

*Посвящается  
памяти профессора  
И.В. Ерёмина*



# РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

*Председатель*

*Л.А. ПУЧКОВ*

---

*Зам. председателя*

*Л.Х. ГИТИС*

---

*Члены редсовета*

*И.В. ДЕМЕНТЬЕВ*

---

*А.П. ДМИТРИЕВ*

---

*Б.А. КАРТОЗИЯ*

---

*А.В. КОРЧАК*

---

*М.В. КУРЛЕНЯ*

---

*В.И. ОСИПОВ*

---

*В.Л. ПЕТРОВ*

---

*Э.М. СОКОЛОВ*

---

*К.Н. ТРУБЕЦКОЙ*

---

*В.А. ЧАНТУРИЯ*

*президент МГГУ,  
чл.-корр. РАН*

*директор  
Издательства МГГУ*

*академик РАЕН*

*академик РАЕН*

*академик РАЕН*

*академик МАН ВШ*

*академик РАН*

*академик РАН*

*академик МАН ВШ*

*академик МАН ВШ*

*академик РАН*

*академик РАН*

**VII**

**В.А. Ермолов  
Л.Н. Ларичев  
Т.В. Тищенко  
Ю.И. Кутепов**

**ГОРНО-  
ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ГЕОЛОГИЯ  
ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ  
ИСКОПАЕМЫХ**

*Под редакцией  
доктора технических наук,  
профессора В.А. Ермолова*

*Допущено Министерством образования и науки  
Российской Федерации в качестве учебника  
для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению подготовки  
бакалавров и магистров «Горное дело»  
и направлению подготовки дипломированных  
специалистов «Горное дело»*

**МОСКВА  
«ГОРНАЯ КНИГА»  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
2009**

---

**ГЕОЛОГИЯ**



УДК 622.33

ББК 33.31

Е74

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых». СанПиН 1.2.1253—03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.012634.11.08

**Рецензенты:**

- кафедра МПИ и их разведки Российского университета дружбы народов (зав. кафедрой канд. геол.-минер. наук, доцент *В.В. Дьяконов*);
- канд. геол.-минер. наук *В.Н. Назима*, канд. техн. наук *С.С. Аршинов* (ОАО «Гипрошахт»)

**Ермолов В.А., Ларичев Л.Н., Тищенко Т.В., Кутепов Ю.И.**

Е74 Геология: Учебник для вузов / Под ред. В.А. Ермолова. — М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2009. — Часть VII: Горно-промышленная геология твердых горючих ископаемых. — 668 с.: ил.

ISBN 978-5-98672-135-4 (в пер.)

ISBN 978-5-7418-0579-4

Даны характеристика сырьевой базы твердых горючих ископаемых и классификация угленосных формаций, бассейнов и месторождений. Рассмотрены объекты горно-промышленной геологии и факторы промышленного освоения месторождений полезных ископаемых, влияющие на их разработку.

Изложены правовые основы недропользования. Освещены вопросы геологического обеспечения действующих угольных предприятий. Приведена классификация запасов по степени их разведанности и подготовленности. Рассмотрены вопросы, связанные с подсчетом запасов и учетом потерь угля при добыче. Описаны математические методы обработки информации. Изложены основы инженерно-геологического обеспечения разработки глубоких горизонтов угольных месторождений, а также проблемы инженерно-геологического обеспечения отвалообразования.

*В.А. Ермолов* — д-р техн. наук, профессор МГГУ; *Л.Н. Ларичев* — канд. геол.-минер. наук, доцент МГГУ; *Т.В. Тищенко* — канд. техн. наук, доцент МГГУ; *Ю.И. Кутепов* — д-р техн. наук, профессор МГГУ.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров «Горное дело» и направлению подготовки дипломированных специалистов «Горное дело».

УДК 622.33

ББК 33.31

ISBN 978-5-98672-135-4

ISBN 978-5-7418-0579-4

© В.А. Ермолов, Л.Н. Ларичев, Т.В. Тищенко, Ю.И. Кутепов, 2009

© Издательство «Горная книга», 2009

© Издательство МГГУ, 2009

© Дизайн книги. Издательство «Горная книга», 2009

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Современный период экономического и социального развития России предусматривает дальнейшее укрепление и расширение материально-сырьевой базы страны, повышение эффективности и качества подготовки к освоению разведанных запасов полезных ископаемых, в том числе твердых горючих ископаемых, развитие сырьевого потенциала действующих горно-добывающих предприятий, улучшение охраны недр и комплексного использования минеральных ресурсов.

Решение этих проблем идет по пути концентрации добычи полезных ископаемых, создания высокопроизводительных и комплексно-механизированных предприятий, изыскания наиболее эффективных методов разработки месторождений и переработки минерального сырья, обеспечивающих минимальный уровень потерь и разубоживания при оптимальном качестве сырья и минимальной себестоимости товарной продукции.

Основой успешной реализации актуальных задач горно-добывающей промышленности при постоянном усложнении горно-геологических условий разработки месторождений и отчетливой тенденции ухудшения качества полезных ископаемых является коренное улучшение геологического изучения недр и эффективное использование геологической информации в горно-технологических решениях.

Достижению именно этих целей посвящена горно-промышленная геология — научная область прикладной геологии и горного дела. Горно-промышленная геология как прикладная научная дисциплина изучает методы, организацию и технологию геологического обеспечения горного производства при проектировании, строительстве, реконструкции и ликвидации горных предприятий. Она разрабатывает геологические основы управления состоянием массива горных пород, запасами и качеством добываемого минерального сырья на всех стадиях освоения месторождений полезных ископаемых с целью повышения эффективности и безопасности горных работ, охраны и комплексного использования твердых полезных ископаемых, сопутствующих горных пород, вод и газов.

Теоретической основой горно-промышленной геологии служит учение о горно-геологических объектах и факторах промышленного освоения месторождений полезных ископаемых. Методическую базу

составляют методы, средства и организация процессов измерения и оценки геологических показателей, характеризующих горно-геологические объекты, а также принципы и конкретные условия использования геологических данных для принятия обоснованных горно-технических решений. К прикладному разделу дисциплины следует отнести горно-промышленную геологию отдельных видов полезных ископаемых — угля, горючих сланцев и торфа, рудноминерального металлического и неметаллического сырья, а также специальные (горно-промышленные) разделы гидрогеологии и инженерной геологии. Ведущие задачи этого раздела науки — изучение, анализ и типизация горно-геологических показателей соответствующих месторождений, методов и организации геологического обеспечения промышленной разведки и добычи полезных ископаемых.

В системе геологической подготовки горных инженеров горно-промышленная геология — завершающая дисциплина и базовой для горных наук. Изучение этого предмета должно помочь будущим специалистам закрепить полученные знания по основам геологических наук и составить целостное представление о геологической среде в сфере горного производства, осознанно подходить к изучению горного дела и решению технологических задач, отчетливо понимая их обусловленность природными факторами.

Существенный вклад в развитие горно-промышленной геологии внесли А.А. Гапеев, И.В. Дорохин, И.В. Еремин, В.В. Зубков, Н.Х. Платонов, В.В. Фромм, в разные годы работавшие на кафедре геологии МГИ–МГГУ.

А.А. Гапеев проводил геологические исследования в Кузнецком угольном бассейне, определившие в дальнейшем значимость этого региона в топливно-энергетическом балансе страны; занимался изучением угольных месторождений Урала; осуществлял научное руководство геологоразведочными работами в Карагандинском угольном бассейне. Исследования в области общих вопросов геологии угольных месторождений получили завершение в трудах «Твердые горючие ископаемые — каустобиолиты» (1949 г.), «Фации осадочных отложений и их роль в образовании угольных месторождений Донецкого бассейна» (1949 г.).

И.В. Дорохин занимался изучением особенностей угольных месторождений с мощными залежами с целью обоснования методики поиска и разведки углей. В вышедшей в 1968 г. монографии «Мощные пласты углей» автор охарактеризовал закономерности распространения подобных формаций и обосновал принципы составления прогнозных карт угольных месторождений с мощными пластами.

Потребность горной промышленности в углублении действующих и строительстве новых глубоких шахт и карьеров, необходимость освоения месторождений со сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями определили развитие научно-исследовательской работы кафедры в перспективных направлениях, формирующихся отраслях геологических знаний — инженерной геологии и горно-рудной гидрогеологии.

Н.Х. Платонов и В.В. Зубков исследовали влияние минералогического и петрографического состава углей и вмещающих пород на их физико-механические свойства для обоснования теории разрабатываемости пород в массиве.

С именем И.В. Еремина связаны крупные достижения в отечественной горно-промышленной геологии, в частности, в таких разделах, как прогноз коксующести углей, оценка качества угля по степени метаморфизма, петрографическому составу и степени восстановленности. Фундаментальное значение имеет выдвинутая им концепция формирования угольного пласта в разнообразных литофациальных и геоструктурных условиях природной среды.

И.В. Ереминым разработаны методы прогноза коксующести углей и коксовых шихт по результатам лабораторного анализа петрографического состава, отражения, обогатимости, микротвердости и микроруптурности углей.

Большой интерес вызывают труды И.В. Еремина в области нетрадиционного использования твердых горючих ископаемых. Им обоснована эффективность расширения сырьевой базы производства электродных и футеровочных материалов из углей взамен дефицитных природных графитов. Многолетний опыт работы Челябинского электродного завода подтвердил правильность теоретических разработок исследователя. Примечателен живой интерес И.В. Еремина к вопросам углепетрографической оценки прогноза ожигения углей для получения синтетического жидкого топлива.

Особое место в научных разработках ученого занимала единая промышленно-генетическая классификация углей (ГОСТ 25543—88). Ее практическое значение трудно переоценить. На ее основе в РФ и странах СНГ произведено перераспределение угольных запасов коксующихся углей, позволившее увеличить на несколько десятков миллионов тонн сырьевой потенциал коксохимического производства. Научная обоснованность положений этой классификации столь высока, что она получила широкое признание в мире и послужила основой для разработки и создания Международной классификации углей.

В.В. Фромм изучал изменчивость состава и свойств массивов пород для инженерно-геологической оценки условий разработки глубоких горизонтов угольных месторождений. Огромный опыт работы в различных угольных бассейнах (Донбасс и Южно-Якутский в СССР, Бургасский в Болгарии и Эльбурский в Иране) позволил ему разработать инженерно-геологическую типизацию и классификацию месторождений твердых горючих полезных ископаемых, которые нашли свое применение в горно-промышленной геологии.

Особое значение для горного дела имеют работы В.В. Фромма по прогнозу инженерно-геологических условий при разведке угольных месторождений и их оценке для обеспечения безопасности ведения горных работ на глубоких горизонтах угольных месторождений.

Разработанные В.В. Фроммом научно-методические основы мониторинга геологической среды в горно-добывающих регионах легли в основу предложенных им рекомендаций по геоэкологическому изучению угольных месторождений при разведке. Работы В.В. Фромма «Экологические проблемы при освоении угольных бассейнов и месторождений России» (1997 г.), «Опыт создания единого геоэкомониторинга в угледобывающих регионах Донбасса» (1998 г.), «Анализ состояния геологической среды при добыче твердых полезных ископаемых на территории России» (1999 г.) являются основополагающими для горно-промышленной геологии твердых горючих полезных ископаемых на современном этапе.

Настоящая книга открывает цикл учебников по горно-промышленной геологии: горно-промышленная геология твердых горючих ископаемых; горнопромышленная геология рудноминерального сырья; горно-промышленная геология строительных горных пород; горно-промышленная гидрогеология и инженерная геология.

При написании учебника «Горно-промышленная геология твердых горючих ископаемых» учитывались многолетний опыт использования в учебном процессе ранее изданных в МГИ–МГГУ книг по основополагающим геологическим дисциплинам и конкретные задачи геологической подготовки горно-технологических специальностей в современных условиях.

Предисловие, главы 1, 2, 4, 6, 7 и разделы 3.3, 3.4 главы 3 написаны В.А. Ермоловым, разделы 3.1, 3.5 главы 3 — Л.Н. Ларичевым и В.А. Ермоловым, разделы 1.2, 2.2.2, 3.2, 4.1, 5.4 глав 1—5 — Л.Н. Ларичевым. Глава 5 — В.Г. Пожидаевым, глава 8 — Т.В. Тищенко, глава 9 — Ю.И. Кутеповым.

**СЫРЬЕВАЯ БАЗА  
ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ  
ИСКОПАЕМЫХ  
И КЛАССИФИКАЦИЯ  
УГЛЕНОСНЫХ ФОРМАЦИЙ,  
БАСЕЙНОВ  
И МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

---

---

## 1.1. СЫРЬЕВАЯ БАЗА ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Среди всех органических видов топлива наиболее распространенным является энергетический уголь, запасы которого столь велики, что при современном уровне потребления углей их хватит более чем на 200 лет. Время эксплуатации разведанных на сегодняшний день мировых запасов угля почти в четыре раза превышает срок использования мировых запасов нефти (около 45 лет) и газа (около 65 лет). По оценке Мирового института угля, ведущее положение нефтегазовых энергоносителей сохранится лишь в ближайшее десятилетие (до 2010 г.). После этого уголь вновь станет основополагающим источником первичной энергии, так как на его долю приходится около 90 % энергетического потенциала пригодных для разработки полезных ископаемых органического происхождения.

В большинстве развитых стран уголь — преобладающий вид топлива при производстве тепла и электроэнергии. Более половины добываемых в настоящее время в мире углей обеспечивают свыше 35 % мирового производства энергии. Значительные объемы использования угля в энергетике объясняются его очевидной конкурентоспособностью как энергоносителя на мировом рынке органических топлив. По данным исследовательских организаций США, средняя себестоимость электроэнергии на тепловых электростанциях, использующих уголь, в два раза ниже себестоимости электроэнергии, получаемой на электростанциях, работающих на нефтяном и газовом топливе.

Уголь — важнейший национальный природный ресурс в первую очередь благодаря своей энергетической ценности. Энергетика многих стран очень сильно зависит от угля: Польша (97 %), Южная Африка (93 %), Австралия (85 %), Китай (80 %), Индия (75 %), Греция (71 %), Дания (67 %), США (57 %). По-видимому, эти цифры не окончательны, поскольку в последние два десятилетия рост потребления углей, особенно в развиваю-

щихся странах, продолжается. Так, спрос на энергетические угли в странах Азии в среднем возрастал на 4,5 % ежегодно, в то время как в Северной Америке и Европе он не превышал 1 %. Среди ведущих мировых держав только Япония не располагает достаточными запасами угля. Хотя уголь — самый распространенный вид энергоресурсов, имеются обширные территории, где угольных месторождений нет.

Угли различаются по теплотворной способности: самая низкая она у бурого угля — лигнита, а самая высокая — у антрацита (твердого, блестящего черного угля). Мировая добыча угля составляет 4,7 млрд т в год. Однако в некоторых странах в последние годы намечается тенденция к снижению его добычи, поскольку он уступает место другим видам энергетического сырья — нефти и газу. В ряде стран добыча угля становится нерентабельной в связи с отработкой наиболее богатых и сравнительно неглубоко залегающих пластов. Многие старые шахты закрываются как убыточные.

Первое место по добыче угля занимает Китай, за ним следуют США, Австралия и Россия. Значительное количество угля добывается в Германии, Польше, ЮАР, Индии, на Украине и в Казахстане (табл. 1.1).

**Азия.** Самые крупные запасы ископаемого угля сосредоточены в *Китае*, где на этот вид энергетического сырья приходится 76 % потребляемого топлива. Общие ресурсы угля на территории Китая превышают 986 млрд т, примерно половина их находится в Шэньси и Внутренней Монголии. Большие запасы имеются также в пров. Аньхой, Гуйчжоу, Шэньси и в Нинся-Хуэйском автономном районе. Из более 1 млрд т угля, добываемого ежегодно в Китае, около половины приходится на мелкие угольные копи и разрезы местного значения, число которых достигает 60 тыс., другая половина — на крупные государственные шахты: мощный разрез Аньтайбао в пров. Шэньси, где ежегодно добывается до 15 млн т сырого (необогащенного) угля.

Важными угледобывающими странами в Азии являются также Индия (278 млн т в год), Северная Корея (50 млн т), Турция (53,2 млн т), Таиланд (19,3 млн т).

## Запасы и добыча важнейших видов минерального сырья

Континенты и страны	Мировые запасы угля на начало 2001 г., млн т					
	Все типы угля		Антрацит и каменный уголь		Бурый уголь	
	общие	в том числе подтвержденные	общие	в том числе подтвержденные	общие	в том числе подтвержденные
<b>Европа</b>	819 592	352 629	587 472	147 545	232 120	205 084
Австрия	62	26	7	1	55	25
Албания	36	27	—	—	36	27
Республика Бе- ларусь	107	96	—	—	107	96
Бельгия	1060	358	1060	358	—	—
Болгария	3100	2711	30	13	3070	2698
Босния и Герце- говина	3800	20	5	15	3795	5
Великобритания	231 235	1500	230 235	1000	1000	500
Венгрия	6156	1097	3284	—	2872	1097
Греция	3570	2874	—	—	3570	2874
Ирландия	40	15	40	15	—	—
Испания	1330	660	600	200	730	460
Италия	200	75	170	60	30	15

Континенты и страны	Мировые запасы угля на начало 2001 г., млн т					
	Все типы угля		Антрацит и каменный уголь		Бурый уголь	
	общие	в том числе подтвержденные	общие	в том числе подтвержденные	общие	в том числе подтвержденные
Македония	652	352	—	—	652	352
Нидерланды	1406	497	1406	497	—	—
Норвегия	25	5	25	5	—	—
Польша	70 450	68 854	56 050	54 746	14 400	14 108
Португалия	45	35	5	2	40	33
Россия	221 300	157 010	110 000	49 088	111 300	107 922
Румыния	3055	1457	1300	1	1755	1456
Словакия	395	240	185	75	210	165
Словения	530	60	65	—	465	60
Украина	69 286	34 153	51 186	16 274	18 100	17 879
Франция	520	36	367	22	153	14
ФРГ	177 000	66 000	125 600	23 000	51 400	43 000
Хорватия	45	40	10	6	35	34
Чехия	11 050	5678	5720	2114	5330	3564
Швеция	12	3	12	3	—	—
Югославия	13 125	8750	110	50	13 015	8700

<b>Азия</b>	1 303 249	254 432	1 112 902	181 398	190 347	73 034
Афганистан	500	100	500	100	—	—
Бангладеш	530	530	530	530	—	—
Бутан	3	—	3	—	—	—
Вьетнам	5480	350	4500	150	980	200
Грузия	427	373	352	302	75	71
Индия	202 000	84 396	195 800	82 396	6200	2000
Индонезия	32 000	5370	13 982	790	18 018	4580
Иран	560	190	560	190	—	—
Казахстан	38 630	34 000	24 090	31 000	14 540	3000
Кыргызстан	2050	1260	733	410	1317	850
Китай	986 300	114 500	858 080	62 200	128 220	52 300
КНДР	1900	600	700	300	1200	300
Малайзия	750	20	500	5	250	15
Монголия	2770	1700	1485	725	1285	975
Мьянма	220	4	140	4	80	—
Оман	65	10	65	10	—	—
Пакистан	8637	2265	3000	—	5637	2265
Республика Ко- рея	196	78	196	78	—	—
Таджикистан	400	180	285	110	115	70

Континенты и страны	Мировые запасы угля на начало 2001 г., млн т					
	Все типы угля		Антрацит и каменный уголь		Бурый уголь	
	общие	в том числе подтвержденные	общие	в том числе подтвержденные	общие	в том числе подтвержденные
Таиланд	2308	2000	8	8	2300	1992
О. Тайвань	220	1	220	1	—	—
Туркменистан	415	13	415	13	—	—
Турция	9030	3689	1330	278	7700	3411
Узбекистан	3000	1730	1000	1000	2000	730
Филиппины	470	300	190	25	280	275
Япония	4388	773	4238	773	150	—
<b>Африка</b>	81 373	56 120	81 183	55 930	190	190
Алжир	100	66	100	66	—	—
Ботсвана	13 300	4300	13 300	4300	—	—
Демократическая Республика Конго	1000	600	1000	600	—	—
Египет	40	20	40	20	—	—
Замбия	250	60	250	60	—	—
Зимбабве	2168	502	2168	502	—	—

Мадагаскар	375	175	300	100	75	75
Малави	400	2	400	2	—	—
Марокко	110	50	65	5	45	45
Мозамбик	670	250	670	250	—	—
Нигер	750	70	750	70	—	—
Нигерия	830	190	760	120	70	70
Свазиленд	2500	115	2500	115	—	—
Танзания	1200	200	1200	200	—	—
ЮАР	57 680	49 520	57 680	49 520	—	—
<b>Америка (Северная и Южная)</b>	<b>1 163 356</b>	<b>282 628</b>	<b>708 501</b>	<b>128 137</b>	<b>454 855</b>	<b>154 491</b>
Аргентина	7400	98	400	98	7000	—
Бразилия	15 520	11 929	—	—	15 520	11 929
Венесуэла	1650	479	1650	479	—	—
Гондурас	21	21	21	21	—	—
Канада	129 700	6578	114 360	3471	15 340	3107
Колумбия	21 900	6648	21 400	6267	500	381
Мексика	1845	1211	1345	860	500	351
Перу	1060	1060	960	960	100	100
США	979 120	249 994	568 250	115 891	410 870	134 103
Чили	5100	4585	100	90	5000	4495

Континенты и страны	Мировые запасы угля на начало 2001 г., млн т					
	Все типы угля		Антрацит и каменный уголь		Бурый уголь	
	общие	в том числе подтвержденные	общие	в том числе подтвержденные	общие	в том числе подтвержденные
Эквадор	40	25	15	—	25	25
<b>Австралия и Океания</b>	842 544	82 666	638 117	42 587	204 427	40 079
Австралия	829 735	82 090	635 795	42 550	193 940	39 540
Новая Зеландия	12 717	572	2230	33	10 487	539
Новая Каледония	12	4	12	4	—	—
Фиджи	80	—	80	—	—	—
<b>Мир в целом</b>	<b>4 210 114</b>	<b>1 028 475</b>	<b>3 128 175</b>	<b>555 597</b>	<b>1 081 939</b>	<b>472 878</b>

**Северная Америка.** Ископаемый уголь — важнейший и наиболее распространенный источник энергии в США. Страна располагает самыми большими в мире промышленными запасами угля (всех типов), которые оцениваются в 444,8 млрд т; общие запасы в стране превышают 1,13 трлн т, прогнозные ресурсы — 3,6 трлн т. Крупнейший поставщик угля — шт. Кентукки, за ним следуют Вайоминг и Западная Виргиния, Пенсильвания, Иллинойс, Техас (в основном лигнит), Виргиния, Огайо, Индиана и Монтана. Примерно половина запасов высокосортного угля сосредоточена в Восточной (или Аппалачской) провинции, протянувшейся с севера на юг от северо-западной Пенсильвании до северной Алабамы. Эти высококачественные угли каменноугольного периода используются для производства электроэнергии и получения металлургического кокса, потребляемого при выплавке железа и стали.

К востоку от этого угленосного пояса, в Пенсильвании, находится угольный бассейн площадью около 1300 км<sup>2</sup>, на который приходится почти вся добыча антрацита в стране. Самые крупные запасы угля размещаются на севере Центральных равнин и в Скалистых горах. В угольном бассейне Паудер-Ривер (шт. Вайоминг) угольные пласты мощностью 30 м разрабатываются открытым способом гигантскими экскаваторами-драглайнами, тогда как в восточных районах страны даже маломощные (около 60 см) пласты часто доступны для выемки лишь подземным способом. На бурых углях Северной Дакоты работает крупнейшее в стране предприятие по газификации угля.

Запасы бурых и каменных (полубитуминозных) углей позднемелового возраста в западных районах Северной и Южной Дакоты, а также в восточных районах Монтаны и Вайоминга многократно превышают объем угля, добытого до сих пор в США. Крупные запасы каменных (битуминозных) углей мелового возраста сосредоточены в межгорных осадочных бассейнах провинции Скалистых гор (шт. Монтана, Вайоминг, Колорадо, Юта). Далее к югу угольный бассейн продолжается в пределах шт. Аризона и Нью-Мексико. Небольшие угольные месторождения разрабатываются в шт. Вашингтон и Калифорния. Почти 1,5 млн т угля ежегодно добывается на Аляске. Запасов камен-

ного угля США при современных темпах его потребления должно хватить на несколько сотен лет.

Потенциальным источником энергии является также метан, содержащийся в угольных пластах; его запасы в США оцениваются более чем в 11 трлн м<sup>3</sup>.

Угольные залежи *Канады* сосредоточены в основном в восточных и западных провинциях, где добывается около 64 млн т битуминозных и 11 млн т бурых углей в год. Залежи высококачественных углей каменноугольного возраста имеются в Новой Шотландии и Нью-Брансуике. Месторождения более молодых углей не столь высокого качества известны в пределах продолжающихся к северу угленосных бассейнов Великих равнин и Скалистых гор в Саскачеване и Альберте. Высококачественные раннемеловые угли залегают на западе Альберты и в Британской Колумбии. Они интенсивно разрабатываются в связи с растущим спросом на коксующийся уголь металлургическими заводами, расположенными на Тихоокеанском побережье страны.

**Южная Америка.** Здесь запасы угля невелики. Ведущий производитель угля этого региона — Колумбия, где он добывается открытым способом, главным образом, на гигантском угольном разрезе Эль-Серрехон. За Колумбией следуют Бразилия, Чили, Аргентина и Венесуэла, также располагающие весьма незначительными запасами угля.

**Африка.** Бедна месторождениями ископаемых углей. В значительном количестве (около 202 млн т в год) каменный уголь добывается только в ЮАР (в основном на юге и юго-востоке Трансвааля) и в небольшом объеме — в Зимбабве (4,9 млн т в год).

**Австралия.** Добыча угля здесь превышает 277 млн т в год. Наибольший объем добычи угля приходится на Квинсленд (угленосный бассейн Боуэн), за ним следуют Новый Южный Уэльс (месторождение в долине р. Хантер, Западное и Южное прибрежное), Западная Австралия (месторождения в окрестностях Банбери) и Тасмания (месторождение Фингал). Кроме того, уголь добывают в Южной Австралии (Ли-Крик) и Виктории (угленосный бассейн Латроб-Вэлли).

**Европа.** Добыча угля в Центральной и Западной Европе составляет 1/9 мировой. Высококачественный уголь, добываемый на Британских островах, в основном каменноугольного возраста. Большая часть месторождений угля сосредоточена в Южном Уэльсе, на западе и севере Англии и на юге Шотландии. В пределах континентальной Европы уголь добывают примерно в 20 странах, главным образом на Украине и в России. Из угля, добываемого в Германии, около 1/3 составляет высококачественный коксующийся уголь Рурского бассейна (Вестфалия). В Тюрингии и Саксонии и в меньшем количестве в Баварии в основном добывают бурый уголь. Промышленные запасы каменного угля в Верхнесилезском угольном бассейне на юге Польши занимают второе место после запасов Рурского бассейна. В Чехии также имеются промышленные запасы каменных (битуминозных) и бурых углей.

**СНГ.** В России на основе сжигания угля производится в два раза меньше энергии, чем в результате сжигания нефти и газа. Однако уголь продолжает играть важную роль в энергетике. Свыше 260 млн т угля в год используется в качестве топлива для ТЭС и в сталелитейной промышленности. Примерно 2/3 ископаемых углей в России составляют каменные, а 1/3 — бурые.

В России сосредоточены огромные потенциальные ресурсы каменных углей, однако разведана и эксплуатируется сравнительно небольшая их часть (угли Печорского, Кузнецкого, Канско-Ачинского и других бассейнов). Важное промышленное значение имеют также Челябинский и Южно-Уральский бассейны, Сучанский на Дальнем Востоке и ряд бурогоугольных месторождений в Забайкалье. Многие угленосные бассейны, особенно лежащие к востоку от Урала (Тунгусский, Улугхемский, Ленский, Таймырский, восточная часть Южно-Якутского и др.), еще ждут своего изучения и освоения.

Донецкий угольный бассейн с высококачественными коксующимися углями и антрацитом лишь частично заходит на территорию Ростовской области РФ (Восточный Донбасс), а в основном расположен на Украине.

Среди бурогоугольных бассейнов выделяются Канско-Ачинский, Ленский, Иркутский, Челябинский, Подмосковский и др.

На *Украине*, кроме Донбасса, имеется Львовско-Волынский каменноугольный бассейн, в *Казахстане*, помимо Карагандинского бассейна, — крупное Экибастузское каменноугольное месторождение и Тургайский бурогоугольный бассейн, в *Узбекистане* — Ангренское месторождение бурых углей.

Прогнозные ресурсы углей всех типов в России составляют 4450,7 млрд т (четвертое место в мире); 95 % прогнозных ресурсов приходится на восточные районы страны и лишь 5 % — на европейскую часть и Урал. Разведанные запасы угля России составляют более 201,1 млрд т (второе место в мире после США). Балансовые запасы угля в России приведены в табл. 1.2.

Угольные месторождения и бассейны имеются в 7 из 11 экономических районов России, но распределены эти запасы по территории страны неравномерно: основная доля (80 %) балансовых запасов категорий А + В + С<sub>1</sub> приходится на районы Сибири и около 10 % — на Дальневосточный регион. Соответственно добыча угля в России сосредоточена в основном в Сибири (71 %) и на Дальнем Востоке (12 %); на долю европейской части приходится немногим более 16 % добываемых углей.

Центральная Сибирь — главный угольный регион России. Наиболее крупные запасы разведаны в пределах *Кузнецкого* (45,6 %) и *Канско-Ачинского* (23,2 %) бассейнов, которые относятся к угледобывающим центрам федерального значения. Угли Кузнецкого бассейна отличаются низкой сернистостью и разно-

Таблица 1.2

**Балансовые запасы угля в России, млрд т**

Угли	Категории запасов	
	А + В + С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>
Всего:	200,6	79
бурые	103,1	45
каменные	97,5	34
в том числе коксующиеся	41,4	9,2
Для открытой разработки	119,1	53,7

образием марочного состава. Высокое качество кузнецких углей позволяет использовать их в энергетике, металлургии и других отраслях промышленности. Угли Канско-Ачинского угольного бассейна залегают на небольшой глубине и за счет благоприятных горно-геологических условий отработки — самые дешевые. По марочному составу преобладают бурые угли.

Из-за сложных горно-геологических условий угли *Печорского* угольного бассейна имеют высокую себестоимость и не окупают затрат на добычу, однако эксплуатация месторождений Печорского бассейна позволяет удовлетворить потребность в углях Центральной России.

В *Восточном Донбассе* добывается 95 % антрацитов страны. Донецкий уголь имеет высокую себестоимость из-за подземного способа добычи и глубокого залегания угольных пластов, что определяет нерентабельность действующих угледобывающих предприятий в современных условиях.

Обеспеченность России разведанными запасами угля составляет сотни лет. Обеспеченность рентабельными запасами угледобывающих предприятий при существующем и проектном уровнях добычи очень неравномерна и колеблется от трех-пяти до многих десятков лет.

Для разработки наиболее эффективным открытым способом пригодны 119,2 млрд т, или 59 % балансовых запасов, причем почти все эти запасы (99 %) приходится на районы Сибири и Дальнего Востока.

По видам углей в структуре балансовых запасов категорий  $A + B + C_1$  преобладают бурые угли — 103,1 млрд т. На долю каменных приходится 97,5 млрд т, из них 41,4 млрд т — угли для коксования, основной объем которых сосредоточен в Кузнецком бассейне (30,1 млрд т).

Комплексный анализ состояния и использования сырьевой базы угольной промышленности показал, что из всех балансовых запасов категорий  $A + B + C_1$  в современных социально-экономических условиях благоприятны для освоения 140,1 млрд т, или 69,5 % общего их количества. При этом распределение их как по территории страны, так и по степени их освоения крайне неравномерно (табл. 1.3 и 1.4).

**Распределение благоприятных для освоения балансовых запасов углей категорий А + В + С<sub>1</sub> по экономическим районам РФ, млрд т**

Балансовые запасы	Экономические районы РФ							Всего по РФ
	Северный	Центральный	Северо-Кавказский	Уральский	Западно-Сибирский	Восточно-Сибирский	Дальневосточный	
<i>Всего:</i>	8,35	3,75	6,68	2,1	93,75	67,41	19,76	201,8
благоприятные для освоения	3,28 (39,3)	0,15 (4,0)	2,13 (31,9)	0,39 (18,4)	68,81 (73,4)	56,72 (84,1)	8,71 (44,1)	140,2 (69,5)
в том числе на участках: действующих и строящихся предприятий	1,55	0,15	0,41	0,23	7,92	7,55	1,99	19,80
резерва «А» и «Б»	1,31	0,00	0,88	0,07	27,68	29,10	4,60	63,66
разведываемых, перспективных для разведки и пр.	0,42	0,00	0,84	0,08	33,21	20,07	2,12	56,74
<i>Примечание.</i> В скобках даны балансовые запасы, благоприятные для освоения, % от всех балансовых запасов.								

**Потенциально возможные уровни  
добычи углей в России, млн т**

Регионы	1998 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2030 г.
<b>Российская Федерация, всего</b>	232	420	560	750	1106
<b>Европейская часть, всего</b>	39	76	90	95	106
Печорский бассейн	18,8	27	27	27	27
Донецкий бассейн	10,8	26	33	35	35
Подмосковный бассейн	1,3	6	7	8	16
Уральский бассейн	8,1	17	23	25	28
<b>Азиатская часть, всего</b>	193	344	470	655	1000
<b>Сибирь, всего</b>	165	300	390	550	880
Западная Сибирь, всего	97,8	120	160	220	360
Кузнецкий бассейн	97,6	100	140	200	350
Восточная Сибирь, всего	67,2	190	250	335	520
Канско-Ачинский бассейн	34,1	110	160	240	440
<b>Дальний Восток</b>	27,8	54	80	120	130

Имеющиеся запасы угля позволяют обеспечить объемы его добычи до 1,5 млрд т в год. Однако сырьевая база отрасли не может считаться благоприятной, поскольку, во-первых, запасы угля распределены крайне неравномерно: свыше 80 % всех запасов сосредоточено в Сибири, а на долю наиболее развитой в промышленном отношении Европейской части России приходится лишь 10 %. Во-вторых, по международным меркам более половины вовлеченных в обработку запасов не соответствуют мировым кондициям по качеству угля, условиям залегания, газо- и взрывоопасности пластов, что существенно снижает возможный потенциал эффективного развития угледобычи.

Технический и технологический уровни добычи угля в России остаются существенно более низкими, чем в развитых странах.

Шахты многие годы не реконструировались. Экономическая ситуация на предприятиях угольной промышленности продолжает оставаться сложной, ежегодно увеличивается доля отходов производства, размещаемых во внешних отвалах. Около 30 % источников вредных выбросов не оснащены пылегазоулавливающими установками. С вентиляционными выбросами шахт в атмосферу ежегодно поступает свыше 390 тыс. т метана, который можно использовать для местных энергетических нужд. Продолжают гореть, загрязняя атмосферу токсичными веществами, 47 породных отвалов.

Российский уголь экспортируется в ряд зарубежных стран, и на протяжении последних двух лет сохраняется тенденция к росту поставок угля на внешний рынок. Отечественная минерально-сырьевая база угля в состоянии обеспечить потребности страны в угле, однако значительные расстояния между производителями и потребителями углей заставляют некоторых искать зарубежные источники поставок.

Особенности отечественной минерально-сырьевой базы углей делают невозможным развитие угледобычи в европейской части страны. Задача государства здесь сводится к поддержанию жизнеспособности действующих предприятий. Новые энергетические мощности, вероятно, будут ориентироваться на использование газового сырья. К востоку от Урала рост угледобычи возможен и необходим. Высокий ресурсный потенциал Сибири позволяет экспортировать значительные объемы углей не только на дальневосточный, но и на европейские рынки. В то же время угледобывающая промышленность России находится в тяжелом положении, которое в значительной степени обусловлено низким качеством запасов на многих эксплуатируемых месторождениях, технической и технологической отсталостью отрасли. В результате значительное число угледобывающих предприятий нерентабельны.

Развитие высокоэффективных угледобывающих предприятий должно пойти по пути повышения качества угольной продукции до уровня мировых стандартов за счет внедрения технологий обогащения и облагораживания углей и создания индустрии глубокой комплексной переработки сырья на месте добычи.

Для обеспечения транспортировки углей необходимы организация производства водоугольного топлива, которое может храниться, транспортироваться и сжигаться подобно нефтетопливу, а также создание специализированных углетранспортных систем.

Во время энергетического кризиса 70-х гг. XX в. велись поиски альтернативных источников энергии, которые могли бы заменить нефть. В Канаде, например, открытым способом разрабатывались *битуминозные пески* (нефтеносные пески, в которых после улетучивания легких фракций остаются тяжелые нефти, битум и асфальт). В России имеется аналогичное месторождение на Тимане (Ярицкое). В США сосредоточены большие запасы *горючих сланцев* (на западе шт. Колорадо и в других районах). Освоенные в советское время месторождения *горючих сланцев* находятся в Эстонии (бывш. Северо-Западный сланцевый бассейн). В России горючие сланцы встречаются в Ленинградской области, Поволжье, на Тимане, в Кузбассе, Иркутском угленосном бассейне, на северо-востоке Сибирской платформы.

*Топливный торф* является общераспространенным полезным ископаемым, из которого можно получать как традиционные (местное топливо, удобрения, тепло- и звукоизолирующие материалы), так и новые виды продукции (металлургическое топливо, активные угли, сорбенты, строительные материалы, стабилизаторы и разжижители природных материалов, лекарственные средства и др.).

Торфяные ресурсы выявлены и разведаны в 63 субъектах Российской Федерации семи федеральных округов. Запасы торфа по территории страны размещены неравномерно, что объясняется не столько фактическим расположением торфяных ресурсов, сколько степенью их изученности. Наибольшее количество запасов торфа — 6,9 млрд т (36,2 % общероссийских запасов) разведано в Северо-Западном федеральном округе.

Самые крупные месторождения находятся в Западной Сибири. Крупнейшим в мире и уникальным по своим параметрам является Васюганское месторождение, расположенное в центральной части Западно-Сибирской низменности, в пределах Новосибирской, Томской, Омской и Тюменской областей.

Энергетический потенциал торфяных ресурсов России, оцениваемый экспертами в 49,5 млрд т, свидетельствует о недостаточности его использования в энергетическом балансе страны. Запасы торфа только на разрабатываемых месторождениях позволяют довести объемы его добычи до 10—11 млн т/год, что теоретически эквивалентно 7 % объема ежегодно потребляемого в России угля.

На территории России запасы горючих сланцев учитываются Государственным балансом в четырех федеральных округах: Центральном (Костромская обл.), Северо-Западном (Республика Коми и Ленинградская обл.), Приволжском (Оренбургская, Самарская, Саратовская и Ульяновская обл.) и Сибирском (Иркутская и Кемеровская обл.). Месторождения горючих сланцев России различны по возрасту, вещественному составу, качеству и химико-технологическим свойствам. Возраст сланцевмещающих отложений, представленных осадочными породами различного состава, — от юрского до ордовикского и кембрийского. Глубина залегания сланценосных толщ — от 0 до 250 м, мощность — до первых десятков метров, а отдельных пластов — от 0,5 до 17 м.

Основные запасы категорий А + В + С<sub>1</sub> расположены в Ленинградской, Самарской и Оренбургской областях и составляют в сумме 86,1 % общероссийских. По состоянию на 01.01.2002 г. Государственным балансом на территории России учитываются 12 месторождений горючих сланцев, из которых основными являются Ленинградское (Прибалтийский бассейн) и Кашпирское (Волжский бассейн). На этих месторождениях ведется вся добыча горючих сланцев в России. На 10 остальных месторождениях горючие сланцы не разрабатываются либо по причине их слабой изученности и удаленности (бассейн р. Оленек), либо из-за недостаточно совершенной технологии их переработки.

Последние десятилетия XX в. отмечены возникновением ряда общих тенденций в развитии угольной промышленности стран и регионов мира, из которых можно отметить три наиболее глобальные:

- 1) повышение доли угля в первичных энергоресурсах;

2) интеграция угледобывающих и энергетических предприятий;

3) повышение качества и расширение рынка угольной продукции.

Вполне понятно, что каждая из этих общемировых тенденций в определенной степени влияет на формирование тенденций и закономерностей, наблюдаемых в развитии угольной промышленности и России.

## 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕНОСНЫХ ФОРМАЦИЙ, БАССЕЙНОВ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Угольное месторождение* — это часть земной коры, сложенная угленосными отложениями, содержащими пласты угля, пригодные для экономически эффективной разработки. Месторождение может быть либо частью бассейна (например, Байдаевское или Прокопьевско-Киселевское месторождения Кузбасса), либо представлять собой обособленно залегающую угленосную толщу, небольшую по площади распространения и запасам угля (например, месторождения углей Средней Азии и Забайкалья).

*Угольным бассейном* называются обширные площади часто непрерывного развития угленосных отложений (как правило, с запасами угля миллиарды тонн), образовавшиеся в результате единого геологического процесса.

Среди угольных бассейнов различают открытые, полузакрытые и закрытые. В *открытых* вся площадь, занятая угленосными отложениями, выходит на дневную поверхность и залегает под маломощным чехлом четвертичных отложений. При этом видимые границы и площадь бассейна будут его действительными границами и площадью. Если на дневной поверхности обнажается только одна часть угленосных отложений, а другая перекрыта более молодыми (дочетвертичными) отложениями, маскирующими действительные границы и площадь развития угленосных отложений, то такие бассейны называются *полузакрытыми* (например, Донецкий). В *закрытых* бассейнах угленосные отложения полностью перекрыты более молодыми отложениями, а их действительные границы могут быть установлены только горными и буровыми разведочными работами.

В геологической литературе, кроме понятия угольный бассейн, иногда применяется термин *угленосная площадь*. К угленосной площади обычно относят менее изученные, нередко разобщенные в пространстве угленосные массивы, объединенные по геологическому строению или другим признакам. В пределах бассейнов и угленосных площадей выделяются геолого-промышленные районы.

В зависимости от места накопления древних торфяников — в прибрежно-морских или озерных условиях — различают *паралические* (от греч. паралос — близкие к морю) и *лимнические* (от греч. лимнос — озеро) угольные бассейны. Например, к бассейнам паралического типа относятся Донецкий, Рурский (Германия), Иллинойс (США), к лимническим — Челябинский, Нижнесилезский (Польша) и Саарский (Германия, Франция).

В начале 30-х гг. XX в. Г.А. Иванов на основании главным образом геотектонических признаков выделил среди угленосных формаций три типа: *геосинклинальный*, *промежуточный* (переходный) и *платформенный*.

Разработкой различных схем классификации угленосных отложений угольных бассейнов и месторождений в разное время занимались выдающиеся геологи-угольщики: П.В. Васильев, Ю.А. Жемчужников, М.К. Коровин, Г.Ф. Крашенинников и др. В тектонической классификации Г.Ф. Крашенинникова (1957 г.) угленосные формации разделены только на геосинклинальные и платформенные. При этом среди геосинклинальных формаций выделены три зоны угленакопления, существенно отличающиеся по угленосности, складчатости и качеству углей: внутренние, самые подвижные; краевые и стабилизированные; краевые и внутренние, а среди угленосных формаций платформенного типа — две зоны угленакопления: молодые и подвижные; древние и устойчивые.

В связи с развитием учения о геосинклинальных и платформенных зонах земной коры классификация угленосных бассейнов уточнялась и детализировалась. В 1959 г. Г.А. Иванов предложил более детализированную генетическую классификацию угленосных формаций и бассейнов по геотектоническим режимам и палеогеографическим обстановкам (табл. 1.5).

Выделенные Г.А. Ивановым типы бассейнов отличаются по мощности угленосных толщ, числу угольных пластов, метаморфизму углей, степени измененности вмещающих пород, развитию пликативных и дизъюнктивных форм нарушений угольных пластов и ряду других признаков. Особенности образования угленосных формаций в различных типах прогибов показаны на рис. 1.1.

В бассейнах геосинклинального типа мощность угленосных отложений составляет 2—10 км и более, а в бассейнах платформенного типа — десятки, реже сотни метров. В угленосных толщах бассейнов геосинклинального типа залегают сотни угольных пластов, преимущественно тонких, но достаточно выдержанных по площади (рис. 1.2) и более или менее равномерно распределенных по всему разрезу. В платформенных бассейнах число угольных пластов невелико — единицы, редко десятки. Отдельные из них характеризуются большой мощностью, но недостаточной выдержанностью (рис. 1.3). Пласты обычно приурочены к нижним частям угленосной толщи.

Угли геосинклинальных и платформенных бассейнов отличаются по метаморфизму углей и степени вторичной изменчивости вмещающих пород. В геосинклинальных бассейнах обычно залегают угли всего метаморфического ряда — от I до X стадии метаморфизма, а по марочному составу — от длиннопламенных до антрацитов (см. рис. 1.1).

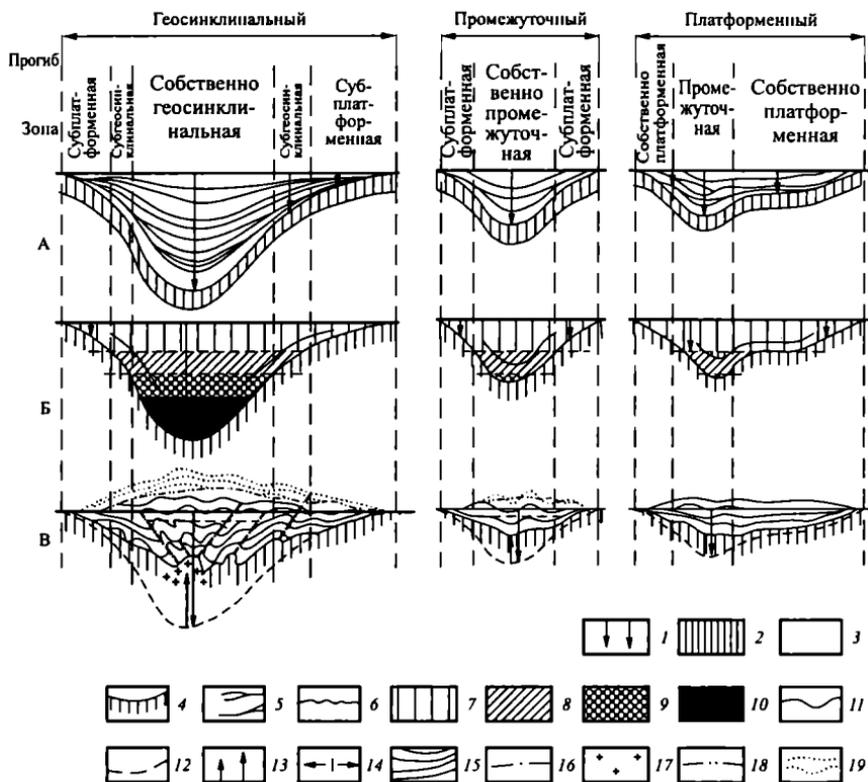
При этом отражение витринита углей варьирует от 0,4 до 6 %. Характерна отчетливая зональность в распределении углей отдельных стадий метаморфизма в разрезе и по площади распространения угленосных отложений (рис. 1.4). Вмещающие породы — сильно уплотненные и сцементированные, нередко метаморфизованные. Степень изменчивости их соответствует стадии метаморфизма заключенных в них углей. Например, в угленосной толще Донбасса временное сопротивление раздавливанию песчаников изменяется от 5—10 МПа в районах развития углей марки Д до 150—200 МПа в районах распространения антрацитов.

Для бассейнов платформенного типа характерны угли слабоизмененные, низкой степени углефикации, в основном буро-землистые и плотные матовые, реже уплотненные и сцементированные.

Схема генетической классификации угленосных формаций (по Г.А. Иванову)

Подразделения	Геосинклинальная угленосная формация			Промежуточная угленосная формация	Платформенная угленосная формация	
	эвгеосинклинальная	передовых и аналогичных им прогибов	моносинклинальная		древней платформ	молодой платформ
Типы (по геотектоническому режиму)	Центральных прогибов, наиболее подвижных зон геосинклиналей	Внутренних и передовых (краевых) прогибов	Внешних прогибов	Промежуточных прогибов	Внутренних и внешних устойчивых или подвижных (активизированных) прогибов (по форме)	Разнообразных приразломных, унаследованных прогибов, в соляно-купольных структурах и др.
Подтипы (по общему ландшафту)	Межгорные	Меж- и предгорные	Предгорные	Межгорные	Равнинные и межгорные	Межгорные
Виды (по общей преобладающей фациальной обстановке)	Прибрежно-морские	От прибрежно-морских и прибрежно-бассейновых (в основном лагунных) до прибрежно-	Прибрежно-морские; прибрежно-континентальные	От прибрежно-бассейновых (в основном лагунных)	Прибрежно-морские, прибрежно-континентальные	Внутриконтинентальные

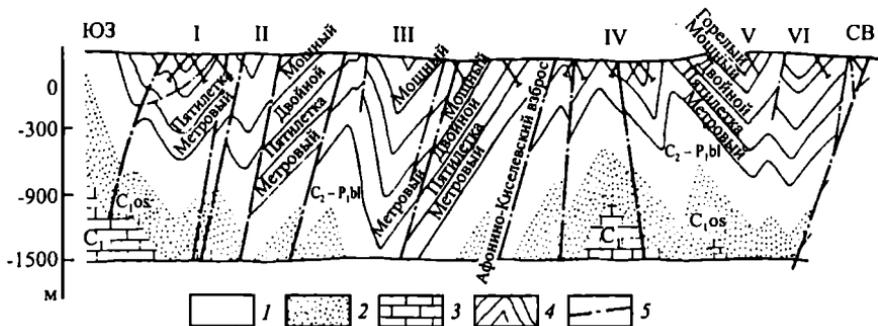
Примеры	Месторождения восточного склона Урала, Род-Айленд	континентальных (устьевых частей и дельт рек) Кузнецкий, Карагандинский, Донецкий, Печорский, Рурский, Аппалачский бассейны и др.	Кизеловский бассейн	до внутриконтинентальных Минусинский, Улугхемский, Буреинский бассейны	Подмосковный, Тунгусский, Канско-Ачинский, Днепропетровский бассейны	Кузнецкий, Челябинский, Южно-Уральский бассейны
---------	---	--	---------------------	---	--	---



**Рис. 1.1. Схема образования и изменения угленосных формаций в основных типах волновых прогибов (по Г.А. Иванову):**

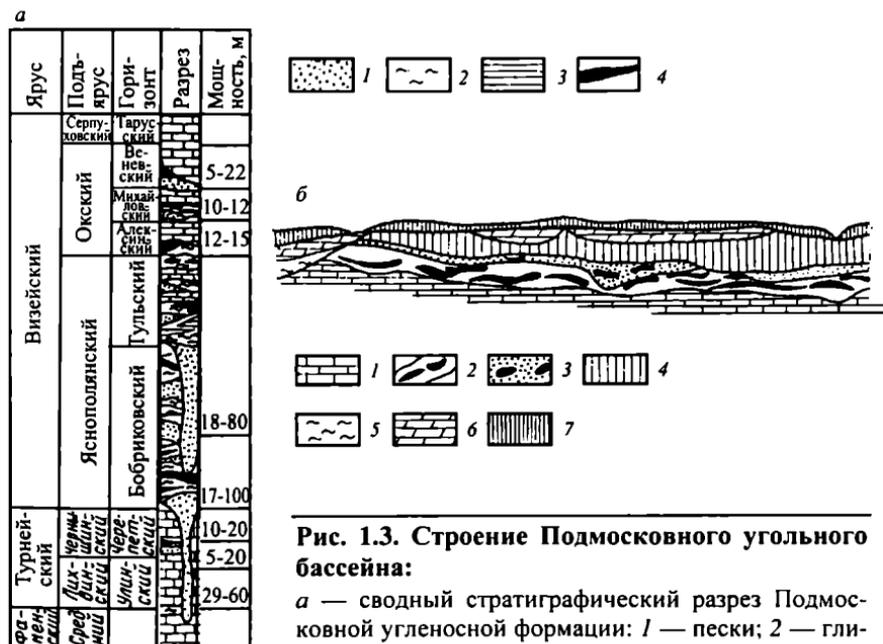
А — основные типы волновых прогибов, их зоны и образующиеся в них угленосные формации; Б — зональность регионального метаморфизма угля в различных типах угленосных формаций (вертикальные зоны метаморфизма углей и соответствующие им зоны эпигенеза пород); В — зональность тектоники и разрушение (размыв) угленосных формаций;

1 — амплитуда прогибания; 2 — границы между зонами; 3 — угленосные формации; 4 — подстилающие их образования; 5 — пласты угля; 6 — внутрiformационные размывы (стратиграфические перерывы); 7—10 — угли: 7 — бурые и переходные к длиннопламенным, 8 — длиннопламенные и газовые, 9 — жирные, коксовые и отощенно-спекающиеся, 10 — тощие и антрациты; 11 — один из пластов угля в каждом типе прогибов, по которому видна горизонтальная зональность метаморфизма; 12 — контуры максимальной глубины прогибания; 13 — амплитуды поднятия; 14 — тангенциальные напряжения; 15 — складки; 16 — разрывы; 17 — магматические очаги; 18 — поверхность эрозионного среза формации; 19 — размытые части



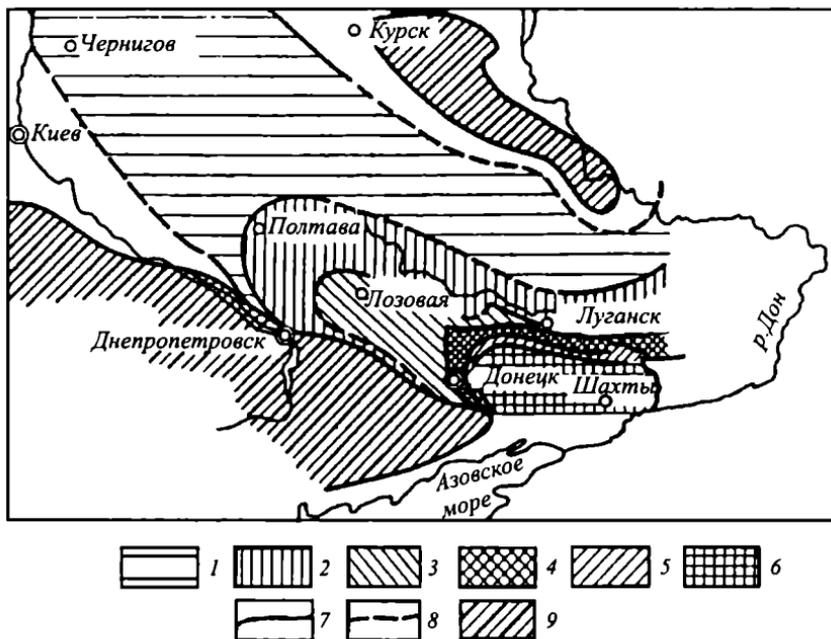
**Рис. 1.2. Структурный геологический разрез Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса (по Э.М. Паху и И.В. Поповой):**

1 — угленосная балахонская свита ( $C_2 - P_{1,bl}$ ); 2 — острогская свита ( $C_{1,os}$ ); 3 — морской нижний карбон ( $C_1$ ); 4 — пласты угля; 5 — тектонические разрывы; I—VI — номера синклиналей



**Рис. 1.3. Строение Подмосковского угольного бассейна:**

**а** — сводный стратиграфический разрез Подмосковной угленосной формации: 1 — пески; 2 — глины; 3 — известняки; 4 — угли; **б** — геологический разрез южного крыла бассейна: 1 — подугленосные отложения девона — карбона; 2, 3 — угленосная формация нижнего карбона: 2 — бобриковский горизонт; 3 — тульский горизонт; 4 — нерасчлененные породы карбона; 5 — юрские отложения; 6 — меловые породы; 7 — четвертичные образования



**Рис. 1.4. Схемы зонального распределения углей в Донецком прогибе (по А.З. Широкову):**

1—6 — зоны распространения углей: 1 — бурых; 2 — длиннопламенных; 3 — газовых; 4 — спекающихся; 5 — тощих; 6 — антрацитов; 7, 8 — границы между зонами: 7 — установленные; 8 — предполагаемые; 9 — Воронежский и Украинский кристаллические массивы

Геосинклинальные бассейны резко отличаются от платформенных по характеру складчатости и разрывных нарушений. В геосинклинальных бассейнах угленосные отложения обычно смяты в складки и разбиты разнообразными дизъюнктивными нарушениями. Интенсивность складчатости и проявления разрывной тектоники могут существенно варьировать в пределах отдельных бассейнов и месторождений. Так, в присалаирской части Кузбасса и со стороны Колывань-Томской складчатой области протягивается зона интенсивной складчатости с линейными узкими и очень крутыми складками, местами опрокинутыми и нарушенными (рис. 1.5), тогда как в центральной части бассейна расположена зона брахискладчатых структур, разделенных линейными нарушениями северо-западного простирания (рис. 1.6).

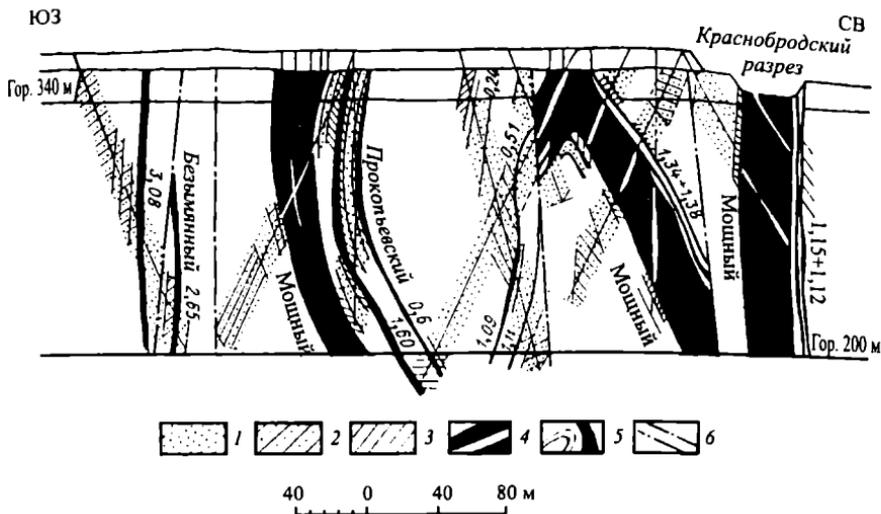


Рис. 1.5. Схематический геологический разрез по разведочной линии 44 Краснобродского разреза Кузбасса (по Э.М. Паху и И.В. Поповой):

1 — песчаники; 2 — алевролиты; 3 — аргиллиты; 4 — углистые аргиллиты; 5 — пласты угля, их мощность, м; 6 — разрывные нарушения

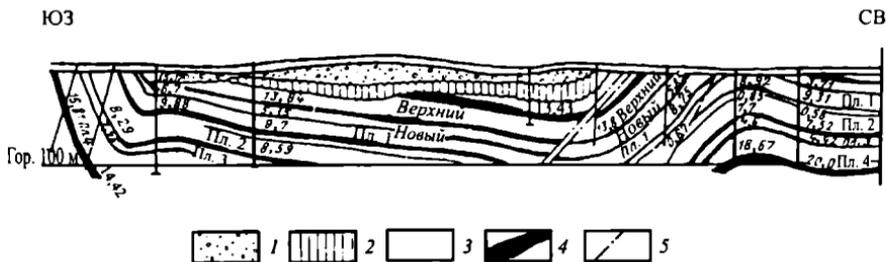
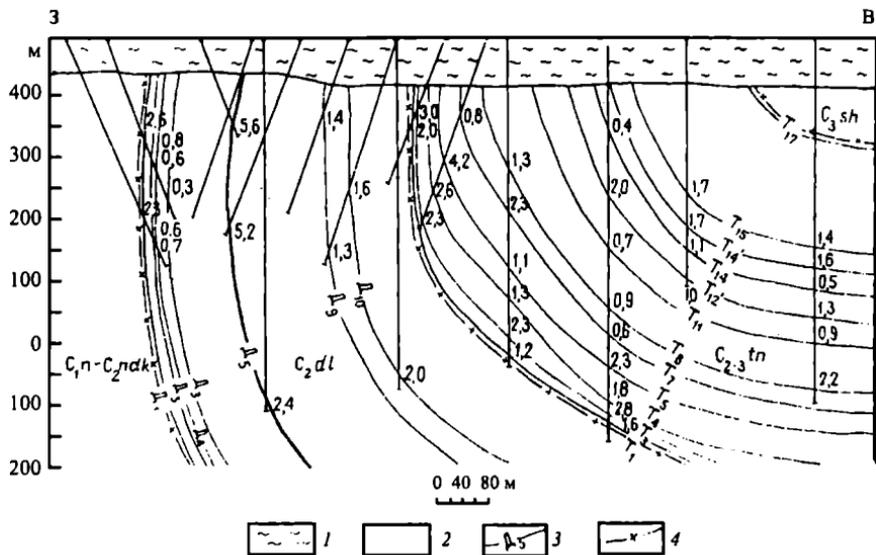


Рис. 1.6. Геологический разрез по Инской разведочной линии Уропского месторождения Кузбасса (по К.Д. Ждановой, П.И. Козловскому, П.В. Протопоповой):

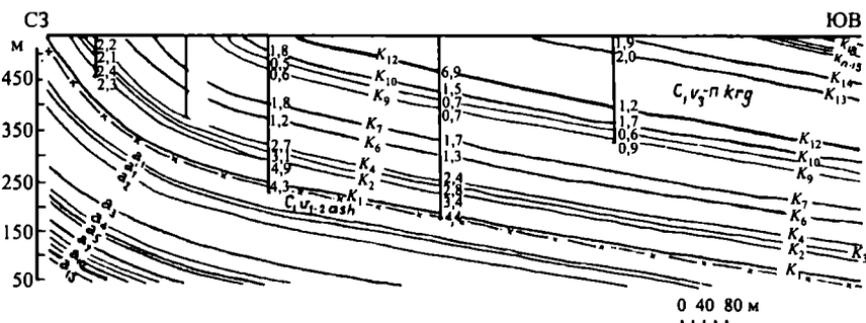
1 — тарбаганская серия ( $J_{1-2}$ ); 2 — мальцевская серия ( $T_1$ ); 3 — тайлуганская свита ( $P_2t1$ ); 4 — угольные пласты, их мощность, м; 5 — тектонические разрывы

Аналогичные различия в особенностях нарушенности залегания угленосных отложений наблюдаются в Карагандинском (рис. 1.7, 1.8) и других бассейнах геосинклинального типа.



**Рис. 1.7. Геологический разрез западной части Тентекского участка Карагандинского бассейна (по А.А. Костливцеву, В.М. Бекману, И.В. Орлову):**

1 — неогеновые глины; 2 — свиты карбона ( $C_3sh$  — шаханская,  $C_{2-3}tn$  — тентекская,  $C_2dl$  — долинская,  $C_{1n} - C_{2ndk}$  — надкарагандинская); 3 — угольные пласты долинской Д и тентекской Т свит, их номера и мощность, м; 4 — границы свит



**Рис. 1.8. Геологический разрез северо-восточной части Промышленного участка Карагандинского бассейна (по А.А. Костливцеву, В.М. Бекману, И.В. Орлову):**

свиты карбона:  $C_{1v_3-n} krg$  — карагандинская,  $C_{1v_{1-2}} ash$  — ашлярикская

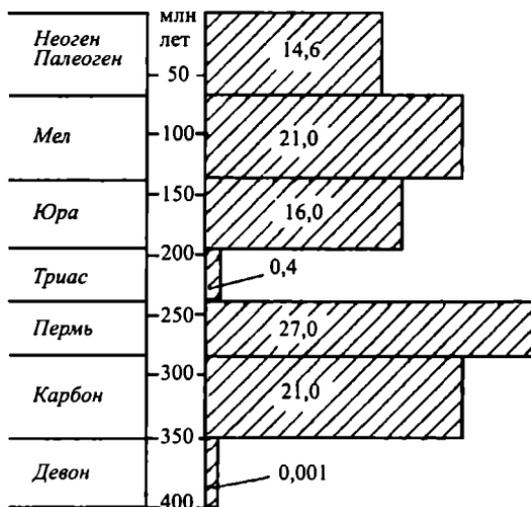


Рис. 1.9. Распределение (в %) мировых запасов угля в стратиграфическом разрезе (по А.К. Матвееву и Н.Г. Железновой)

Для платформенных бассейнов типично почти горизонтальное или очень пологое залегание угольных пластов с редкими разрывами, в основном сбросами.

В бассейнах промежуточного типа совмещены отдельные черты геосинклинальных и платформенных бассейнов. Им свойственно большое разнообразие мощностей угленосных толщ, угленосности и фациального состава пород; для угленосных толщ характерны угли марок Д, Г, а иногда и Ж.

По составу материнского вещества угли подразделяются на гумусовые, сапропелевые и гумусо-сапропелевые. Гумусовые угли возникли из торфа, а сапропелевые — из сапропеля. Наибольшим развитием пользуются гумусовые угли, меньшим — сапропелевые. Гумусо-сапропелевые угли также встречаются достаточно редко и поэтому имеют, как и сапропелевые, весьма ограниченное промышленное значение.

Для образования углей необходимо благоприятное сочетание палеогеографических и геотектонических факторов, наличие растительного материала, определенных климатических условий, равнинного заболоченного рельефа и таких тектонических

движений земной коры, которые способствовали бы накоплению и сохранению растительных остатков.

Все эти факторы в геологической истории нашей планеты не оставались постоянными. Изменялись в пространстве положение отдельных структурных зон земной коры с присущим им характером тектонических движений, а также положение границ морей и континентов, гумидный климат приходил на смену аридному и наоборот, эволюционировал растительный и животный мир.

В докембрии, кембрии и ордовике господствовали простейшие растительные организмы — водоросли, которые мало изменились до наших дней. Лишь в позднем силуре появились первые простейшие наземные растения — псилофиты. В девоне из остатков наземных растений начали формироваться настоящие торфяники. Процессы торфообразования при благоприятных условиях интенсивно развивались в последующие геологические периоды; при этом исходным материалом служили все более разнообразные и высокоорганизованные растительные сообщества.

Для карбона характерно обилие семенных папоротников, плауновых, а для конца периода — кордаитов и коламитов. Кордаиты, предшественники хвойных, особенно широко были распространены в пермском периоде. В мезозойское время в растительном мире преобладали хвойные, саговиковые и гинкговые, а в кайнозойское — хвойные и лиственные (покрытосеменные).

В начальные эпохи углеобразования превалировали прибрежно-морские фациальные обстановки с многократным чередованием морских и континентальных отложений (пародическое углеобразование). Эволюция растительности обусловила продвижение областей углеобразования в глубь континентов и большее разнообразие фациальных обстановок формирования угленосных толщ, в частности, приобрело широкое развитие лимническое (озерное) углеобразование. Отрицательные движения земной коры, соизмеримые по скорости со скоростью накопления на заболоченных равнинах (приморских или внутриконтинентальных) растительных остатков, следует рассматривать как главное условие возникновения торфяных залежей и превращения их в угольные пласты.

Масштабы углеобразования и пространственное размещение зон угленакопления тесно связаны с тектонической эволюцией отдельных областей земной коры. Это такие области, где на фоне медленного длительного погружения при соответствующих амплитудах и периодах колебательных движений создавались благоприятные палеогеографические и фациальные условия для торфонакопления и сохранения торфяников от эрозии. В них и происходило погружение торфяных пластов в глубь земной коры, где термобарические условия приводили к превращению торфа в уголь и определяли его последующий метаморфизм.

**Стратиграфическое и географическое распределение угольных ресурсов.** В результате анализа стратиграфического и географического распространения угленосных отложений по всему земному шару и заключенных в них запасов углей П.И. Степанов еще в 1937 г. сделал вывод о существовании максимумов и минимумов угленакопления в определенные геологические этапы развития Земли. По его заключению, первый максимум отмечался в позднекаменноугольное — пермское время, второй — в позднеюрское — раннемеловое, а третий — в позднемеловое — третичное (палеоген и неоген). В ходе дальнейших исследований эти данные были уточнены (см. рис. 1.9).

Изучение географического распределения бассейнов позволило П.И. Степанову разработать гипотезу о поясах угленакопления. На поверхности Земного шара он выделил площади с преобладанием угленакопления следующих возрастов: 1) каменноугольного; 2) пермского и юрского; 3) верхнемелового и палеоген-неогенового.

Площади с преобладанием угленакопления в *каменноугольном* периоде протягиваются в широтном направлении из восточных штатов США в Великобританию, а далее через север Франции, Бельгию, Германию, Чехию, Польшу, СНГ (Донбасс, Подмосковный, Кизеловский, Карагандинский бассейны, Северный Казахстан). Максимум угленакопления относится к среднему и верхнему карбону.

Пояс с преобладанием *пермского* угленакопления прослеживается в направлении, близком к меридиональному: от Печорского бассейна к Таймырскому и Тунгусскому, затем через Кузнецкий и Минусинский — к бассейнам Монголии (Тован-