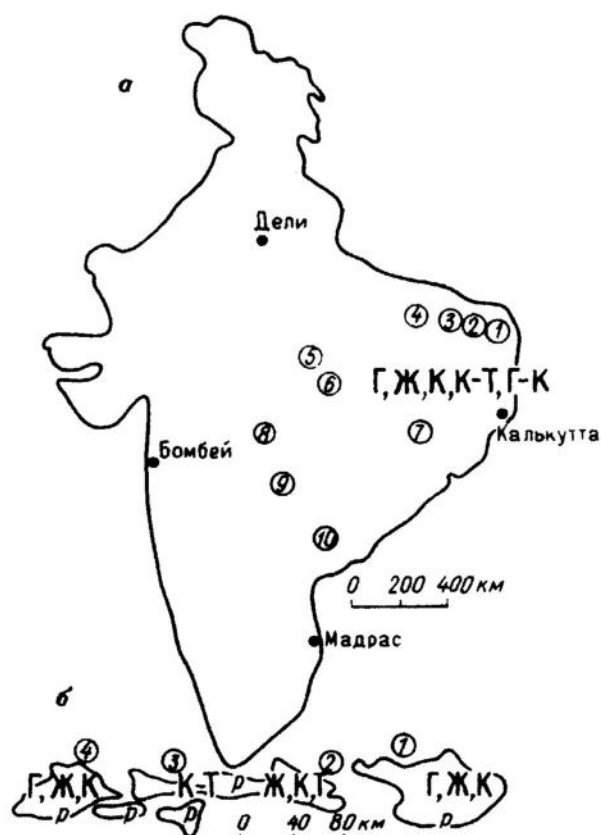


Рис. 30. Угольные месторождения Индии (а) и схема марочного состава углей Дамодарского бассейна (б):
 1 — Ранигандж;
 2 — Джария;
 3 — Бокаро;
 4 — Каранпур (Дамодарский бассейн);
 5 — Чиримири;
 6 — Корба;
 7 — Талчер;
 8 — Чиндвара;
 9 — Вардха;
 10 — Годавари

Апартак). Мощность угольной залежи меняется от 20 м (на выходах) до 130 м. Нижняя, более компактная часть залежи — «Мощный комплекс» имеет мощность 20–50 м (коэффициент угленосности 0,9), верхняя более расщепленная часть — «Верхний комплекс» (20–30 м) представлена 6–8 пластами угля мощностью 1,5–2,5 м (коэффициент угленосности 0,6). Угли представлены гумусовыми, реже гумусово-сапропелевыми разностями. Основной тип угля — матовый фюзено-ксиленовый однородный уголь, относительно плотный. Липоидные компоненты присутствуют в небольшом количестве. Блестящий клареновый уголь встречается в виде тонких (2–3 см) прослоев. Угли бурые (2Б) среднезольные (A^d 22%), среднесернистые (S_t^d 1–3%), с теплотой сгорания (Q_t^r) 13 МДж/кг. Запасы категорий А+В+С₁ составляют 1927 млн т. На участке Апартак возможно строительство углеразреза мощностью 4,5 млн т в год. Месторождение разрабатывается карьером и шахтой. Добыча до 5 млн т в год. Коэффициент вскрыши — 2,5 м³/т. Работала станция «Подземгаз».

Букитасем, Индонезия (рис. 28), — одно из крупных месторождений, где палеогеновые отложения содержат 6 угольных пластов мощностью 3–22 м. Угли малозольные (A^d 2–6%), малосернистые (S_t^d 0,4%), газовые (сжигающиеся) и длиннопламенные. Ресурсы угля — 2 млрд т. Разрабатывается открытым способом, добыча — более 10 млн т в год.

Рис. 31. Схема марочного состава углей Карагандинского бассейна.

Участки Тентекского района:

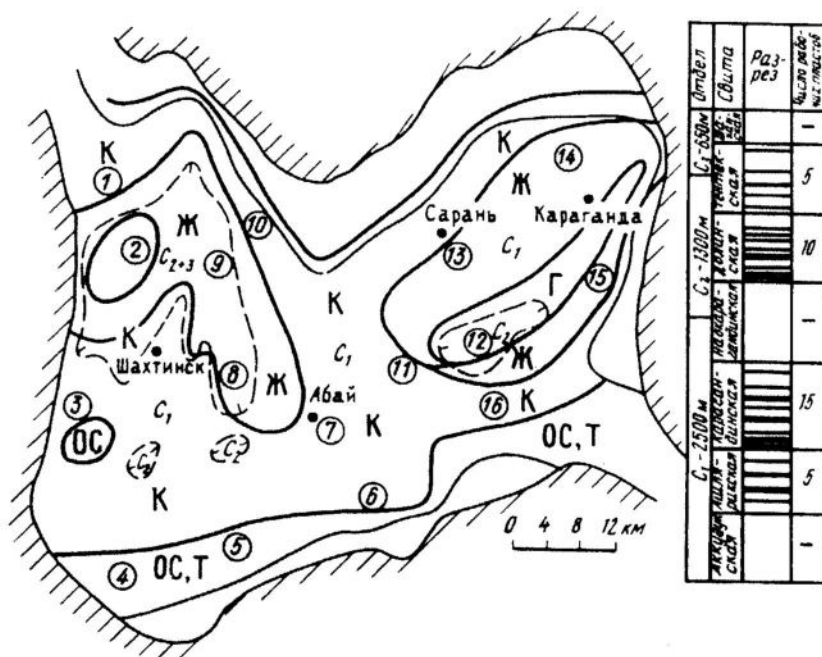
1 — Манжинский;
2 — Тентекский;
3 — Сасыккольский;

4 — Тасзаимский;
5 — Кичкинекольский. Участки Шерубайнуринского района:

6 — южный;
7 — Центральный;
8 — Долинский;
9 — Караджа-ро-Шаханский;
10 — Северный.

Участки Карагандинского района:

11 — Алабасский;
12 — Дубовский;
13 — Саранский;
14 — Промышленный;
15 — Майкудукский;
16 — Талдыкудукский



Великой Китайской равнины (Большой Хуанхе), Китай (рис. 29), — крупный бассейн коксуемых углей и антрацитов на северо-востоке страны. Площадь около 400 тыс. км². Изучен слабо. По периферии бассейна выявлено 14 угленосных районов, в которых осадки перми содержат от 5–7 (районы Фынфын, Хуайбей) до 47 (район Пиндиншань) угольных пластов мощностью 1–8 м. Ресурсы угля каждого района оцениваются в 2–3 млрд т. Ранее в пределы бассейна входили бассейн Шаньси, Датун, Ордосский и др.

Дамодарский, Индия (рис. 30), — крупнейший угольный бассейн страны. Площадь 4,5 тыс. км². Приурочен к впадине, имеющей блоковое строение, сложенной отложениями гоуданского возраста (пермь — триас) мощностью 1800 м, с 40 угольными пластами мощностью 1–15 м, редко — до 40 м. Угли средnezольные (A^d 10–25%), малосернистые (S_t^d 1%), каменные, средних стадий метаморфизма, частично коксуемые. Ресурсы углей — 54 млрд т, в том числе коксуемых — 5 млрд т. Добыча угля (несколько десятков млн т в год) ведется в 400 шахтах и карьерах, главным образом в месторождениях Джария и Ранигандж.

Датун, Китай, находится на севере страны и занимает площадь 2,2 тыс. км². Ранее входил в состав бассейна Шаньси. Отложения верхнего карбона, перми и юры (1000 м) слагают синклиналичную структуру и содержат 10 угольных пластов мощностью 0,6–6 м. Угли малозольные (A^d 6%), каменные, коксуемые. Ресурсы углей — 100 млрд т, добыча — 20 млн т в год.

Зонгулдакский, Турция, — крупный бассейн на севере страны. Площадь 16 тыс. км². Осадки каменноугольного возраста содержат

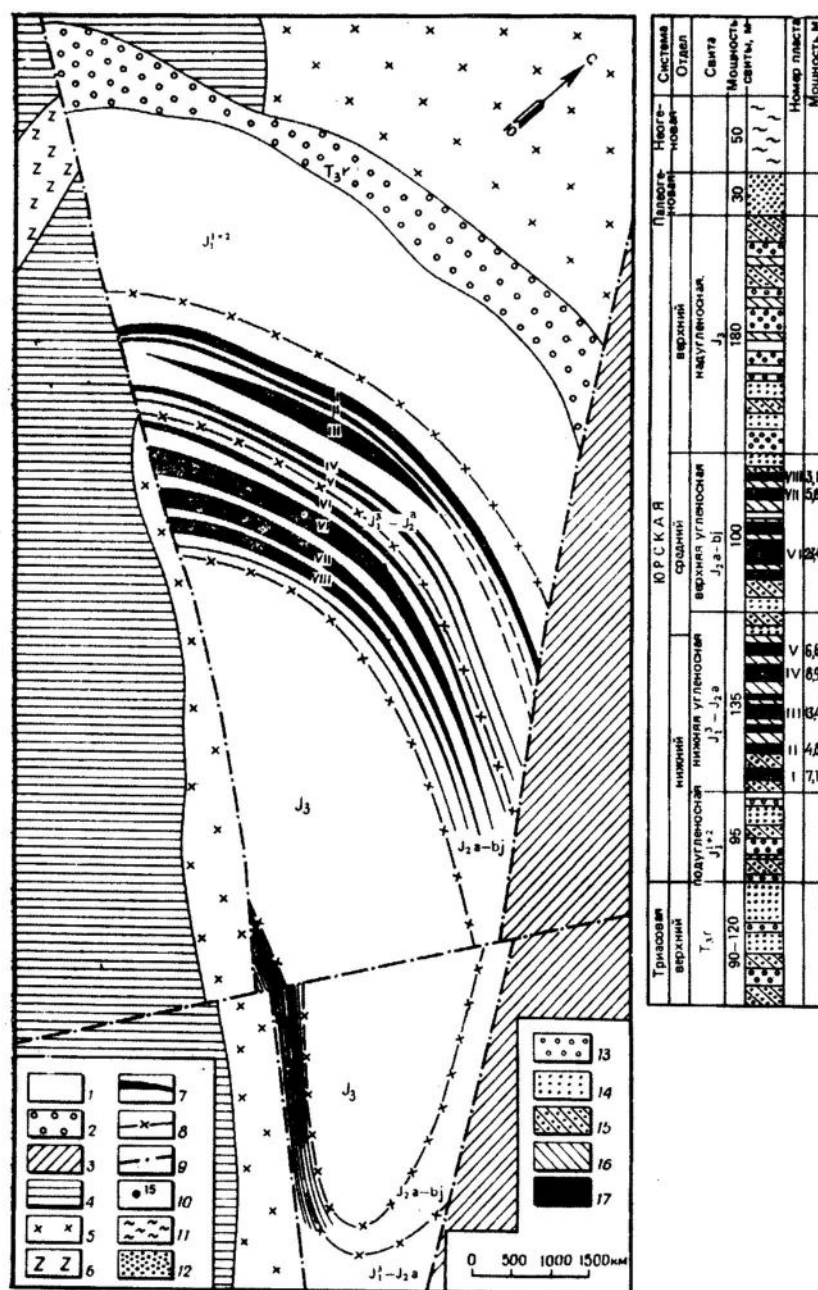


Рис. 32. Карта месторождения Каражира (Юбилейное). Для карты: 1 — юра; 2 — верхний триас; 3 — верхний карбон; 4 — нижний карбон; 5 — визейские интрузии кислого состава; 6 — то же основного состава; 7 — то же основного состава; 8 — границы свит; 9 — разрывные нарушения; 10 — скважины. Для колонки: 11 — глина; 12 — песок; 13 — конгломераты; 14 — песчаники; 15 — алевролиты; 16 — аргиллиты; 17 — уголь

26 пластов мощностью 1–6 м. Угли каменные коксующиеся, среднезольные (A^d 18%), малосернистые (S^d 0,8%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 23 МДж/кг. Ресурсы угля — 1,3 млрд т, разведанные запасы — 0,2 млрд т. Добыча — 4 млн т в год.

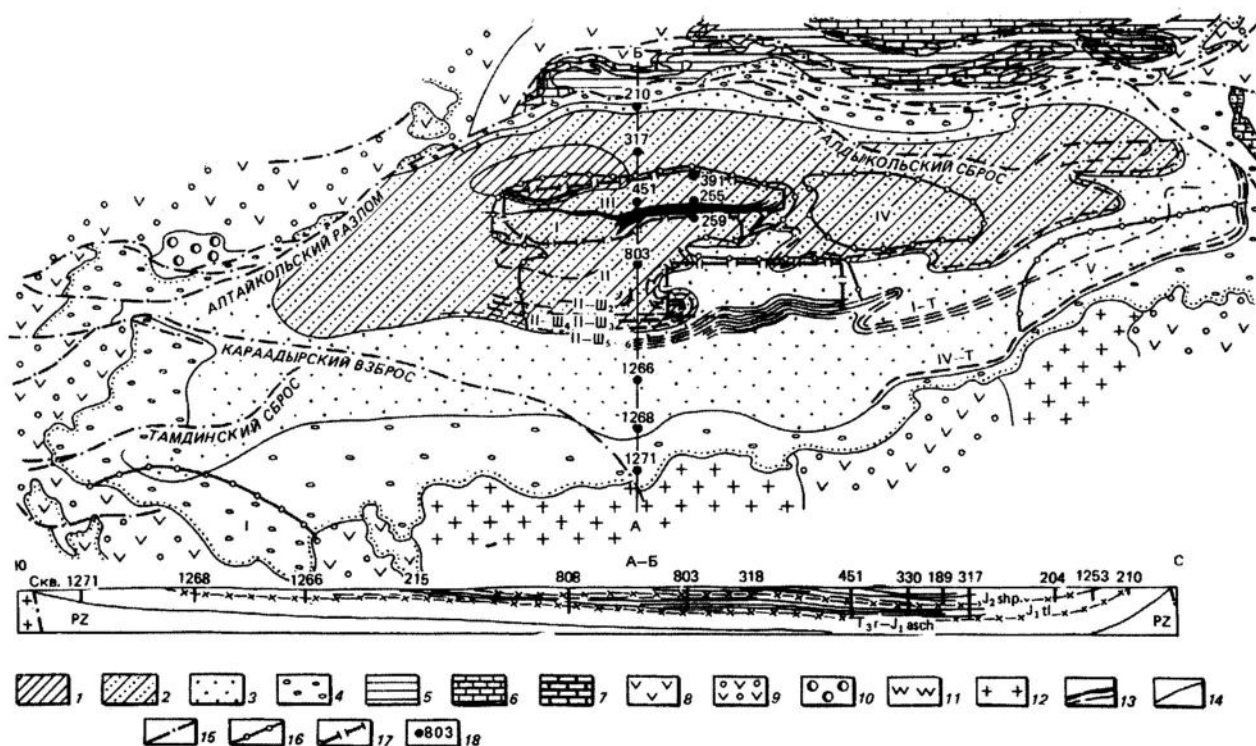
Карагандинский, Казахстан (рис. 31), — крупнейший бассейн страны, находится в пределах Карагандинской обл. Площадь 3000 км². Открыт в 1833 г., разрабатывается с 1890-го. Приурочен к прогибу широтного простирания, выполненному отложениями карбона (4500 м)

Рис. 33.
Каменноугольные
месторождения
Японии:
1 — Исикари;
2 — Кусиро;
3 — Дзедан;
4 — Омине;
5 — Тикухо;
6 — Кюсю и Сасебо



и юры (2000 м). Состоит из трех синклинальных структур: Шерубайнуринской, Карагандинской и Верхнесокурской. Образования карбона заключают до 30 угольных пластов мощностью 0,6–12 м, юры — 5 пластов суммарной мощностью 20 м. Угли гумусовые, средние- и высокозолевые (A^d 15–35%), малосернистые (S^d до 1%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 15–25 МДж/кг. Карбоновые угли, спекающиеся, марок Г, Ж, КЖ, К, ОС; на юге бассейна местами распространены антрациты. Юрские — бурые (3Б). Ресурсы каменного угля — 32 млрд т, бурого — 2 млрд т, разведанные запасы — 8 млрд т. Добыча угля — 15 млн т в год. Условия разработки относительно простые на севере бассейна и сложные на юге. Уголь используется для коксования и в энергетике.

Каражира (Юбилейное), Казахстан (рис. 32), — находится в Восточно-Казахстанской области в 110 км к юго-западу от г. Семипалатинск, с которым связано ж. д. Площадь 80 км². Открыто в 1967 г. (С. С. Кузьмин, А. А. Сухоруков, К. С. Ахметов). Продуктивные юрские отложения мощностью 500 м разделяются на 4 свиты: подугольную (J_1), нижнюю угленосную (J_{1-2}), верхнюю угленосную (J_2) и надугленосную (J_3). Месторождение представляет собой клиновидную асимметричную синклиналь с пологим (до 10°) северным и крутым (до 50° и более) южным крыльями. С юго-запада и северо-востока грабен ограничен крупными надвигами. Две средние свиты заключают два угольных горизонта. Нижний горизонт состоит из пяти пластов мощностью 5–13 м, суммарно 40 м. Вер-



хний — из трех пластов мощностью 3–23 м, суммарно 30 м. Строение пластов обычно простое. Глубина залегания кровли угольных пластов от 3 до 265 м. Средняя мощность вскрыши 80 м. Угли витринитовые мало- и среднесольные (A^d 14–19%), малосернистые (S_i^d 0,4%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 18 МДж/кг и выходом смолы (T_{sk}^{daf}) 5–12%. Угли бурые, группы 3Б, представляют собой высококачественное энергетическое и технологическое сырье. Общие ресурсы угля оцениваются в 1726 млн т, часть из них детально разведана. На этой базе ОАО «Семей Комир» построен углеразрез мощностью 4 млн т в год. В 2001 г. было добыто 2,5 млн т угля. Имеющиеся запасы угля позволяют намного увеличить объем угледобычи.

Кюсю, Япония (рис. 33), — крупный бассейн, находится на одноименном острове и содержит в осадках кайнозоя до 20 угольных пластов мощностью 1–3 м. Угли малосольные (A^d 7%), малосернистые (S_i^d 0,7%), от газовых до коксовых. Ресурсы — 2,5 млрд т.

Майкюбенский, Казахстан (рис. 34), — находится на северо-востоке страны. Площадь 1 тыс. км². Осадки юры содержат 7 угольных пластов мощностью 1–48 м. Угли бурые (3Б), на глубоких горизонтах — длиннопламенные, среднесольные (A^d 20%), малосернистые (S_i^d 0,6%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 17 МДж/кг. Ресурсы угля — 5,3 млрд т, разведанные запасы — 1,8 млрд т. Добыча — 1 млн т в год.

Ордосский, Китай, — расположен в центре страны в пределах крупной синеклизы площадью 240 тыс. км². Продуктивные отложения карбо-

Рис. 34. Карта Майкюбенского бассейна.

Юрские свиты:

- 1 — жиренкольская;
- 2 — шоптыкольская;
- 3 — талдыкольская;
- 4 — ащикольская;
- 5 — визейский ярус;
- 6 — турнейский ярус;
- 7 — верхний девон;
- 8 — нижний-средний девон;
- 9 — силур;
- 10 — ордовик;
- 11 — верхний протерозой;
- 12 — верхнепалеозойские гранитоиды;
- 13 — угленосные горизонты;
- 14 — границы несогласного залегания;
- 15 — разрывные нарушения;
- 16 — контуры месторождений;
- 17 — границы и номера карьерных полей;
- 18 — скважины

Рис. 35.
Каменноугольные
месторождения
Монголии
(а) и схема
марочного состава
месторождения
Тавантолгой (б):
1 – Тавантолгой;
2 – Баянтэг;
3 – Гурван-Тэс;
4 – Сайхан-Обо;
5 – Монгойн-гол;
6 – Хартарбага-
тай

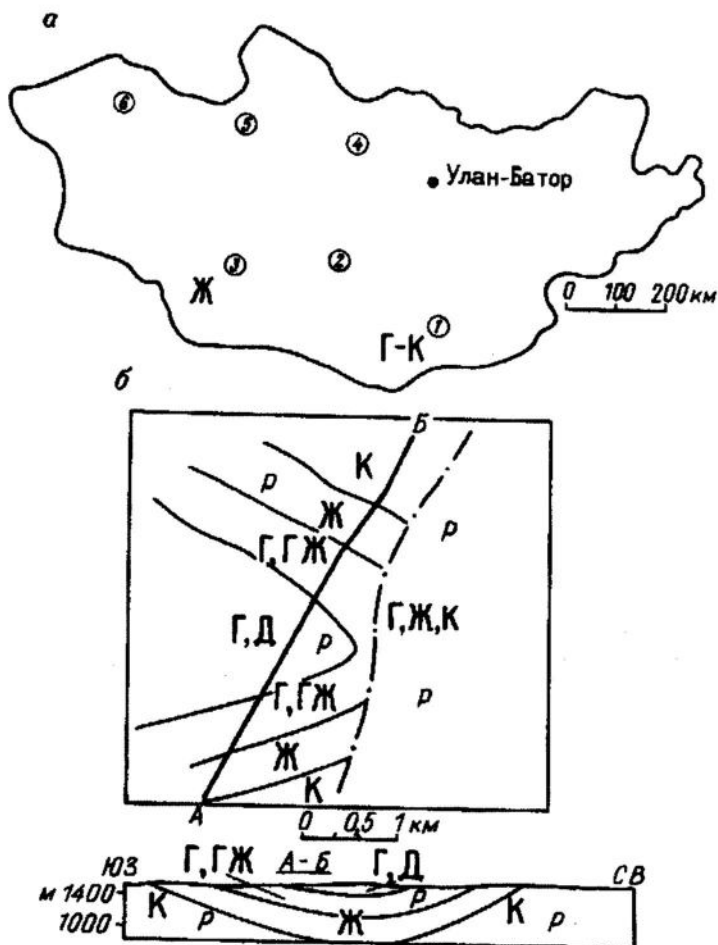


Рис. 36.
Каменноугольные
месторождения
Ирана.
Месторождения
Эльбурсского
бассейна: 1 – Сен-
груд; 2 – Кармозд;
3 – Калариз, Ма-
меду; 4 – Кешлак;
Месторождения
Тебесского бас-
сейна: 5 – Мас-
нап, Кучек-Али;
6 – Перверде;
7 – Кадир;
8 – Пабдане,
Бабнису; 9 – Ан-
дербент, Гольбану

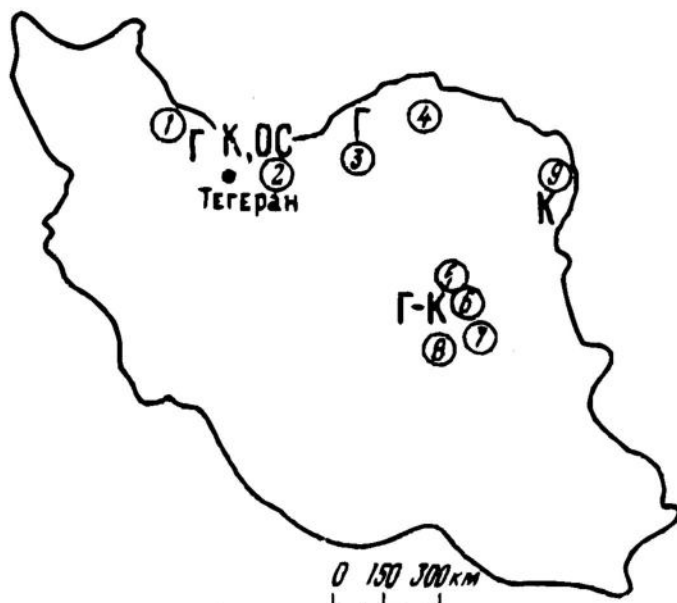


Рис. 38. Карта
Тургайского бассейна
(по М.В. Бунинной):

1 – мезозойские отложения; 2 – палеозойские отложения;
3 – граница бассейна;
4 – границы групп месторождений;
5 – месторождения углей нижнего карбона;
6 – месторождения углей верхнего триаса;
7 – месторождения углей юры;
8 – угленосные верхней юры;
9 – перспективные площади по геофизическим данным;
10 – Жиланчикский бурогольный бассейн палеогена;
11 – эксплуатируемые (а) и отработанные (б) месторождения.

Группы месторождений:

А – Убаганская;
Б – Пришимская;
В – Байконурская;
Г – Тургайская;
Д – Кзылту;
Е – Кустанайская.

Крупные месторождения:

1 – Кушмурун;
2 – Эгинсай;
3 – Приозерное;
4 – Жаныспай;
5 – Орловское;
6 – Кызылтал;
7 – Мхатовское;
8 – Киякты;
9 – Байконур

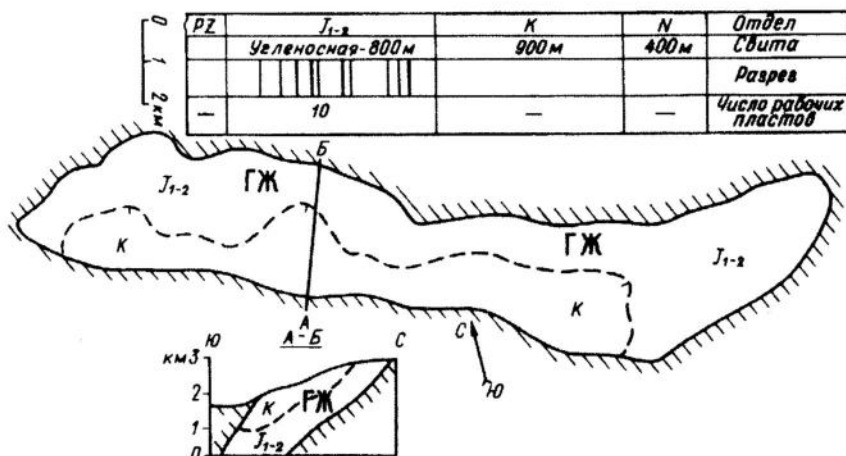
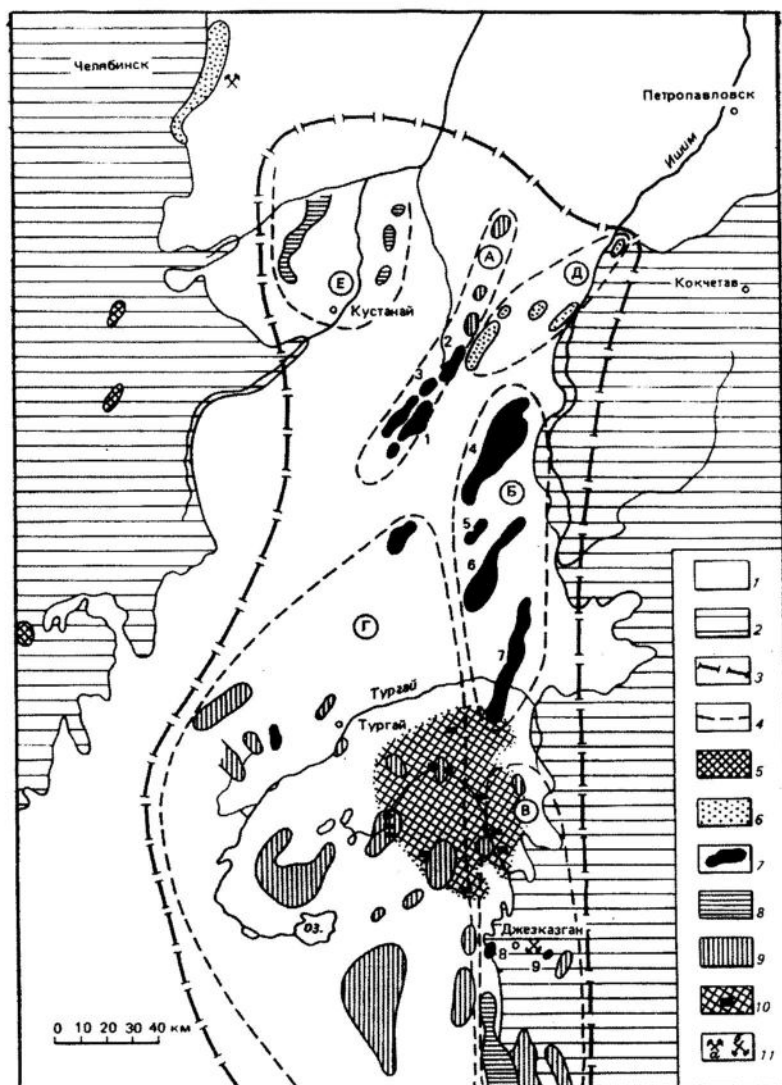


Рис. 39. Схема
марочного
состава углей
месторождения
Фан-Ягноб

Рис. 41. Карта месторождения Шубарколь.

Для карты:

1 — скважина и ее номер; 2 — кайнозойские отложения; 3 — граница юрских отложений; 4 — джезказганская свита (верхний карбон).

Для разреза:

5 — уголь; 6 — аргиллиты; 7 — алевролиты

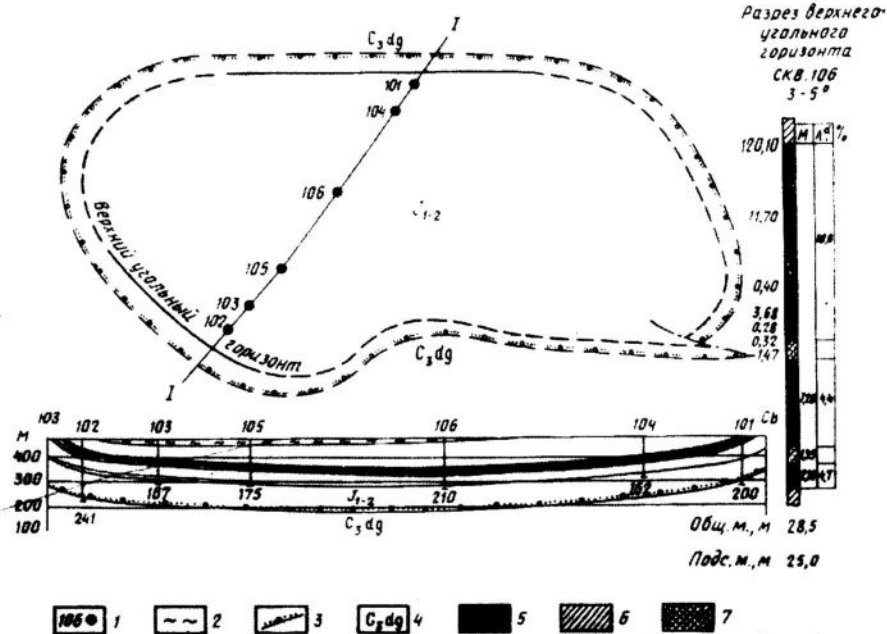
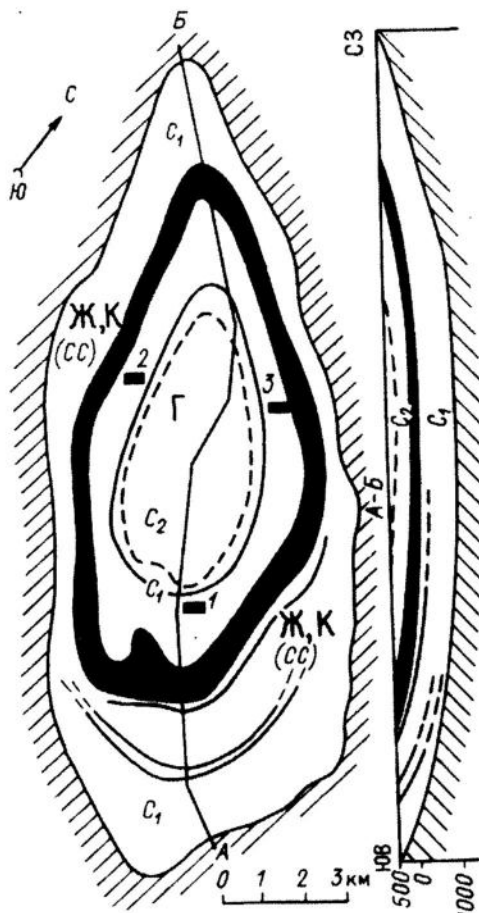


Рис. 42. Схема марочного состава углей Экибастузского бассейна.

Разрезы:

1 — Богатырь;
2 — Северный;
3 — Восточный



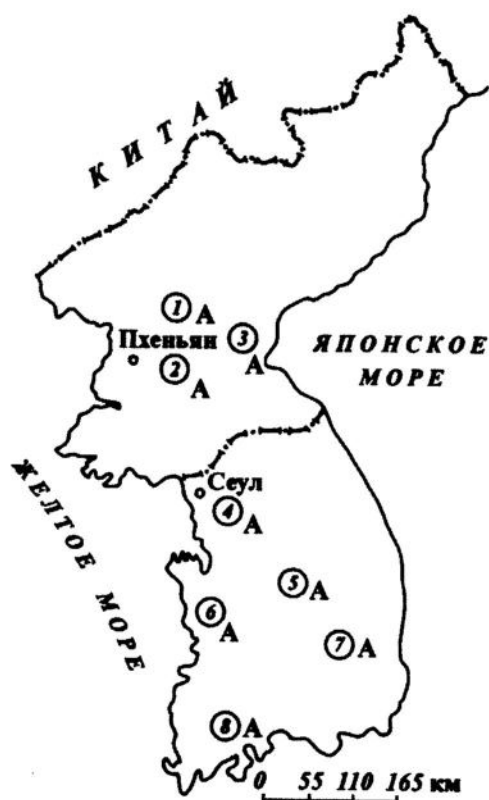


Рис. 43.
Каменноугольные бассейны и месторождения Кореи:
1 — Северный бассейн (месторождения Кэчхон, Йондон, Токчхон);
2 — Южный бассейн (месторождения Хыннён, Кандон, Садон);
3 — Ковонский бассейн (районы Ковон и Мунчхон) (Северная Корея);
4 — месторождение Кимпхо; бассейны: 5 — Мунгён; 6 — Чуннам; 7 — Вёгван; 8 — Хвасун (Южная Корея)

Фан-Ягноб, Таджикистан (рис. 39), — наиболее крупное месторождение содержит в юрских отложениях до 10 пластов суммарной мощностью 32 м, при мощности отдельных пластов 10 м. Угли разной зольности (A^d 3–37%), мало-среднесернистые (S_t^d 0,–2,3%), спекающиеся марки ГЖ. Ресурсы угля 2,1 млрд т, разведанные запасы — 0,6 млрд т.

Узгенский, Кыргызстан (рис. 40), — находится на востоке страны в высокогорном районе. Юрские осадки содержат 2–7 пластов мощностью 0,7–2,5 м. Угли мало-среднезольные (A^d 5–23%), мало-среднесернистые (S_t^d 0,4–1,8%), всех марок от Д до А. Угли средних стадий метаморфизма дают хороший кокс. Ресурсы угля — 1,2 млрд т, разведанные запасы — 0,13 млрд т. Не разрабатывается.

Шаньси, Китай, — основная (промышленная) часть на севере бассейна выделена в самостоятельный бассейн Датун. На юге бассейна Шаньси угли относятся к антрацитам.

Шубаркольское, Казахстан (рис. 41), — находится в Центральном Казахстане. Площадь 65 км². Угленосные отложения юры слагают синклиналь и содержат 3 угольных пласта мощностью 2–30 м. Угли малозольные (A^d 5–10%), малосернистые (S_t^d 0,5%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 21 МДж/кг. Ресурсы угля — 1,5 млрд т, разведанные запасы — 1,3 млрд т пригодны для открытой разработки. Добыча — до 3 млн т в год. Перспективно для дальнейшего развития добычи угля.

Рис. 44. Основные угольные бассейны и месторождения Африки:

1 — Тирку, Эль-Зелига; 2 — Дже-ради (Марокко); 3 — Абалда, Кен-зала; 4 — Мезериф (Алжир); 5 — Тархуна, Кин-ла (Ливия); 6 — Фиче; 7 — Неджо (Эфио-пия); 8 — Камуру, Морондава (Ма-дагаскар); 9 — Уанки (Зим-бабве); 10 — Вит-банк (ЮАР); 11 — Энугу; 12 — Абеокуту (Нигерия).

В скобках указан возраст угленос-ных отложений

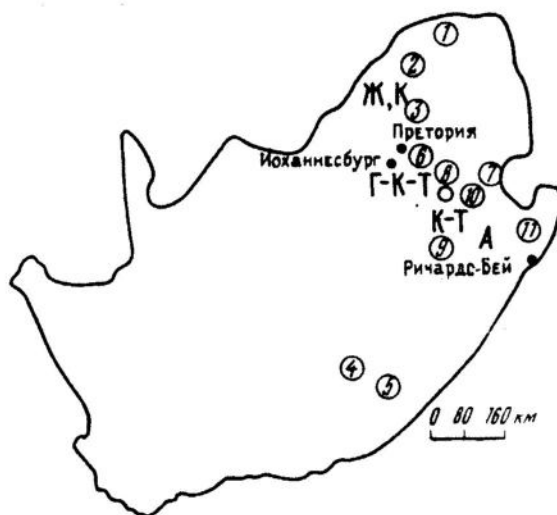


Рис. 45. Угольные месторождения Южно-Африканской Республики:

1 — Соутспансберг; 2 — Ватерберг; 3 — Спринбок; 4 — Молтено; 5 — Берде-Ривер. Месторождения бассейна Витбанк: 6 — Витбанк-Мид-делбург; 7 — Эмерло-Брей-тен; 8 — Хигвалли; 9 — Клип; 10 — Ут-рехт; 11 — Фрей-хелд

Эльбурский, Иран, — расположен к северу от Тегерана. Отложения юрского возраста заключают 1–15 угольных пластов мощностью около 1 м, редко — 6–12 м. Угли малозольные (A^d 3–11%), среднесернистые (S_t^d 0,9–2%), спекающиеся, марок К и ОС. Ресурсы угля значительные.

Экибастузский, Казахстан (рис. 42), — уникальный по углеплотности (150 млн. т / км²) бассейн, находится на северо-востоке республики в пределах Павлодарской обл. Площадь 155 км². Открыт в 1876 г., разрабатывается с 1948-го. Приурочен к брахисинклинали, выполненной отложениями карбона (1700 м), заключающими шесть пластов угля, из которых три верхних образуют сложный угольный горизонт мощностью до

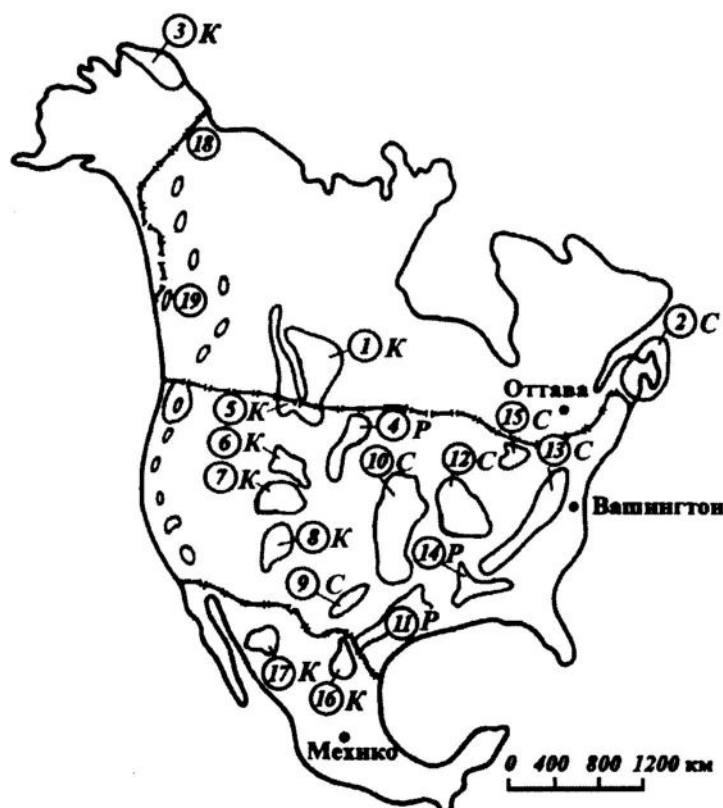


Рис. 46.
Основные
угольные
бассейны
Северной
Америки:
1 — Альберта;
2 — Сидни;
3 — Лисберн-Кол-
вилл;
4 — Форт-Юнион;
5 — Северный;
6 — Грин-Ривер;
7 — Юинта;
8 — Сан-Хуан;
9 — Юго-Запад-
ный; 10 — Запа-
дный; 11 — Техас-
ский; 12 — Илли-
нойский; 13 — Ап-
палаческий;
14 — Миссисипи-
ский; 15 — Мичи-
ганский (США);
16 — Сабинас;
17 — Санта-Клара
(Мексика). Воз-
раст угленосных
отложений обоз-
начен буквами

200 м. Максимальная глубина залегания подошвы угольного горизонта — 690 м. Угли гумусовые, высокозольные (A^d 20–50%), малосернистые (S_t^d 0,5–1%), слабоспекающиеся, с теплотой сгорания (Q_i^r) 14–19 МДж/кг, средних стадий метаморфизма (марка СС). Содержат повышенное количество глинозема (до 40%). Ресурсы угля — 12 млрд т, почти все они разведаны. Средний коэффициент вскрыши 3,5 м³/т. Разрабатывается тремя углеразрезами, из которых крупнейший в мире разрез «Богатырь» имеет мощность 50 млн т в год. Условия разработки благоприятные. Максимальная добыча угля достигала 100 млн т. Уголь используется на крупных электростанциях Казахстана, России и среднеазиатских стран.

Южный, КНДР (рис. 43), — крупный антрацитовый бассейн в районе Пхеньяна. Площадь 1000 км². Отложения карбона-перми содержат 6 угольных пластов мощностью 1–10 м. Угли редко до 30 м. Угли малозольные (A^d до 10%), малосернистые (S_t^d 0,3%), местами превращены в графит. Запасы антрацита 1,5 млрд т. Добыча более 10 млн т в год.

Африка (рис. 44)

Витбанк, ЮАР (рис. 45), — крупнейший угольный бассейн страны. Площадь 55 тыс. км². Известен со 2-й половины XIX в., разрабаты-

Рис. 47 (1).

Схема марочного состава углей бассейна Альберта.

Месторождения:

- 1 — Фокс-Крик;
2 — Уайтвуд;
3 — Моринвилл;
4 — Тофилд;
5 — Какуа;
6 — Моберли-Крик; 7 — Маунтин-Парк;
8 — Рем;
9 — Реддир;
10 — Драм-Хеллер; 11 — Ширнесс; 12 — Боу;
13 — Боу-Айленд;
14 — Летбридж;
15 — Колмен;
16 — Тент-Маунтин

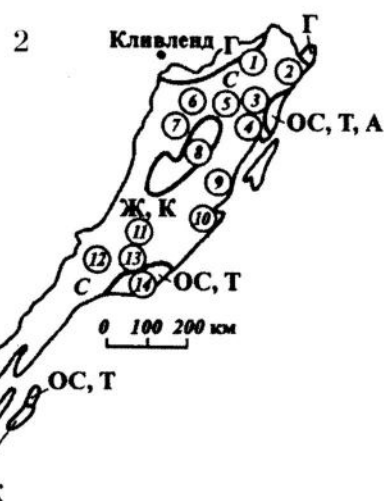
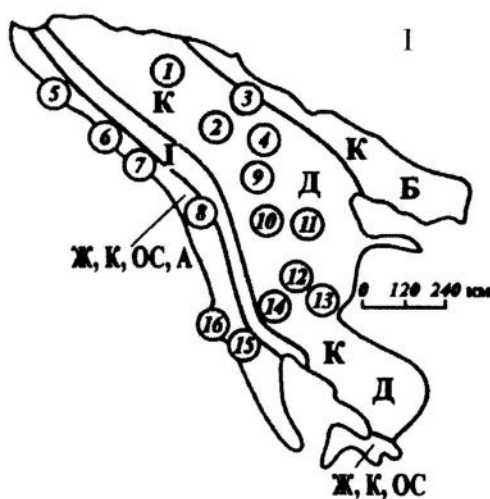


Рис. 48 (2).

Схема марочного состава углей Аппалачского бассейна.

Месторождения:

- 1 — Клармон;
2 — Кларифилд;
3 — Индиана;
4 — Сомерсет;
5 — Вашингтон;
6 — Харрисон;
7 — Белмонт;
8 — Маршалл;
9 — Барбур;
10 — Николас;
11 — Бун;
12 — Бредхитт;
13 — Пайк;
14 — Бьюкенен;
15 — Уолкер

ется с 1890 г. Угленосные отложения нижней перми (система Карру) составляют пологую синклиналь и содержат 5 пластов угля мощностью 0,6–9 м. Угли от мало- до высокосольных (A^d 7–35%), мало-среднессернистые (S_t^d 0,4–1,8%), с теплотой сгорания (Q_t^d) 17–30 МДж/кг. Угли каменные и антрациты, в основном энергетические, в меньшей степени коксующиеся. Общие ресурсы угля — 58 млрд т, разведанные запасы — 25 млрд т. Добыча угля на шахтах и карьерах — более 100 млн т в год, в том числе коксующегося — 15 млн т в год. Экспортируется более 30 млн т угля в год.

Палапье-Дебете, Ботсвана, — в отложениях формации Карру (карбон-юра) известно 14 угольных пластов мощностью до 6 м. Угли разной зольности (A^d 13–39%), каменные, марок К, Ж, Г. Ресурсы угля — 100 млрд т, разведанные запасы — 7 млрд т. Добыча угля интенсивно развивается.

Хванке-Энтуба, Зимбабве, — угленосные отложения серии Эка формации Карру (карбон-юра) содержит несколько угольных пластов, из которых один имеет мощность 1,8–13 м. Угли от мало- до высокосольных (A^d 10–30%). Угли каменные, частично пригодны для коксования). Их ресурсы — 2,7 млрд т, в том числе малозольные — 1,1 млрд т. На нескольких шахтах и карьерах добывается более 5 млн т угля в год. Перспективы дальнейшего развития угледобычи благоприятные.

Северная Америка (рис. 46)

Альберта, Канада (рис. 47), — крупнейший антрацитовый бассейн на западе страны. Площадь 250 тыс. км². Разрабатывается с 1960-х. Угленосные отложения мела-палеогена (4000 м) составляют асимметричный прогиб и содержат 85 угольных пластов мощностью 0,6–5 м. Угли ма-

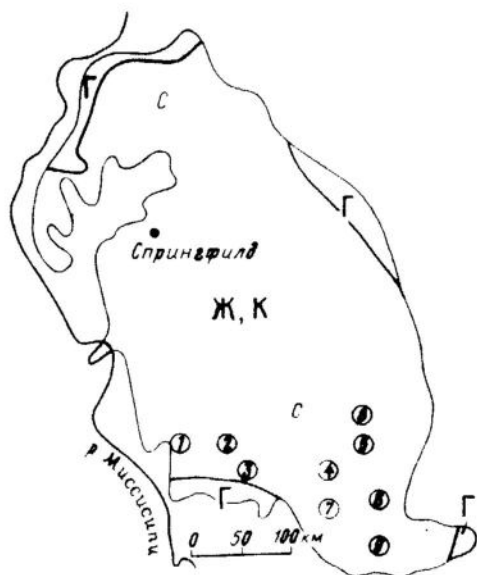


Рис. 49. Схема марочного состава углей Иллинойского бассейна.

Месторождения:

- 1 — Рандолф;
- 2 — Пери;
- 3 — Франклин;
- 4 — Юнион;
- 5 — Уоррик;
- 6 — Пайк;
- 7 — Хоупкинс;
- 8 — Огайо;
- 9 — Мьюленберг

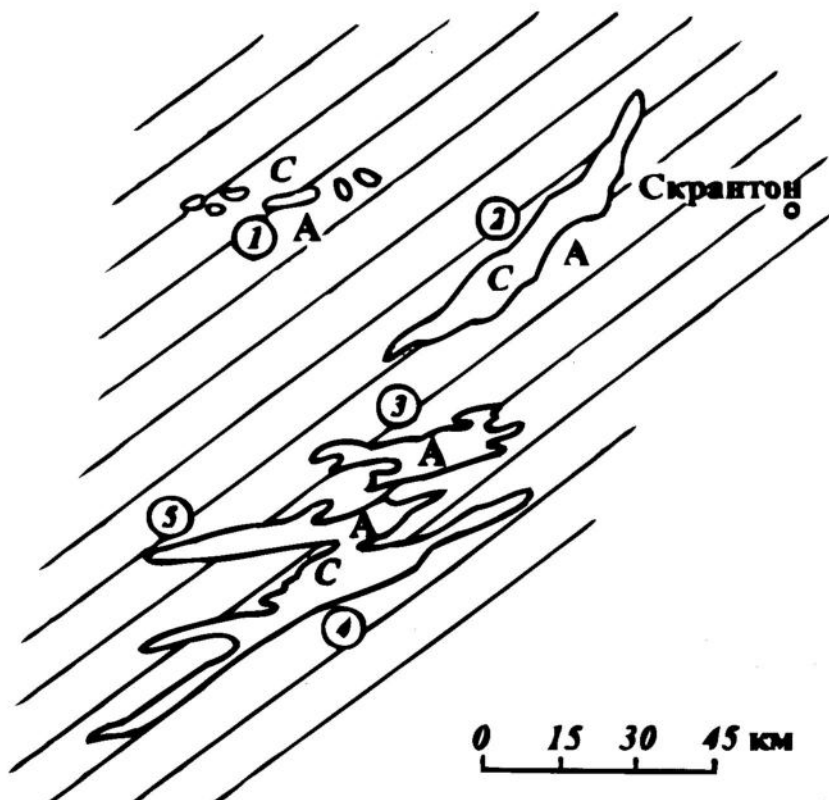
лозольные (A^d 6–9%), малосернистые (S_i^d 0,3%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 15–25 МДж/кг, на западе — каменные, в том числе коксующиеся, и антрациты, на востоке — бурые. Ресурсы угля — 228 млрд т, разведанные запасы — 46 млрд т. Добыча угля в основном открытым способом — 22 млн т в год, в т. ч. коксующегося — 12 млн т. Уголь экспортируется в Японию и другие страны.

Аппалачский, США (рис. 48), — крупнейший бассейн на востоке страны. Площадь 180 тыс. км². Разрабатывается с 1800 г. Приурочен к прогибу, выполненному угленосными отложениями карбона и перми (3000 м), содержащими 80 пластов угля мощностью 1–3 м. Угли каменные всех марок, от длиннопламенных до антрацитов, в том числе коксующиеся, малозольные (A^d 10%), содержание серы (S_i^d) 1–4%, теплота сгорания (Q_i^r) 25–30 МДж/кг. Часть углей пригодна для коксования. Ресурсы угля — 1600 млрд т, разведанные запасы — 102 млрд т, из которых 14 млрд т пригодны для открытой разработки. Добыча угля (400 млн т в год) ведется на нескольких тысячах шахт и разрезов. Угли используются в энергетике (65%) и для коксования. Около 50 млн т угля экспортируется в страны Европы и Азии.

Грин-Ривер, США, — расположен на западе страны. Площадь 43 тыс. км². Приурочен к крупной впадине, осложненной антиклинальным поднятием. Несколько угольных пластов содержат отложения мелового возраста. Основная угленосность приурочена к палеогеновым отложениям формации Грин-Ривер (до 400 м), которая содержит 10 угленосных зон по 1–6 угольных пластов в каждой. Количество пластов мощностью 0,6–3,5 м — до 10. Угли бурые и каменные зольные (A^d 15–25%). Ресурсы угля оцениваются во многие млрд т. Кроме угля содержит крупные ресурсы горючих сланцев, нефти и природного газа.

Рис. 50. Схема Пенсильванского антрацитового бассейна.

Месторождения:
1 — Центрально-Северное;
2 — Северное;
3 — Средневосточное;
4 — Южное;
5 — Среднезападное



Западный, США, — находится в средней части страны и занимает площадь 194 тыс. км². Угленосные отложения карбона мощностью 1–5 км содержат 10 пластов мощностью 0,7–2,5 м. Угли малозольные, малосернистые каменные и антрациты. Ресурсы угля — 170 млрд т. Интенсивно разрабатывается.

Иллинойский, США (рис. 49), — один из крупнейших бассейнов страны. Находится в ее центральной части и занимает впадину площадью 122 тыс. км². Разрабатывается с 1875 г. Угленосные отложения карбона (1000 м) содержат 20 пластов угля мощностью 0,6–3 м. Угли малозольные (A^d 6–14%), сернистые (S_i^d 2–10%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 25–30 МДж/кг. Угли каменные, в основном энергетические. Ресурсы угля — 365 млрд т, в том числе разведанные запасы — 89 млрд т, из них пригодные для открытой разработки — 18 млрд т. Добыча угля на 65 шахтах и 316 карьерах 160 млн т (1995). Угли используются главным образом в энергетике.

Пенсильванский, США (рис. 50), — крупнейший антрацитовый бассейн страны. Площадь 45 тыс. км². Известен с 1762 г., разрабатывается с 1777-го. Отложения карбона (1500 м) содержат до 40 угольных пластов мощностью 0,9–12 м. Угли каменные малозольные (A^d 7–12%), среднесернистые (S_i^d 2%). Ресурсы антрацитов — 20,5 млрд т, разведанные запасы — 17,5 млрд. Добыча угля снизилась с 50 до 2 млн т.



Рис. 51. Основные угольные бассейны и месторождения Южной Америки:

- 1 — Нарикваль, Унаре (Венесуэла);
- 2 — Серрехон;
- 3 — Бояка и Богота;
- 4 — Алта-Амазона (Бразилия);
- 5 — Альта-Чиком, Рио-Санта (Перу);
- 6 — Консемпоне;
- 7 — район Магелланова пролива (Чили);
- 8 — Рио-Турбьо (Аргентина);
- 9 — Риу-Гранди-ду-Сул и Санта-Катарина;
- 10 — Терезина (Бразилия)

Пикту, Канада, — находится на востоке страны и занимает площадь 1 тыс. км². Угленосный карбон слагает две синклинали. Рабочие мощности (1–10 м) достигают более 15 пластов. Угли каменные, средnezольные (A^d 16–20%), сернистые (S_t^d 3,1%), марок К и Ж. Разрабатывается рядом глубоких шахт.

Сабинас, Мексика, — расположен на востоке страны и содержит в отложениях мелового возраста несколько угольных пластов мощностью 1–2 м. Угли каменные, среднесернистые, марок К и ОС, пригодны для коксования. Ресурсы угля более 500 млн т, добыча ведется мелкими шахтами — более 5 млн т в год.

Сан-Хуан-Ривер, США, — занимает на юго-западе страны крупную (160 x 240 км) впадину и заключает в меловых отложениях 4 основных пласта угля мощностью 1–5 м. Угли каменные малозольные (A^d 12%), малосернистые (S_t^d 2%). Ресурсы угля 200 млрд т. Изучен слабо. В отложениях палеозоя и мезозоя известны месторождения нефти и газа.

Сидни, Канада, — один из крупных разрабатываемых бассейнов страны, включает несколько месторождений. Находится на востоке Канады. Продуктивные отложения карбона заключают 10–12 угольных пластов мощностью 1–2 м. Угли преимущественно газовые средnezольные, малосернистые. Ресурсы угля — 2,7 млрд т, добыча ведется карьерами и наклонными шахтами, частично под дном моря.

Рис. 52. Схема бассейна Санта-Катарина:
 1 — серия Сан-Бенту;
 2 — серия Пасса-Доис;
 3 — серия Тубаран с выходом пласта Барро-Бранко;
 4 — гляциальные фации;
 5 — архейские граниты;
 6 — силлы;
 7 — сбросы;
 8 — падение пород;
 9 — шахты

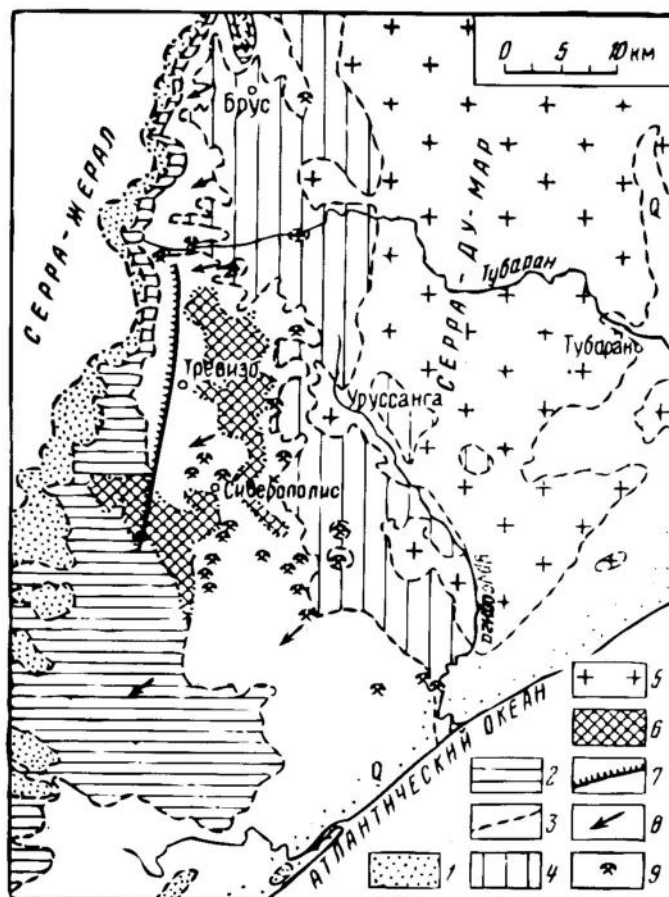
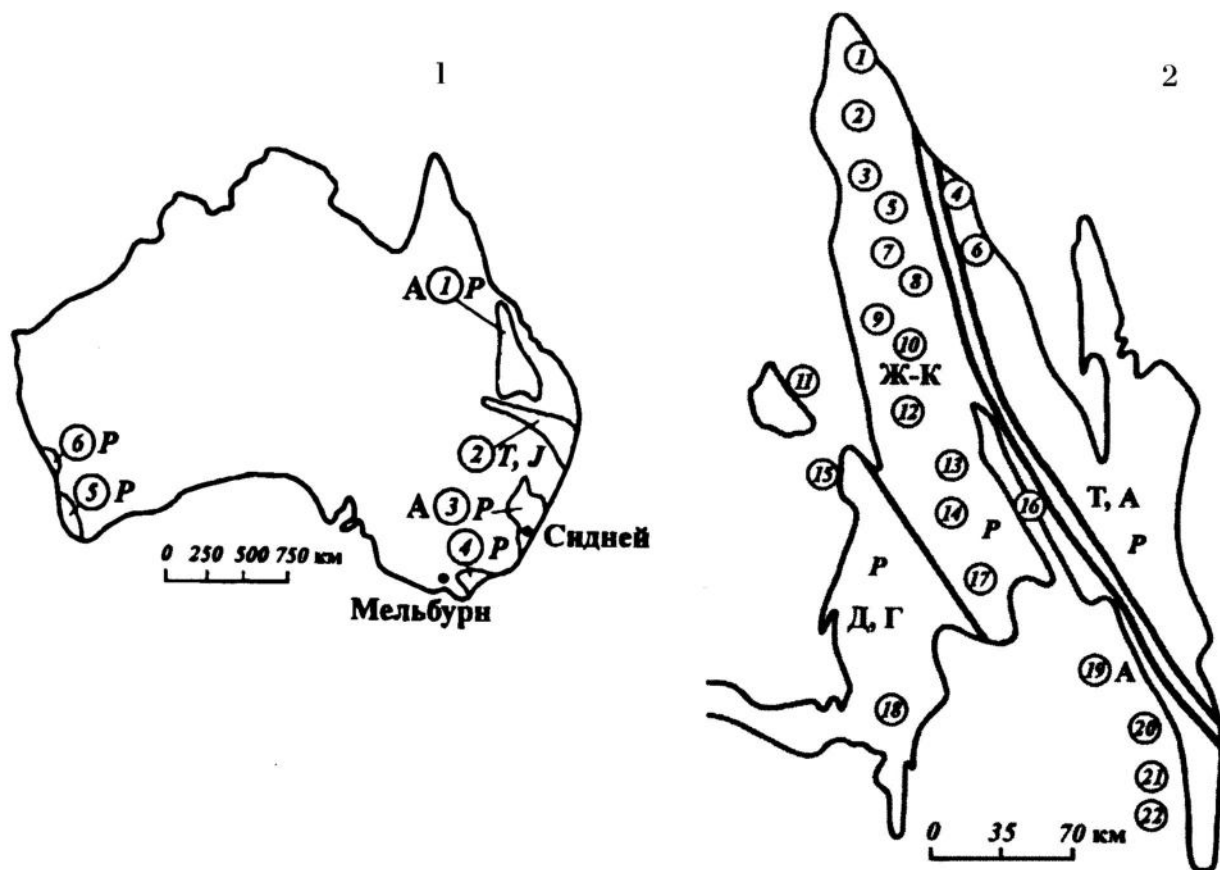


Рис. 53 (1, см. стр. 193). Основные угольные бассейны и месторождения Австралии:
 1 — Боуэн (Большая синклинали);
 2 — Кларене, Ипсуич, Дарлинг-Даун; 3 — Сидней (Новый Южный Уэльс);
 4 — Латроб-Вэлли;
 5 — Доннинг-Брук; 6 — Эраду, Эрни-Ривер. Возраст угленосных отложений обозначен буквами

Форт-Юнион, США, — один из крупнейших бассейнов находится на севере и занимает площадь около 200 тыс. км². Угленосные осадки мела и палеогена мощностью до 2000 м выполняют крупную впадину. Основная угленосность в палеогене — до 20 пластов мощностью 1–3, местами 5–6 м. Угли бурые, реже каменные длиннопламенные, малозольные (A^d 5–10%), малосернистые (S^d 0,3–1,7%). Ресурсы угля — 1400 млрд т. Юинта, США, — находится на западе страны и занимает площадь 60 тыс. км². Приурочен к крупной двойной синклинали, сложенной осадками верхнего мела, содержащими 7 угольных пластов мощностью 0,5–10 м. Угли каменные и антрациты. Ресурсы — 9,5 млрд т.

Южная Америка (рис. 51)

Алта-Амазона, Бразилия, — находится на крайнем северо-западе страны и охватывает площадь 109 тыс. км². Отложения палеогена выполняют глубокий грабен, в котором на глубине 90–300 м вскрыто до пяти угольных пластов мощностью 1, 1,6, 3 и 14 м. Угли бурые, зольные (A^d 13–33%), выход летучих веществ 31–41%, содержание влаги на вы-



ходах пластов 19–25%, на глубине 280 м — 9–17%. Ресурсы угля оцениваются в 2200 млрд т. Это самый крупный (после Западно-Сибирского) угольный бассейн мира. Изучен крайне слабо.

Кудинамарка-Бояка, Колумбия, — находится на востоке страны и занимает площадь 3,2 тыс. км². В отложениях мела — палеогена известны 4 угольных пласта рабочей мощности. Угли малозольные (A^d 7%), сернистые (S_t^d 2,7%), каменные, от длиннопламенных до коксовых. Ресурсы угля — 5 млрд т, большая их часть пригодна для коксования. Месторождения разрабатывается.

Нарикуаль, Венесуэла, — основной бассейн страны. Площадь 100 тыс. км². Разрабатывается с 1884 г. Неогеновые отложения содержат несколько угольных пластов мощностью 1–3 м. Угли малозольные (A^d 3%), малосернистые (S_t^d до 1%), длиннопламенные. Ресурсы угля — 2620 млн т. Добыча незначительная.

Рио-Турбьо, Аргентина, — находится на крайнем юге страны и содержит в отложениях палеогена 6 угольных пластов мощностью от 1 до 7,5 м (пласт Доротей). Угли малозольные (A^d 11%), малосернистые (S_t^d 1%), средних стадий метаморфизма (V^{daf} 28–36%). Ресурсы угля — 450 млн т. Добыча — 0,5 млн т в год.

Рис. 54 (2). Схема марочного состава углей бассейна Боуэн. Месторождения: 1 — Коллинсвилл; 2 — Ньюленде; 3 — Лейтон-Даунс; 4 — Элфинстон; 5 — Бартон; 6 — Нибо; 7 — Гуньела; 8 — Пойтрел; 9 — Пик-Даунс; 10 — Сараджи; 11 — Блэр-Атол; 12 — Норвич; 13 — Джерман-Крик; 14 — Грегори; 15 — Капелла; 16 — Ярраби; 17 — Блэк-Уотер; 18 — Западный Ролстон; 19 — Баралаба; 20 — Мура; 21 — Кайянга; 22 — Тиодор

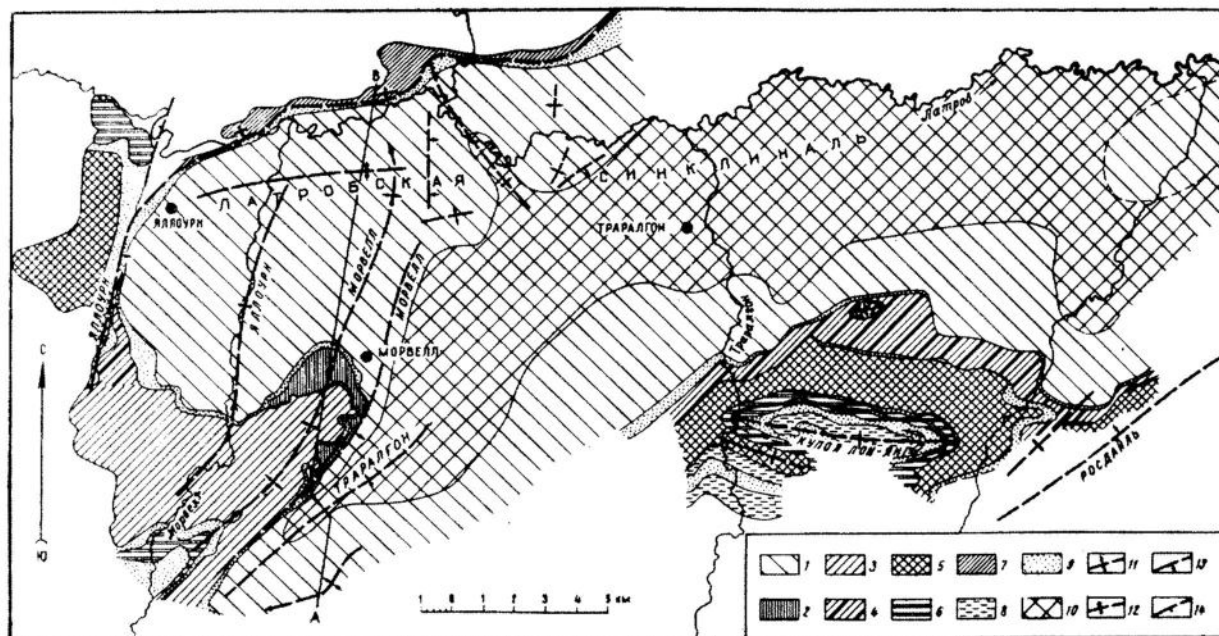


Рис. 55. Схема месторождения Латороб-Валли.
1–8 – пласты угля:
1 – Яллоурн;
2 – Морвелл;
3 – Морвелл I;
4 – Морвелл IA;
5 – Морвелл IB;
6 – Морвелл 2;
7 – Латороб;
8 – Траралгон;
9 – глины;
10 – залегание глубже 100 м;
11 – антиклиналь;
12 – синклиналь;
13 – моноклиналь;
14 – сброс.

Санта-Катарина, Бразилия (рис. 52), — расположен на востоке страны и содержит в отложениях перми 5 угольных пластов мощностью 0,5–5 м. Угли мало- и средnezольные (A^d 3–25%), сернистые (S_i^d 3–5%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 23 МДж/кг, средних стадий метаморфизма (V^{daf} 18–26%). Ресурсы угля — 450 млн т. Добыча — 0,5 млн т в год.

Эль-Серрехон, Колумбия, — находится на севере страны и занимает площадь 200 км². Отложения палеогена содержат до 40 угольных пластов мощностью 0,9–4,8 м. Угли разной зольности (A^d 2–45%) и разной сернистости (S_i^d 0,4–6%), каменные, от газовых до тощих, частично пригодны для коксования. Ресурсы угля — 3 млрд т, в том числе коксующиеся — 0,7 млрд т. Интенсивно разрабатывается карьерами мощностью от 3 до 15 млн т в год. Общая годовая добыча — более 40 млн т.

Австралия (рис. 53)

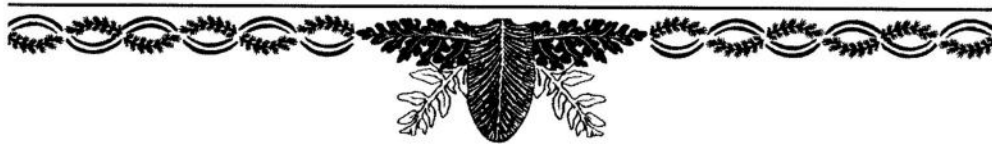
Боуэн (Большая синклиналь), Австралия (рис. 54), — крупнейший бассейн на востоке страны. Площадь 75 тыс. км². Открыт в 1827 г., разрабатывается с 1845-го. Угленосные отложения перми (5000 м) слагают крупный синклиорий и содержат до 20 угольных пластов мощностью от 3 до 34 м. Угли всех марок от длиннопламенных до тощих, в том числе коксующиеся, мало- и средnezольные (A^d 8–25%), малосернистые (S_i^d 1%), с теплотой сгорания (Q_i^r) 20–25 МДж/кг. Ресурсы угля — 42 млрд т, разведанные запасы — 19 млрд т. Более 3 млрд т доступны для открытой разработки. Добыча угля на 4 шахтах и 7 разрезах превышает 100 млн т

сгорания (Q_i^r) 12 МДж/кг. Ресурсы угля — 124 млрд т, разведанные запасы — 65 млрд т. Добыча угля — до 100 млн т в год. Уголь используется в энергетике.

Сиднейский, Австралия (рис. 56), — один из крупнейших бассейнов страны. Площадь 43 тыс. км². Разрабатывается с конца XIX в. Угленосные отложения перми слагают крупный прогиб и содержат 16 угольных пластов мощностью 1–10 м. Угли мало-среднесольные (A^d 3–22%), малосернистые (S_i^d 1%), в основном коксующиеся. Ресурсы угля — 111 млрд т, разведанные запасы — 45 млрд т, из них 15 млрд т пригодны для открытой разработки. Добыча (до 100 млн т в год) ведется шахтами и карьерами. Уголь используется для коксования.

Антарктида (рис. 57)

Основные месторождения угля расположены у южного полюса и вдоль побережья моря Росса. Осадочные отложения глоссоптеривой формации верхней перми содержат более 10 угольных пластов мощностью 0,6–7 м. Они часто выклиниваются и прорваны дайками и силами изверженных пород. Несколько угольных пластов (до 3 м) имеют триасовый возраст. Угли каменные с низким содержанием летучих, мало-среднесольные (A^d 8–20%). Ресурсы угля не оценивались, но, вероятно, составят не один десяток млрд т.



Приложение 2

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ

Автохтонные угли — ископаемые угли, исходное вещество которых образовалось из остатков отмерших растений на местах их произрастания на суше или в водной среде. Признаки Ав. у.: наличие корней растений в почве угольного пласта, малая зольность угля, хорошая сохранность растительных фрагментов в угле.

Аллохтонные угли — ископаемые угли, материнское вещество которых образовалось из остатков отмерших растений, перемещенных водой к месту их накопления. Возможен вторичный перенос уже отложившегося материала (вторичная аллохтония). Признаки А. у.: 1) отсутствие в почве пласта корешков растений в естественном положении; 2) частое переслаивание угля с прослоями породы; 3) наличие крупных изолированных стволов, указывающее на быстрое захоронение принесенного материала; 4) обилие минеральных примесей и включений; 5) линзообразное и пластовая форма залегания; 6) непостоянство мощности угольных залежей и частая смена типов угля по площади пласта; 7) сильно расщепленные концы стеблевых тканей; 8) бурая окраска спор, кутикулы, смоляных телец обычно плохой сохранности при длительном переносе материала. Примеры: угли нижнего карбона Подмосковского бассейна.

Балхашит — разновидность сапропеля, встреченного у берегов оз. Балхаш (Казахстан). Продукт субаэрального преобразования водорослевого материала, подвергнувшегося первоначальному разложению в условиях сероводородного заражения. Эластичный, реже хрупкий, от желтого до черного цвета. Средний состав: C^{daf} — 76%, H^{daf} — 10,5%, $O^{daf} + N^{daf}$ — 13,5%.

Барзассит — разновидность кутикулового липтобиолита, сложенного остатками псилофитов. Известен на Барзасском месторождении девонского возраста, расположенного в пределах восточного обрамления Кузнецкого бассейна. Б. слагает линзы и пласты угля мощностью 0,5 — 3 м.

Представлен листоватыми и плитчатыми, реже плотными брекчсеевидными разностями. Качество Б. : C^{daf} — 75 — 85%, H^{daf} — 5 — 10%, A^d — до 15%, Q_s^{daf} — 35 МДж/кг. Ресурсы Б. — 300 млн т. Б. пригоден для получения синтетического жидкого топлива и в дорожном строительстве.

Бифуркация пласта (см. **Расщепление угольных пластов**).

Блеск угля — изменяется в широких пределах от желтовато-коричневого до серовато-черного. Б. у. тесно связан с его петрографическим составом. Наибольшим блеском характеризуются витрен и кларен. Дюрен и фюзен отличаются матовым блеском. Б. у. возрастает с увеличением степени метаморфизма: витрен бурых углей имеет тусклый смоляной блеск, каменных углей — стеклянный, в антрацитах — яркий металлический блеск.

Будинаж угольный (от фр. boudin — валик) — разделение угольного пласта на будины — линзы, блоки, отделенные друг от друга тонкими пережимами. Образуются под влиянием давления (стресса) на толщи, представленные переслаиванием пластов угля и крепких жестких пород.

Выветривание угольных пластов — совокупность всех изменений угля, происходящих под действием агентов выветривания; процесс разрушения или изменения углей вблизи земной поверхности под влиянием физ. и хим. воздействия атмосферы, поверхностных, грунтовых и подземных вод. Различают физ., хим. и биол. В. у. п. Физ. В. у. п. характерно для областей с сухим и холодным климатом, связанным с резкими колебаниями температуры. Хим. и биол. В. у. п. свойственно областям с влажным умеренным или тропическим климатом. Физ. В. у. п. вызвано механическим распадом угля на обломки, связанным с растрескиванием угля под влиянием разных факторов. Хим. В. у. п. приводит к изменению хим. состава угля и его гидратации. Растет зольность, содержание кислорода и водорода, снижается содержание углерода, теплота сгорания, спекаемость. В бурых углях растет количество гуминовых кислот, в каменных — появляются вторичные гуминовые кислоты. Глубина зоны выветривания колеблется от 10 до 50 м, реже — более. Зависит от условий залегания пласта, рельефа поверхности, интенсивности процессов эрозии, глубины залегания подземных вод. В зоне В. у. п. образуются эпигенетические минералы — гипс, ярозит, кальцит, пирит и др. По времени проявления процессов В. у. п. различают древнее и современное.

Вязкость угля — свойство, обратное хрупкости. Зависит от состава угля и количества минеральных примесей. Наименее вязки гумусовые малозольные угли, наиболее — сапропелитовые зольные разности — богеды, сапроколлиты

Газовая зональность угольных месторождений — изменение состава газов с глубиной (по А. И. Кравцову):

Газовая зона	Характеристика газовой зоны	Содержание, %		
		Метан	Азот	Углекислый газ
Азотно-углекислая	Воздушно-химическая	0	20	80
Углекисло-азотная	Воздушная	Следы	80	20
Метано-азотная	Воздушно-метаморфическая	20	80	Следы
Азотно-метановая	То же	80	20	Следы
Метановая	Метаморфическая	80	20	Следы

Глубина распространения первых двух зон от 30 до 60 м, при пологом залегании пород, до 300–400 м — при крутом. Помимо азота и углекислоты в незначительном количестве здесь встречаются метан, тяжелые углеводороды (до 1,5%) и редкие газы (до 0,001%). Мощность метано-азотной и азотно-метановой зон меняется от первых десятков до первых сотен м. Содержание тяжелых углеводородов снижается вниз по разрезу от 0,6–1,9 до 0,3–0,8%. В зоне метановых газов, особенно на больших глубинах, практически весь газ представлен метаном. Весьма редки тяжелые углеводороды и водород. Максимальная метаноносность достигает 25 м³/т с.б.м., реже — более. В зоне распространения суперантрацитов метаноносность снижается до 2–3 м³/т с.б.м. и менее при росте количества метаморфогенного азота. В некоторых бассейнах приведенная выше газовая зональность нарушается. Напр., в Подмосковном буровом басс., где пласты залегают на небольшой глубине (100 — 200 м) в области активного водообмена, преобладают углекислый газ и азот, а зона метановых газов практически отсутствует. В Печорском и Тунгусском бассейнах нет зон азотно-углекислых и углекисло-азотных газов, что связано с распространением в этих бассейнах многолетнемерзлых пород. Г. з. у. м. нарушается при внедрении в угленосную толщу магматических тел (Партизанский, Тунгусский басс.), в районе крупных тектонических нарушений, где угольные пласты могут содержать большое количество углекислоты вулканогенного происхождения. Верхняя граница зоны метановых газов устанавливается на глубине, где содержание метана в угольных пластах превышает 80%, а метаноносность достигает 2–3 м³/т с.б.м. для малометаморфизованных углей, 3–4 для углей средней стадии метаморфизма, 4–5 для высокометаморфизованных.

Газового выветривания зона — понятие, обычно используемое для характеристики метаноугольных месторождений. В этой зоне метаносность не превышает 2 — 3 м³/т с.б.м. Мощность Г. в. з. меняется от первых десятков до первых сотен м, реже — более. Зависит от многих причин, в том числе от пористости и проницаемости пород, тектонической нарушенности месторождения, что способствует эмиграции метана их угленосных толщ. Мощность Г. в. з. в Донецком басс. меняется от 5 — до 500 м (в зоне распространения суперантрацитов — до 1000 м), Печорском — от 50 до 200 м, Кузнецком — от 25 до 420 м, Карагандинском — от 50 до 400 м.

Газовый суфляр — локальные выделения газа из природных (тектонических) или эксплуатационных трещин с дебитом не менее 1 м³/мин. Эксплуатационные Г. с. возникают в подготовительных выработках, очистных забоях, выработанном пространстве при образовании системы трещин за счет перераспределения горного давления. С глубиной частота встречаемости Г. с. увеличивается. Состав Г. с. угольных м-ний представлен метаном с примесью тяжелых углеводородов, азотом, углекислым газом и водородом. Появление Г. с. приурочено к зоне метановых газов. При небольших запасах газа Г. с. действуют кратковременно, при значительных — десятки лет, в течение которых выделяются десятки млн. м³ метана.

Газоносность угольных месторождений — совокупность данных о составе и количестве газов в угольных пластах и вмещающих породах, формах нахождения газов, факторах, ее определяющих. Газы угольных м-ний включают метан, тяжелые углеводороды (этан, пропан, бутан и др.), водород, углекислый газ и азот. Крайне редко присутствуют сероводород, в весьма малых концентрациях — аргон, гелий и другие инертные газы. Основным источником углеводородных газов является уголь в концентрированной (в пластах и пропластках) и рассеянной форме. В процессе метаморфизма органического вещества углей образовались: на стадиях Б–Д — углекислый газ и метан, на стадиях Г–ОС — метан и тяжелые углеводороды, на стадиях Т–А — метан и, возможно, водород, при полном отсутствии тяжелых углеводородов. При достижении углем стадии суперантрацитов генерируется метан и водород. Заметную роль играет вещество угля. Например лигниты повышают выход тяжелых углеводородов, а фюзиниты продуцируют только метан.

В общем балансе газов угольных месторождений выделяются:

- газ, заключенный в балансовых и забалансовых угольных пластах (сорбирован на 90–95%);
- газ, находящийся в тонких (0,1–0,5 м) пластах и пропластках угля зольностью до 50% (сорбирован на 90–95%);
- газ угольных включений прослоев, линз (0,01–0,1 м); сорбирован на 90–95%;

— газ углистых тонкозернистых пород (аргиллитов и алевролитов) с содержанием рассеянного органического вещества (РОВ) 25–50% (сорбирован на 70–90%);

— газ малоуглистых аргиллитов, алевролитов и песчаников с содержанием РОВ 5–25% (сорбирован на 20 — 70%, частично рассеян в свободной фазе или растворен в поровых водах);

— газ безугольных аргиллитов, алевролитов и песчаников с содержанием РОВ менее 5%, рассеянный в свободной фазе или растворенный в поровых водах (сорбирован на 10–20%);

— газ песчаников, гравелитов и конгломератов с повышенной пористостью и проницаемостью. Образует свободные скопления или растворен в пластовых водах. Формирование залежей свободного газа в угленосных толщах подчиняется общим законам образования газовых м-ний. Дебиты газа (метана) колеблются от 10 до 100 м³/сут., а их продолжительность от нескольких суток до многих лет (север и запад Донецкого бассейна, где известен ряд месторождения газа в отложениях нижнего и среднего карбона). В пермских отложениях Кузнецкого бассейна известен ряд залежей свободного газа с ресурсами газа в сотни млн и первые млрд м³ (например, Сыромолотненская — 6 млрд м³).

— газ, заключенный в трещинных зонах, образует локальные скопления в свободном или растворенном (в подвижных трещинных водах) состоянии. Наиболее сильное влияние на газоносность оказывают трещины и зоны дробления в антиклиналях и флексурах, а также техногенные трещины, возникающие в процессе эксплуатации, связанные с проявлением горного давления.

Газоносность основных угольных бассейнов стран СНГ (м³/т с.б.м.): Донецкий — 5–30, Печорский — 3–33, Кузнецкий — 6–33, Карагандинский — 7–35.

Газоносность угольных бассейнов					
Бассейн, марка угля	Газоносность, м ³ /т с.б.м. на глубинах, м				
	0–300	300–600	600–900	900–1200	1200–1800
<i>Донецкий</i>					
Д	5	7	10	12	15
Г	7	10	12	17	20
Ж	9	16	20	22	24
К	10	17	21	28	30
ОС	11	18	21	29	30
Т	13	20	22	23	28
А	20	22	25	26	29
А (суперантрацит)	1	2	3	4	6

<i>Кузнецкий</i>					
Д	6	13	16	18	19
Г	8	16	20	23	25
Ж	9	17	21	25	28
К	10	20	25	28	32
ОС	8	16	23	27	29
Т	9	18	22	28	33
<i>Печорский</i>					
Д	4	6	—	—	—
Г	9	14	—	—	—
Ж	10	20	28	—	—
<i>Карагандинский</i>					
Г	7	13	20	24	29
Ж	12	23	26	29	31
К	14	26	30	33	35
ОС	12	22	26	28	34

На Г. у. м. влияют многие геологические факторы: тип угольного м-ния или бассейна (наибольшей газоносностью отличаются бассейны переходного и геосинклинального типов), угленасыщенность разреза (максимальная газоносность приурочена к зонам с наибольшей угленосностью), вещественный состав углей (повышение количества фюзинита увеличивает газоносность, а липтинита — повышает количество тяжелых углеводородов), метаморфизм угля (при прочих равных условиях, газоносность углей прямо пропорциональна степени их метаморфизма), тектоника — один из главных факторов, определяющих современную Г. у. м. (наименьшая Г. у. м. в синклинальных структурах, наибольшая — в антиклинальных. Разрывные нарушения в одних случаях дренируют угленосную толщу, снижая газоносность, в других — служат непроницаемыми экранами и повышают газоносность отложений), глубина залегания угольных пластов (во всех бассейнах газоносность углей и пород возрастает со стратиграфической глубиной и по мере погружения угольных пластов. Градиент нарастания газоносности на 100 м глубины в Кузнецком бассейне — 3–4, в Карагандинском — 4–5 м³/т с.б.м.), литологический состав пород (глинистая кровля способствует увеличению газоносности угольных пластов, песчаная — к ее снижению), гидрогеологические условия (повышение обводненности пород и углей снижает их газоносность), геокриологические условия (многолетнемерзлые породы оказывают экранирующее воздействие, способствуя образованию газовых скоплений), покровные отложения (бассейны, где угленосные отложения перекрыты слабопроницаемыми породами, характеризуются повышенной газоносностью углей и пород), магматическая деятельность (под воздействием магматических тел нарушается газовая зональность, меняется состав газов, возрастает количество азота и углекислого газа).

Газы угольных месторождений должны рассматриваться в нескольких аспектах:

- как природный фактор, серьезно осложняющий ведение горных работ и добычу угля;
- как полезное ископаемое, заключенное в угольных пластах и вмещающих породах, которое может попутно добываться при разработке месторождений;
- как источник для образования самостоятельных м-ний природного газа (Западная Сибирь, Днепровско-Донецкая впадина, м-ния Северного моря и др.);
- как фактор, загрязняющий атмосферу в процессе дегазации и вентиляции шахт.

Геотермический (региональный, глубинный) метаморфизм — преобразование углей под воздействием температуры, давления, времени и глубинных растворов, проявленное на больших площадях. Проявляется в увеличении степени метаморфизма со стратиграфической глубиной (закон Хильта — Скока), в плане по мере увеличения мощности угленосных отложений и по падению пластов в современном разрезе. Главный вид метаморфизма, обуславливающий все многообразие марочного состава ископаемых углей. Создает основной фон метаморфизма, на который в ряде случаев может накладываться влияние других видов метаморфизма.

Геотермия угольных бассейнов — раздел геофизики по изучению теплового режима недр угольных бассейнов, имеет большое значение для познания условий их геол. развития, выявления закономерностей метаморфизма углей и вмещающих пород в различных тепловых зонах, определения масштаба генерации углеводородов, установления теплового режима шахт и разрезов. Формирование теплового режима недр угольных бассейнов обусловлено:

- тепловым потоком, идущим с больших глубин;
- геолого-структурными особенностями угольных бассейнов;
- литологическим составом горных пород, определяющим различия их теплопроводности и теплового сопротивления;
- угленасыщенностью разреза;
- режимом подземных вод, особенно на верхних горизонтах.

Первые замеры температуры недр были проведены в 1907 г. в Донецком бассейне А. А. Скочинским.

Основные показатели Г. у. б.: геотермический градиент (Гг) — изменение от зоны постоянной температуры в °С по вертикали на 100 м или 1 км разреза; геотермическая ступень (Гс — количество м., приходящееся на изменение температуры на 1°С. Средний Гг в платформенных бассейнах: 1,4 (Подмосковный), 1,5 (Канско-Ачинский), бассейнах в крупных прогибах 2,7 (Кузнецкий и Донецкий). Температура на глубине 1000 м в угольных бассейнах (°С): Донецкий — 22–57, Кузнецкий — 19–44, Пе-

чорский — 14–30, Подмосковский — 20–25, Канско-Ачинский — 15–20. В шахтах Донецкого бассейна температура на глубине порядка 1500 м достигает 55–60 °С.

Средняя температура недр угольных бассейнов для образования углей разных стадий метаморфизма:

Стадия метаморфизма	О(Б)	I(Д)	II(Г)	III(Ж)	IV(К)	V(ОС)	VI(Т)	VII — X(A)
Палеотемпература, (средняя), °С	До 70	115	140	160	175	185	200	215

В тектонически активных районах (Камчатка) Гг. достигает 5–10 °С/100 м. Разница палеотемператур для образования изометаморфных углей разного возраста весьма значительна. Для более древних бассейнов температура образования углей более низкая, чем для более молодых, что связано с длительностью воздействия температур на угли (фактор времени). Например, для образования длиннопламенных углей палеозойского возраста требовалась температура 90 °С, а для кайнозойских — 140 °С. Интенсивность теплового воздействия в районах проявления **магматермического** (термального) метаморфизма зависит от состава магматических тел (температура интрузий основного состава 1000 — 1200, кислого 800 — 900 °С).

Геохимия угля — наука о распространенности, распределении, сочетании и миграции элементов и их изотопов в пластах угля, изучении закономерностей поведения хим. элементов в геол. и технол. процессах в различных термодинамических условиях, ведущих к концентрации или рассеянию элементов в углях. Фактической базой Г. у. служат количественные данные о содержании и распределении хим. элементов и их изотопов в углях, о формах их нахождения и состояния. Для их получения используются результаты хим., спектральных, рентгеноспектральных, масс-спектральных, радиографических, активационных и других методов анализа. Изучение Г. у. позволяет выявить эволюцию процессов, протекающих в природных условиях: окисление — восстановление, кислотность — щелочность и др. Прикладное значение имеет возможность рентабельного использования ряда элементов, заключенных в угле, например Ge, Ga, Sc, S, Ag, Au и др.

«Гидротермальный» уголь — уголь в виде тонких прожилков, vyplняющий трещины в горных породах. Показатели качества Г. у. аналогичны таковым соседних угольных пластов (Карагандинский бассейн, Саранский участок).

Горелые породы, глиежи, осадочные породы, обожженные в результате природного выгорания угольных пластов или горения породных отвалов (терриконики). Глубина зоны выгорания — до 50 м, реже — до 200 м. В зависимости от температуры обжига изменение пород проявля-

ется в покраснении, оплаковании и полном их переплавлении. Встречаются в Кузнецком, Канско-Ачинском бассейнах, на м-ниях Дальнего Востока и Средней Азии. Возраст зон выгорания — вплоть до современного, площадь — десятки км². На юрском каменноугольном месторождении Фан-Ягноб (Таджикистан) горение угольных пластов длится не менее 2000 лет. Наибольшую ценность представляют обожженные глинистые породы, обладающие высокой активностью. Они используются в цементной промышленности для производства вяжущих, шлакосиликатов, асфальтобетона. Песчаные Г. п. применяются в качестве основания дорожных покрытий. Г. п. терриконики используются в Донецком, Кузнецком, Печорском и др.

Диагенез угля — природный процесс преобразования торфа в бурый уголь, который сопровождается потерей кислорода и водорода и накоплением углерода.

Динамометаморфизм (динамический метаморфизм) — изменение горных пород (в том числе углей) при сравнительно низкой температуре под влиянием высокого давления, возникающего при складкообразовательных процессах, без участия магмы. Добавочное (к гидростатическому) одностороннее давление вызывает текстурные изменения пород (и угля), но без повышения температуры обычно не сопровождается процессом минералообразования (и изменением хим. состава угля). А. И. Егоров и Л. Я. Кизильштейн рассматривают Д. как явление механохимической природы, порожденное тектоническими процессами. Ранее Д. придавалось очень большое значение. Известный геолог Б. Ф. Мефферт полагал, что образование всего многообразия углей Донецкого бассейна связано с проявлением Д.

Доменный уголь — каменный уголь, используемый вместо кокса для выплавки чугуна в небольших доменных печах, способный медленно сгорать при температуре домны, не спекаясь и не распадаясь. Для этого пригодны малозольные, малосернистые термостойкие угли высокой степени метаморфизма.

Залегание горных пород — положение, форма и взаимоотношение геологических тел в земной коре. Для осадочных пород (в том числе углей) характерна пластообразная, реже линзообразная форма и положение, близкое к горизонтальному первичное залегание. Под воздействием тектонических процессов происходит нарушение З. г. п. и создаются вторичные структуры, нередко осложненные взбросами и надвигами. В тектонически сложных районах иногда наблюдается опрокинутое З. г. п. Положение пластов в пространстве определяется элементами залегания: азимутом простирания, направлением и углом падения, которые измеряются горным компасом или графическим способом. В осадочных породах различают согласное З. г. п., характеризующееся непрерывностью разреза и несогласное, отличающееся перерывом в накоплении осадков.

Запасы угля — количество угля в тоннах в недрах Земли, установленное по данным геологоразведочных работ или в процессе эксплуатации м-ния. З. у. подсчитываются для шахтных или карьерных полей, месторождений, районов, бассейнов, стран, континентов и мира в целом. Достоверность З. у. зависит от сложности строения объектов подсчета, объемов, выполненных геологоразведочных работ и их детальности. З. у. характеризуются различной рентабельностью их извлечения, переработки и использования, которая зависит от географического положения м-ния, сложности его строения, угленосности, качества и технологических свойств угля, горно-геологических условий разработки. С учетом утвержденных кондиций, подсчитываются З. у. и горной массы (за счет засорения угля породой прослоев). Запасы попутных полезных компонентов подсчитываются, как в недрах, так и в извлекаемом угле.

По степени изученности З. у. подразделяются на разведанные категории А, В, С₁ и предварительно оцененные категории С₂. В зависимости от сложности геол. строения м-ний, устанавливается определенное соотношение запасов различных категорий:

Категория запасов	Соотношение запасов различных категорий, %		
	Строение месторождений		
	простое	сложное	очень сложное
А	20	—	—
В	30	50	—
С ₁	50	50	100

З. у. разделяются на балансовые, использование которых экономически целесообразно при существующей, либо осваиваемой промышленностью прогрессивной технике и технологии добычи и переработке угля, и забалансовые (по мощности пластов угля, его качеству, условиям разработки и др.), использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно, но которые в дальнейшем могут быть переведены в балансовые. З. у. разведанных м-ний, а также дополнительно разведанные в процессе эксплуатации м-ний подлежат утверждению Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ РФ), З. у. для предприятий местного подчинения — территориальными комиссиями по запасам полезных ископаемых (ТКЗ). При утверждении З. у. устанавливается их достоверность, кол-во, качество угля, условия залегания, степень изученности, значение и подготовленность м-ния для промышленного освоения. З. у. подлежат учету в гос. кадастрах м-ний полезных ископаемых и в гос. балансах запасов п. и.

При проектировании угольных предприятий определяются пром. З. у. — та часть балансовых запасов, которая должна быть извлечена из недр по проекту за вычетом проектных потерь в охранных целиках под населенными пунктами, водоемами, ж. д., потерь по мощности пласта,

в зонах тектонических нарушений и др. В 1997 г. в России разведанные З. у. (категорий А+В+С₁) составляли 200,58 млрд т, предварительно оцененные (С₂) — 79,0 млрд т.

Импульс метаморфизма (I) — величина, учитывающая влияние температуры (t), времени протекания метаморфических процессов (Т) и скорости реакций метаморфизма при разных температурах (k): $I = t \cdot T \cdot k$ (°С · млрд лет).

Стадия метаморфизма угля	Б	Д	Г	Ж	К	ОС	Т и А
Импульс метаморфизма, °С · млрд лет	Менее 6	4–6	6–8	8–11	11–18	18–25	Более 25

Термин предложен М. В. Голицыным (1969). Близкий по смыслу термин «суммарный тепловой индекс» предложен Н. В. Лопатиным (1972).

Каменноугольная стадия углеобразования — средняя стадия углефикации, в течение которой в угле продолжается увеличение содержания углерода и снижение количества кислорода и водорода. Образуется непрерывный ряд углей: длиннопламенные, газовые, жирные, коксовые отощенные спекающиеся и тощие.

Каустобиолиты (от греч. kaustos — горючий, bios — жизнь, lios — камень) — горючие ископаемые органического происхождения, представляющие собой продукты преобразования растительных, реже животных организмов под воздействием геол. факторов. Подразделяются на 2 группы: К. угольного ряда — торф, ископаемый уголь, горючие сланцы и К. нефтяного ряда — нефть, асфальты, озокерит и др.

Контактовый метаморфизм — изменение хим. и физ. свойств углей в непосредственной близости от интрузий или экструзий магм (пластовых интрузий, даек и др.) под воздействием тепла и флюидов. У контакта с интрузией нередко наблюдается ооксование и графитизация угля. Мощность интрузивных тел колеблется в широких пределах от первых до сотен м. Величина влияния интрузии на уголь зависит от мощности и состава магматических тел (магма основного состава имеет более высокую температуру, чем магма кислого состава), а также степени изменения регионально метаморфизованных углей. Наблюдается определенная зональность К. м. в зависимости от расстояния между интрузией и угольным пластом:

Стадия метаморфизма угля	А	Т	ОС	К	Ж	Г
Расстояние от интрузии, % от ее мощности	До 30	30–50	50–100	100–120	120–150	Более 150

Величина влияния на угли термального ореола интрузии равна полуторной ее мощности. В зоне влияния интрузии по сравнению с изометаморфными углями регионального ряда снижается теплота сгорания угля, растет его зольность (за счет тонких прожилков изверженных пород) и сернистость (за счет гидротермального пирита).

Корреляция угольных пластов (а. correlation — соотнесение) — сопоставление, увязка, параллелизация пластов угля или частей разреза с угольными пластами в пределах шахтного поля, м-ния, бассейна. Важная составная часть поисковых и разведочных работ на уголь. Производится на основе анализа мощности, строения, условий залеганий угольных пластов, качества угля. Маркирующими горизонтами могут также служить прослои и пласты горных пород, например горизонты с характерной фауной или флорой, пласты известняков, туфов, туффитов, красноцветных и пестроцветных пород и др.

Кровля пласта — горные породы, перекрывающие угольный пласт. Различают «ложную» К. п. — обычно глинистые сильно размокаемые породы мощностью 10–30 см, которые при разработке пласта обрушаются, засоряя уголь; непосредственную К. п., мощностью первые метры и представленную обычно алевролитами или песчаниками, и основную К. п. мощностью до 10 м и более, чаще всего сложенную песчаниками. В бассейнах паралического типа (например, Донецком) в К. п. нередко залегают известняки.

Лимнический тип углей (греч. лимнэ — озеро) — угли, образовавшиеся в континентальных озерно-болотных условиях. Признаки Л. т. у.: обычно небольшая мощность угленосных отложений, наличие горизонтов с пресноводной фауной, относительно небольшое количество угольных пластов. Л. т. у. характерен почти для всех бассейнов пермского, мезозойского и кайнозойского возраста.

Магматермический (термальный, магматогенный) метаморфизм — преобразование углей под воздействием магматических тел, внедрившихся в угленосную толщу. Кроме непосредственного контактного воздействия на уголь вызывает также общее повышение теплового поля, накладывающееся на нормальный геотермический фон, свойственный геотермическому (региональному) метаморфизму. Может оказывать воздействие на угли на значительных площадях. Проявился в Тунгусском, Кузнецком, Горловском, Таймырском и других бассейнах. В зоне влияния М. м. зонально, порой сильно, изменяются свойства угля (см. **контактовый метаморфизм**).

Метаморфизм углей (греч. метаморфоо — превращаю) — процесс изменения строения, физ. и хим. свойств ископаемых углей под влиянием повышенной температуры и давления в процессе погружения угленосных толщ в недра Земли. По совокупности основных показателей состава и свойств углей выделяют 3 стадии (группы) М. у.: низшую (бу-

роугольную), среднюю (каменноугольную) и высшую (антрацитовую). В необратимом и последовательном процессе М. у. происходит нарастание в элементном составе количества органического углерода, снижение содержания кислорода, водорода и азота. С ростом степени М. у. возрастает блеск и показатель отражения углей, оптическая анизотропия, микротвердость; хрупкость растет от бурых углей к каменным до стадии коксовых, а затем снижается к антрацитам. Снижается прозрачность в тонком шлифе до полного исчезновения на стадии тощих углей и антрацитов. Меняется цвет оболочек спор: у длиннопламенных углей — лимонно-желтый, газовых — желтый, жирных — оранжевый, коксовых — красный, слабо отличающийся от цвета основной массы. В антрацитах споры можно наблюдать только в поляризованном свете. На средней стадии М. у. изменяются с определенными экстремальными значениями: микрохрупкость, трещиноватость, люминесценция, плотность органической массы, гидрофильность, теплопроводность, электрические свойства, скорость прохождения ультразвука, сгораемость, теплота сгорания и др. Основным показателем стадии М. у. в России и ряде зарубежных стран принят показатель отражения витринита (для плотных бурых, каменных углей и антрацитов) и гуминита (для мягких бурых углей).

В ряде случаев для определения стадии М. у. используют содержание углерода, выход летучих веществ, естественную влажность и др. Однако на эти показатели искажающее влияние оказывают неоднородность петрографического состава углей и минеральных примесей, разная первичная восстановленность углей. Факторы М. у.: температура, определяющая роль которой признается всеми исследователями углей; давление — его роль оценивается по разному, вплоть до полного отрицания; время — длительность процесса М. у., имеет определенное значение; скорость химических реакций.

Выделяются следующие виды М. у.: **геотермический** (региональный, глубинный), **динамический** (**динамометаморфизм**), **магматермический** (термальный, магматогенный), **контактовый**, **радиоактивный** (в зоне влияния радиоактивных элементов, встречается редко), **астроблемный** (в зоне падения метеоритов, встречается редко), **сейсмотаморфизм** (в бассейнах, расположенных в сейсмически активных районах, напр. Южно-Якутском) и др. По времени протекания процесса М. у. М. Л. Левенштейн выделил этапы: доинверсионный, обусловленный погружением угленосной толщи в процессе непрерывного осадконакопления до инверсии движений, и постинверсионный, начавшийся после инверсии режима движений и продолжающийся до настоящего времени.

Исторически сложилось так, что катагенетические изменения осадочных пород, применительно к ископаемым углям, принято называть метаморфизмом. На самом деле бурые угли образовались (по Н. Б. Вассовичу) на стадии протокатагенеза, каменные угли (от длиннопламенных

до отощенных спекающихся) — мезокатагенеза, тощие — апокатагенеза и только антрациты — на стадии метаморфизма.

Метаногенерация — процесс образования метана из органического вещества ископаемых углей в процессе метаморфизма. Объем метаморфогенного метанообразования весьма значителен. Выход метана из углей разных стадий преобразования ($\text{м}^3/\text{т}$): Б — 68, Д — 150, Г — 212, Ж — 230, К — 270, ОС — 287, Т — 333, А — 420. Общий объем метана, генерированный угольным веществом, в мире оценивается в 10 000 трлн м^3 . В угольных пластах и пропластках осталось порядка 500 трлн м^3 . Мировые ресурсы в угольных пластах, по разным оценкам, составляют от 68 до 131 трлн м^3 , из них рентабельные для извлечения от 15 до 24 трлн м^3 . Ресурсы метана в основных угольных бассейнах России (трлн м^3): Донецком — 2, Кузнецком — 22, Печорском — 2, Ленском — 10, Западно-Сибирском — 33.

Метанугольное м-ние — м-ние с крупными запасами метана в угольных пластах, пригодное для организации рентабельной добычи метана. Примеры: Ерунаковский и Томусинский районы Кузнецкого бассейна, Воркутское м-ние Печорского бассейна, Апсатское м-ние в Читинской обл., Карагандинский бассейн.

Методы подсчета запасов угля — геологических блоков — основной М. п. з. у (площадь блока, выделенного с учетом сложности строения м-ния, мощности, углов падения пласта, качества угля, категории запасов и др. умножается на средневзвешенную мощность пласта); статистический (основан на статистическом определении средней продуктивности м-ния, распространяемой на всю его площадь, используется для подсчета запасов слабо изученных м-ний); изолиний (площадь поверхности наклонно залегающего пласта между двумя изонахитами умножается на среднюю мощность пласта с учетом угла падения); многоугольников, Болдырева, ближайшего района (площадь пласта разбивается на многоугольники, построенные вокруг каждой разведочной выработки, пересечением перпендикуляров, восстановленных их середины линий, соединяющих ближайшие выработки. Запасы определяются умножением площади многоугольника на мощность пласта по выработке). Существуют компьютерные программы для автоматического подсчета запасов полезных ископаемых.

Монтан-воск, горный воск — основная составляющая битумов некоторых видов слабо углефицированных бурых углей группы IB палеоген-неогенового возраста (Днепровский, Южно-Уральский бассейны, Хандинское, Свободное м-ния на Дальнем Востоке). Для пром. получения М.-в. используются гумито-липтобиолитовые, гумитовые угли и торф с повышенным содержанием бензольных битумов (св. 7% в расчете на сухое вещество). Смолы — нежелательная примесь сырого М.-в. (макс. 25% для угля и 40% для торфа). Используется в точном литье, элект-

ротехнической пром., производстве пластмасс, полирующих и защитных композиций, кабельных мастик, консистентных смазок, кальки, копировальной бумаги, в бытовой химии и медицине. Производится в Украине, в ФРГ, США и Чехии. Объем мирового производства сырого М.-в. в конце XX в. превышал 45 тыс. т в год.

Мощность угольного пласта — толщина пласта. Различают М. у. п.: истинную (Ми), вертикальную (Мв) и видимую. Ми — кратчайшее (по перпендикуляру) расстояние между кровлей и подошвой пласта.

Мв — расстояние между кровлей и подошвой пласта по вертикали.

$$Mи = Mв \cdot \cos a,$$

где a — угол падения пласта. Видимая М. у. п. — расстояние между кровлей и подошвой пласта, измеренное по линиям, ориентированным произвольно к простиранию пласта и в пространстве. Макс. М. у. п известна на м-ниях Хет-Крик (Канада) — 475 м, Латроб-Вэлли (Австралия) — 330 м, в бассейнах Челябинском — 250 м и Экибастузском — 200 м.

Напластование — смена в разрезе осадочных пород одних пластов другими. Поверхности Н. обладают рядом признаков, по которым судят об условиях осадконакопления: следы жизнедеятельности организмов, знаки ряби, трещины усыхания, следы дождевых капель и др.

Несогласие — взаимоотношение разновозрастных осадков, при котором более молодые отложения отделяются от более древних поверхностью размыва или перерыва в осадкообразовании. Образуется, когда под воздействием тектонических сил на участке земной коры прерывается осадкообразование, происходят денудационные процессы с последующим накоплением более молодых осадков. Н. может быть азимутальным, конседиментационным, региональным, локальным, стратиграфическим (параллельным, скрытым), тектоническим, угловым и др.

Окисление угольных пластов, см. Выветривание угольных пластов.

Органическая сера в углях (a. organic sulfur of coal) — сера, входящая в состав органических веществ растений-углеобразователей. Обычно составляет незначительную часть общего содержания серы в углях. Исключение составляют угли Каранцайского и Новометелкинского м-ний Иркутского бассейна, в которых О. с. является основной, а ее содержание достигает 5 и 10%. О. с. практически не поддается обогащению. При сжигании угля дает вредную примесь в топочных газах — сернистый ангидрид.

Падение пласта (a. seam deep, seam gradien_t) — наклон пласта к горизонтальной плоскости. Направление или азимут падения и угол наклона (в градусах) обычно определяется горным компасом. В зависимости от величины угла падения различают угольные пласты: пологие (до 18°), наклонные (19–35°), крутонаклонные (36–55°) и крутые (56–90°).

Паралический тип углей (от греч. паралиос — приморский, а. *paralic type of coal*) — угли, образовавшиеся в прибрежно-морских условиях. Признаки П. т. у.: наличие в разрезе известняков, горизонтов с морской фауной, большое количество выдержанных на значительной площади пластов угля. Характерна многократная цикличная смена типично морских и континентальных отложений. Примеры: угольные пласты нижних частей разреза основных бассейнов каменноугольного возраста в Европе и Северной Америке, в том числе Донецкого, Верхнесилезского, Нижнерейнско-Вестфальского, Аппалачского и др.

Перантрацит, см. Антрацит.

Петрология горючих сланцев (а. *shale petrology*) — наука, изучающая вещественный состав горючих сланцев, их структурные и текстурные особенности, физ. и хим. свойства во взаимосвязи с их образованием и преобразованием под влиянием различных геол. и геох. факторов. П. г. с. развивалась на основании исследований А. Ф. Ажгиревич, С. С. Баукова, А. И. Гинзбург, Г. К. Хрустальной и др. Различия в составе и свойствах основных природных типов сланцев являются следствием таких геол.-генетич. факторов, как характер исходного материала (сапропелевого или гумусово-сапропелевого), био- и геохим. условия его накопления и дальнейшего изменения. В результате образуются основные микрокомпоненты сланцев: талломоальгинит, коллоальгинит, псевдовитринит, сорбосапромикстинит, коллохитинит. В процессе катагенеза (метаморфизма) минеральная часть сланцев меняется незначительно, а органическая часть (кероген) претерпевает значительные изменения. На стадии коксовых углей сланцы начинают терять органическую составляющую, а на стадии тощих углей и антрацитов в условиях повышенных температур полностью ее теряют и превращаются в обычные глинистые, известковистые или кремнистые породы. На основе петрографических и химических исследований разработаны классификации горючих сланцев.

Подшва (почва) пласта (а. *bed floor, seam floor*) — горная порода, непосредственно подстилающая пласт угля. Обычно представлена глинистыми неслоистыми комковатыми породами, что обусловлено присутствием остатков корней растений, пронизывающих почву («кучерявчик»). Контакт почвы с угольным пластом может быть резким и постепенным через промежуточную пачку углистых пород.

Предпосылки углеобразования — стратиграфические, геотектонические, литологические, фациальные, палеогеографические, геоморфологические, климатические, взаимно влияющие на развитие, накопление, сохранение растительного материала, преобразования его в торф, а затем в уголь.

Прогнозные ресурсы угля (а. *forecast resources of coal*) — возможные ресурсы угля в геологически слабо изученных районах, глубоких гори-

зонтах и флангах угольных басс. Оценка П. р. у. производится на основе общих геол. представлений, научных предпосылок на начальной стадии геол. изучения недр. В зависимости от детальности проведенных исследований и достоверности полученных данных выделяются 3 группы П. р. у.: P_1 , P_2 и P_3 . П. р. у. группы P_1 оцениваются, как правило, на флангах эксплуатируемых м-ний в результате поисково-разведочных работ и учитывают возможность прироста запасов за контурами запасов категории C_2 . П. р. у. группы P_2 характеризуют возможность обнаружения новых м-ний на основе выявленных при поисках и крупномасштабной геологической съемке угленоявлений. П. р. у. группы P_3 оцениваются на основе стратиграфических, литологических, геотектонических и других предпосылок, выявленных в процессе мелко- и среднемасштабной геол. съемки. Количественная оценка ресурсов этой группы производится по аналогии с известными месторождениями. П. р. у. России в 1993 г. оценивались в 4450,7 млрд т (см. **Запасы угля**).

Прослойки пород (a. interbeds, band of rock) — тонкие слои горных пород, разделяющие угольные пачки. Обычно представлены аргиллитами, углистыми аргиллитами, реже — алевролитами и еще реже — песчаниками и карбонатными породами.

Простирание пласта (a. seam strike, bearing, trend) — направление линии пересечения пласта с горизонтальной плоскостью. Эта линия называется линией П. п.; ее положение обычно определяется горным компасом.

Рабочий угольный пласт — комплекс угольных пачек (или одна пачка) и прослоев породы, который имеет средневзвешенную зольность не выше, а суммарную мощность угольных пачек не ниже кондиций, установленных для балансовых запасов по данному м-нию. Максимальная кондиционная зольность обычно принимается равной от 30 до 45%, реже — выше (60% в Экибастузском бассейне). Минимальная мощность пласта: 0,6–0,8 м для подземной разработки и 2 м и более — для открытой.

Размывы угольных пластов — частичное или полное уничтожение угольного пласта под действием текучих вод. Различают Р. у. п.: овражно-речные (эрозионные) и морские (абразионные); сингенетические (в период накопления торфа) и эпигенетические (после захоронения торфяника. Временные потоки и реки обычно захватывают ограниченные по площади участки м-ний, морские трансгрессии — обширные площади. Иногда Р. у. п. носят унаследованный характер, и ими размыты пласты, отстоящие друг от друга в разрезе на десятки метров (карагандинская свита на Саранском участке Карагандинского бассейна.). В одних участках торфяника может происходить размыв, а в других — переотложение растительного материала. Глубина вреза особенно эпигенетических Р. у. п. может достигать десятков метров. Р. у. п. сильно осложняют ведение горных работ.

Расщепление угольных пластов — фациальное разделение породными прослоями угольного пласта на две или несколько пачек или самостоятельных пластов, происходящее вследствие изменения условий осадконакопления. Различают Р. у. п. трансгрессивное, регрессивное, Z-образное, «конский хвост», двойной «конский хвост» и др. Р. у. п. может происходить как в одном, так и в нескольких направлениях по падению и простиранию пород. Например, в грабеновых депрессиях, вследствие периодических погружений то одной прибортовой части, то другой, Р. у. п. может происходить то в одном, то в другом направлении. Характерно Р. у. п. в Печорском бассейне, где мощный угольный пласт Роговского м-ния расщепляется к востоку на 4 пласта n_{14} , n_{13} , n_{12} и n_{11} Воркутского м-ния.

Региональный метаморфизм, см. Геотермический метаморфизм.

Сажистый уголь — сильно выветрелый порошкообразный уголь, способный марать руки. Сажистыми также называют фюзеновые угли.

Свита угольная (a. suite of coal) — комплекс осадочных пород, содержащих угольные пласты, образовавшиеся в пределах какого-либо бассейна или месторождения в определенных условиях и занимающий определенное стратиграфическое положение. Границы С. у. должны быть четкими. С. у. может отвечать целому ярусу или его части, может делиться на подсвиты, должна иметь собственное название, обычно географическое. Не рекомендуется давать название С. у. по литологическим особенностям. Примеры: карагандинская и долинская С. у. в Карагандинском бассейне, лёкворкутская и интинская С. у. в Печорском бассейне.

Степень метаморфизма угля (a. degree of metamorphism of coal) — стадия метаморфизма угля. Различают С. м. у.: низкую (буроугольную), среднюю (каменноугольную) и высокую (антрацитовую).

Строение угольного пласта (a. construction of coal seam) — последовательность чередования угольных пачек разного состава и породных прослоев в пласте. В зависимости от количества породных прослоев выделяют пласты простого, относительно сложного (один-два прослоя), сложного (от трех до десяти) и очень сложного (более десяти). Пласты простого строения образуются в результате непрерывного накопления растительного материала при устойчивом тектоническом режиме, обеспечивающем совпадение скоростей нарастания торфяника и опускания области торфонакопления. Сложные пласты образуются при неустойчивом тектоническом режиме, когда скорость накопления растительного материала часто становится меньше или больше скорости опускания области торфонакопления. В результате торфонакопление временно прекращается на всей площади или на отдельных ее частях. Простое строение характерно для угольных пластов Донецкого, части пластов Кузнецкого и Печорского бассейнов, относительно сложное и сложное для пластов

Карагандинского, многих пластов Кузнецкого и Печорского бассейнов, очень сложное — для пластов Челябинского и Экибастузского бассейнов С. у. п. является одним из основных факторов, определяющих технологию их разработки и способы подготовки угля к использованию.

Степень метаморфизма углей — понятие, характеризующее интенсивность геотермического (регионального) метаморфизма. Шкала С. м. у. — шкала расстояний по нормальному стратиграфическому направлению между изолиниями различных показателей степени метаморфизма углей (показатель отражения витринита, R_0 , выход летучих веществ, V^{daf} , содержание углерода, C^{daf} , и др.). Например, расстояния между изоресплендами (линиями равного R_0), проведенными через каждые 0,1%, максимально (300 м) для длиннопламенных углей и минимально (менее 100 м) для антрацитов. Расстояния между изоволями (линиями равного V^{daf}), проведенные через каждый процент, минимальное (42 м) для коксовых углей, увеличивается до 200 — 300 м для длиннопламенных углей и антрацитов. Шкалы С. м. у. используются для прогноза степени метаморфизма на глубоких горизонтах м-ний и в слабо изученных районах.

Сульфированные угли, сульфоугли — каменные угли, обработанные олеумом, эффективные ионообменные материалы, играющие важную роль в очистке технической воды и охране окружающей среды. Их используют для деминерализации воды на тепловых электростанциях и котельных установках, а также для очистки растворов в пищевой промышленности, извлечения ценных компонентов из сточных вод, разделения изотопов, редкоземельных и радиоактивных элементов. Наиболее благоприятным сырьем для производства С. у. служат витринитовые угли марок Ж, КЖ, К и ОС, позволяющие получить сульфоугли высокой механической прочности. Для этих целей наиболее пригодны угли Донецкого, Кизеловского и Карагандинского бассейнов.

Термальный метаморфизм, см. Магматермический метаморфизм.

Технический анализ угля (a. technical analysis of coal) — определение в углях влаги: аналитической (W^a) и рабочей (W^r), содержания золы на сухое топливо (A^d) и теплоты сгорания: высшей по бомбе (Q_s^{daf}) и низшей рабочего топлива (Q_i^r).

Техногенные месторождения (a. technogenous deposits) — скопление минеральных веществ — отходов горного, обогачительного, металлургического и других производств, пригодное для промышленного использования. К ним относятся отвалы добычи полезных ископаемых (в т. ч. угля), хвостохранилища обогачительных фабрик, золо- и шлаковые отвалы ТЭЦ, ТЭС и пром. котельных. В России ежегодно образуется более 30 млн т отходов обогачительных фабрик, около 50 млн т золошлаковых отходов, а общий объем углеотходов составляет 1,5 млрд т в год. По хим. составу отходы добычи и обогащения углей представлены оксидами

кремния, алюминия, кальция и магния. Т. м. представляют собой важное сырье для производства нерудных строительных материалов, источник для получения редких и рассеянных элементов, в том числе германия из золы ТЭЦ и продуктов коксового производства. Т. м. обычно располагаются на дневной поверхности, и их разработка экономически целесообразна.

Угленосности коэффициент — отношение суммарной мощности угольных пластов к мощности угленосных отложений, выраженное в процентах или долях единицы. Редко превышает 10%. К. у. основных бассейнов, %: Донецкий (Россия) — 0,3, Печорский — 2–4, Кузнецкий — 5, Канско-Ачинский — 11–15, Иркутский — 11, Южно-Якутский — 2–11, Зырянский — 2.

Угленосность (a. presens of coal) — совокупность сведений о количестве угольных пластов, их мощности, строении, выдержанности, распределении по разрезу, размывах, расщеплении, характере пород кровли и почвы, петрографических типах, качестве и условиях образования угля.

Угленосный геолого-промышленный район — часть площади в пределах угольного бассейна, выделение которой обусловлено не только геологическими, но и промышленными особенностями. Примеры: Томусинский, Прокопьевско-Киселевский, Ерунаковский и другие У. г.-п. р. Кузнецкого бассейна, Тентекский, Карагандинский и другие У. г.-п. р. Карагандинского бассейна.

Угленосный район (a. coalbearing region) — часть площади в пределах угольного бассейна, выделение которой обусловлено геологическими или административно-хозяйственными особенностями. Пример: Усмунский, Алдано-Чульманский, Гонамский и Токинский У. р. Южно-Якутского бассейна. Реже — самостоятельная угленосная площадь.

Углеобразования пояс — зона на дневной поверхности, в пределах которой в определенный геологический период произошло наиболее обильное накопление угленосных отложений и угольной массы (Степанов, 1937, Егоров, 1960). В каменноугольном периоде в северном полушарии образовался широтный У. п., простирающийся от Аппалачского бассейна (США) через бассейны Испании, Франции, Великобритании, ФРГ, Польши до Донецкого, Подмосковного и Кузнецкого бассейнов в России, Карагандинского и Экибастузского в Казахстане. Пермский У. п. имеет субмеридиональное простирание и протягивается от Таймырского бассейна через Тунгусский, Кузнецкий, бассейны Монголии, Китая и Индии вплоть до восточных бассейнов Австралии. Выделяются также широтный юрский У. п. (Тургайский, Канско-Ачинский, Иркутский, Южно-Якутский, Буреинский бассейны) и меридиональные меловые У. п. на Дальнем Востоке России и западе Северной Америки.

Углеобразования узел — площади с обильным скоплением углей в пределах поясов углеобразования (Степанов, 1937). В каменноугольном периоде образовались наиболее крупные У. у. — Аппалачский и другие

бассейны США, Нижнерейнско-Вестфальский (ФРГ), Верхнесилезский (Польша), Донецкий (Россия и Украина), Карагандинский (Казахстан). Пермские У. у. приходятся на Таймырский, Тунгусский, Кузнецкий бассейны (Россия), Шаньси (Китай), Ранигандж (Индия), Боуэн и Сидней (Австралия). Юрские У. у. — Канско-Ачинский, Иркутский, Южно-Якутский бассейны (Россия), бассейны республик Средней Азии и Казахстана. У. у. мелового возраста представляют Ленский, Зырянский и другие бассейны Дальнего Востока России, басс. Скалистых гор (запад США).

Угледплотность (a. coal density) — количество запасов или прогнозных ресурсов, приходящееся на 1 км² площади м-ния или бассейна. Изменяется от единиц до 100 и более млн. т/км² (Экибастузский бассейн — 180 млн. т / км²).

Угледпроявление (a. coal show) — обычно слабо изученные незначительные по площади участки с тонкими угольными пластами, не имеющие промышленного значения. При более детальном изучении в ряде случаев могут быть переведены в ранг м-ния.

Угледфикация (a. coalification) — фаза углеобразования, в которой захороненный в недрах земли **торф** последовательно превращается сначала в **бурый**, затем **каменный уголь** и **антрацит**. У. начинается вслед за торфообразованием, после перекрытия торфяника толщей осадков, под влиянием хим.-физ. превращений. Выделяют две стадии У. — **диагенез** и **метаморфизм**. В стадии диагенеза происходит переход торфа в бурый уголь, старение и затвердевание коллоидов, дегидратация, выделение газов, складывается петрографический состав угля. В процессе метаморфизма имеет место дальнейшее преобразование органического вещества углей под влиянием все возрастающих температуры и давления по мере погружения угленосных толщ в недра Земли.

Угледхимические карты (a. coal-chemical maps) — комплекс карт разного масштаба, на которых показано изменение различных показателей качества углей (карты зольности, обогатимости, сернистости, спекаемости, метаморфизма, петрографического и марочного состава, редких и рассеянных элементов и др.). У. к. строятся как для дневной поверхности, так и для срезов на глубине, например 500 и 1000 м. Показатели качества угля выносятся также и на гипсометрические планы основных угольных пластов (пластовые У. к), на которых показано изменение свойств углей в плане и с глубиной залегания. На картах выходов угольных пластов основные показатели качества угля могут быть показаны цветом и различными значками. К У. к. прилагаются соответствующие геол. разрезы. Комплекс У. к. выполнен для Донецкого, Карагандинского и других бассейнов. У. к. служат для прогноза качества углей в плане и разрезе, для подсчета запасов углей разных марок.

Углистые породы (a. coal-bearing rocks) — осадочные породы, окрашенные в серый или черный цвет углистым веществом. По составу это смешанные гумусово-глинистые или гумусово-алевритовые породы. Различают углистые глины, углистые аргиллиты и углистые сланцы. Граница между углистыми породами и углями условная, и для каждого бассейна устанавливается своя граница, обычно по содержанию золы в 45 или 50%.

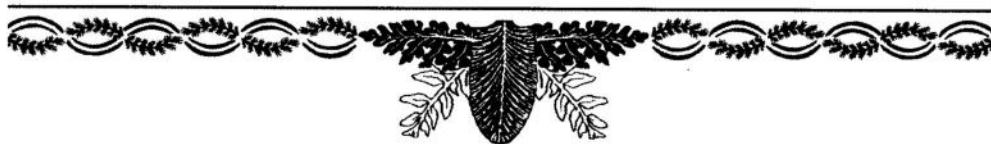
Угольное месторождение (a. coal field) — пространственно обособленная площадь распространения угленосных отложений, содержащая угольные пласты, разработка которых экономически целесообразна; часть угольного бассейна, отличающаяся характером угленосности, качеством углей, условиями разработки. Границы У. м. определяются эрозионным срезом, разрывными нарушениями, литолого-фациальными (выклинивание) и структурными особенностями залегания угленосных отложений. При наклонном залегании угольных пластов граница У. м. на глубине принимается по горизонту, до которого целесообразно вести его разработку. У. м. различаются по характеру угленосности (однопластовые, многопластовые, с пластами простого или сложного строения); сложности геологического строения (простого, относительно сложного и сложного строения, моноклинальные или складчатые); типам углей (буроугольные, каменноугольные, антрацитовые); условиям эксплуатации (для открытой или подземной разработки, характер и устойчивость кровли и почвы угольных пластов, обводненность и газоносность угленосных отложений, геотермический режим, внезапные выбросы угля и пород). По этим показателям произведена типизация У. м. с различными условиями разработки, которая используется для выбора рациональной методики разведки У. м. Примером У. м. простого строения служат м-ния Канско-Ачинского басс. (Итатское, Березовское, Назаровское и др.); сложного строения — м-ния Горловского бассейна (Листвянское, Горловское и др.).

Угольный бассейн (a. coal basin) — крупная по размерам и количеству угля площадь непрерывного или прерывистого распространения угленосных отложений, образование которых связано с определенным периодом развития Земли в пределах единой тектонической структуры. Входит в состав поясов и узлов углеобразования. Границы У. б. определяются современным эрозионным срезом угленосных отложений или крупными разломами. У. б. подразделяются по условиям образования (параличские и лимнические); возрасту (палеозойские, мезозойские, кайнозойские); тектонической принадлежности (геосинклинальные, переходные, платформенные); типам угля (буроугольные, каменноугольные, антрацитовые); положению относительно современной дневной поверхности (открытые, закрытые, перекрытые более молодыми отложениями). В пределах У. б. выделяются геолого-промышленные, угленосные районы или месторождения с учетом их тектонических особенностей, угленоснос-

ти, качества углей, условий эксплуатации. Общее число угольных бассейнов в мире достигает нескольких сотен, в России — свыше 30. Наиболее крупные бассейны России: Донецкий, Кузнецкий, Печорский, Канско-Ачинский, Иркутский, Южно-Якутский; мира — Аппалачский (США), Нижнерейнско-Вестфальский (ФГР), Шаньси (Китай), Витбанк (ЮАР), Боуэн, Сидней (Австралия).

Ураноносные угли (а. uranium-bearing coal) — угли, содержащие нередко промышленные содержания урана. Распространены на грунтово-инфильтрационных месторождениях, где урановое оруденение локализуется в кровле пластов бурого угля на границе с окисленными песками. Важный промышленный тип урановых руд. Наиболее эффективный метод добычи таких руд — подземное выщелачивание. Крупные м-ния У. у. известны в Казахстане.





Содержание

От авторов	5
1. Заглянем в историю	9
Как и где образовался уголь	15
Состав и строение угленосных толщ	22
Типы угольных бассейнов	27
Из чего состоит уголь, его свойства	29
Как искать уголь	40
Где искать уголь	45
Сколько на Земле угля	47
Как добывается уголь	53
Сколько добывается угля	64
Мировая торговля углем	65
Как используется уголь	69
Как сберечь природу	87
2. Угольные бассейны России	91
Донецкий бассейн	96
Уголь под Москвой	96
В краю северного сияния	97
Уголь под Камой	98
Уральские проблемы	99
Западно-Сибирский гигант	100
Сибирский богатырь	101
На самом юге Сибири	102
КАТЭК	103
Иркутские угли	104
Спящие гиганты	104
Угли за Байкалом	105
Вдоль трассы БАМ	105
У самого Тихого океана	107

3. Заглянем в будущее	109
Соперники или соратники?	117
Это интересно знать	136
Названо именем углеразведчика	140
Послесловие.....	141
Что читать	146
Приложение 1	
ОПИСАНИЕ БАССЕЙНОВ.....	148
Угольные бассейны России.....	148
Угольные бассейны зарубежных стран	168
Приложение 2	
КРАТКИЙ СЛОВАРЬ.....	197



М. В. Голицын, А. М. Голицын

МИР СОЛНЕЧНОГО КАМНЯ
Сегодня и завтра ископаемого угля

Генеральный директор *В. Е. Волков*

Главный редактор *А. Т. Волобуев*

Редактор *А. В. Ткачев*

Технический редактор *И. Л. Маринич*

Верстка *И. Л. Маринич*

Корректоры *Л. М. Логунова, Л. Ф. Коломийцева*

Сдано в набор 11.06.2010. Подписано в печать 15.09.2010.

Формат 84х108 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «BodoniC».

Печать офсетная. Печ. л. 14. Заказ № 3866

ЛР № 071422 от 07.04.97.

ООО Издательство «Русский Мир»

ЛР № 071891 от 08.06.99.

ИПЦ «Жизнь и мысль»

125252, Москва, ул. Зорге, 9А, стр. 2

e-mail: russkij-mir@narod.ru

Отпечатано с готовых файлов заказчика
в ОАО «Можайский полиграфический комбинат»

143200, г. Можайск, ул. Мира, 93.

www.oaompk.ru, www.oaompk.ru тел.: (495) 745-84-28, (49638) 20-685

ISBN 978-5-8455-0157-8



ИЗДАТЕЛЬСТВО



*Книги по истории и культуре Государства Российского,
русская художественная и детская литература,
педагогические и справочные издания*

Книжные серии издательства:

- ☐ «Большая Московская Библиотека»
- ☐ «Русский мир в лицах»
- ☐ «Русский мир классики»
- ☐ «Семейные хроники»
- ☐ «Зарубежная Россия»
- ☐ «О слово русское, родное»
- ☐ «Русский мир прозы»
- ☐ «Литературная премия Александра Солженицына»
- ☐ «Pro patria: Историко-политологическая библиотека»
- ☐ «Русская провинция»
- ☐ «Русский мир — детям»
- ☐ Энциклопедические словари



За справками и по вопросам приобретения этих книг
обращаться в издательство «Русский Мир»:

Москва, ул. Зорге, 9А, стр. 2

Тел.: 984-71-67

e-mail: russkij-mir@narod.ru

www.russkij-mir.narod.ru

ЛИТЕРАТУРНАЯ ГАЗЕТА



Газета основана в 1830 году при участии А. С. ПУШКИНА
Издание возобновлено в 1929 году при поддержке М. ГОРЬКОГО

ЛУЧШАЯ ГАЗЕТА ДЛЯ ДУМАЮЩИХ ЛЮДЕЙ

ТОЛЬКО В «ЛГ» ВЫ УЗНАЕТЕ:

Над чем работают лучшие современные писатели, поэты, драматурги

О чем размышляют и спорят герои их новых произведений

Как формируется внутренняя и внешняя политика государства

О тесной взаимосвязи реформ и содержимого нашего кошелька

Где состоялись самые заметные явления в искусстве и культуре

Какие новые книги «заслуживают» того, чтобы их купили

О секретах «лаборатории смеха» в знаменитом «Клубе 12 стульев»

«Литературная газета» — единственное периодическое издание, где встречаются все направления отечественной общественной, социально-экономической, художественной и духовной мысли.

Подписной индекс — 50067

Справки по телефону 8(499) 788 05 79

www.lgz.ru